

SALIF DIALLO AGUÊS DA CRUZ SILVA

**Design do Teclado. Os factores históricos, tecnológicos e ergonómicos,
a interacção Humano-Computador e os dispositivos de entrada.**

Faculdade de Ciências Humanas e Sociais
Universidade Fernando Pessoa

PORTO 2009

**Design do Teclado. Os factores históricos, tecnológicos e ergonómicos,
a interacção Humano-Computador e os dispositivos de entrada.**

Dissertação apresentada à Universidade Fernando Pessoa como parte dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Ciências da Comunicação.

Orientador da Tese
DOUTOR JOAQUIM ANTERO MAGALHÃES FERREIRA

Faculdade de Ciências Humanas e Sociais
Universidade Fernando Pessoa

RESUMO

O teclado de computador constitui um elemento chave da interface humano-computador e ocupa um lugar de destaque no paradigma da computação, enquanto principal dispositivo de entrada.

A partir de um estudo exploratório e arqueológico, esta investigação apresenta uma visão panorâmica sobre o *design* do teclado, desde a invenção da máquina de escrever (1868) até à actualidade (2008).

Baseado nos mais diversos dados tecnológicos, estéticos e funcionais, este trabalho aborda ainda o aparecimento das máquinas de introdução e processamento de informação, e integra a análise dos dispositivos e novos paradigmas de interacção.

O objectivo principal desta investigação é esboçar o estado de conhecimento neste domínio, perscrutando os progressos, as transformações e as alterações do *design* do teclado ao longo do tempo, contribuindo desta forma para futuras propostas na interacção humano-computador.

PALAVRAS-CHAVE:

Design, Computação, Ergonomia, Interfaces, Teclado e Máquina de Escrever.

ABSTRACT

The computer keyboard is a key element in human-computer interface and occupies a centrepiece place in the computational paradigm as the main input device.

From an exploratory and archaeological study, this research presents a general overview of the keyboard design, since the invention of the typewriter (1868) till today (2008).

Based on the most diverse technological, aesthetical and functional data, this study also addresses the appearance of machines for the introduction and processing of information, and integrates the analysis of devices and new interaction paradigms.

The main goal of this research is to outline the status of knowledge in this field, to scrutinise progresses, transformations and changes to keyboard design throughout the years, thus contributing for future proposals in human-computer interaction.

KEYWORDS:

Design, Computing, Ergonomics, Interfaces, Keyboard and Typewriter.

RESUMÉ

Le clavier d'ordinateur est un élément clé de l'interface homme-ordinateur et occupe une place de tout premier plan dans le paradigme de la computation en tant que principal dispositif d'entrée.

Partant d'une étude exploratoire et archéologique, cette recherche présente une vision panoramique sur le design des claviers, depuis l'invention de la machine à écrire (1868), jusqu'à l'actualité (2008).

Les plus diverses données technologiques, esthétiques et fonctionnelles ont servi de base à ce travail. Celui-ci traite encore l'apparition des machines d'introduction et traitement d'information et intègre l'analyse des dispositifs et de nouveaux paradigmes d'interaction.

L'objectif principal de cette recherche est de faire une esquisse de l'état des connaissances dans ce domaine, tout en observant les progrès, les transformations et les changements du design des claviers au cours du temps, en contribuant ainsi à de futures propositions, liées à l'interaction homme-ordinateur.

MOTS-CLÉ:

Design, Computation, Ergonomie, Interfaces, Clavier et Machine à écrire.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todas as pessoas que, directa ou directamente, contribuíram para a realização desta dissertação. Deste grupo de pessoas, gostaria de sublinhar a paciência, o apoio e a boa orientação dispensados pelo Professor Doutor Antero Ferreira; a total disponibilidade do Professor Catedrático Enric Tormo; o incentivo e apoio incondicional dos familiares, nomeadamente, da minha mãe Catarina dos Reis Aguês, da irmã Dorisdeia Silva, da tia Cesaltina Annes e do primo Eduardo Annes. Agradeço também ao Dr. Pedro Costa Martins, gerente da empresa Profor, Lda., e à Fundação Millenium BCP pelo apoio financeiro que me garantiram para a concretização deste projecto.

ÍNDICE

Introdução

1. Abordagem metodológica	3
2. Estrutura da dissertação	8
3. Objectivos específicos	8

Primeira parte: Interação Física

1. Interação Humano-Computador	9
2. Interfaces	14
3. Design de Interação	16
3.1. Engenharia Cognitiva	17
3.2. Design orientado ao Utilizador	18
4. Dispositivos de Entrada e Técnicas de Interação	19
4.1. Taxonomia dos Dispositivos de Entrada	20
4.2. Principais Dispositivos de Entrada	21
4.2.1. Rato	21
4.2.2. Mesas digitalizadoras	22
4.2.3. Sistemas Multi-Touch	24
4.2.4. Joysticks	28
4.2.5. Trackballs	29
4.2.6. Eye-Tracking	29
5. Modalidades de Interação	31
5.1. Interação baseada nos Gestos	31
5.2. Reconhecimento da Fala	32
5.3. Interface Multimodal	35
5.4. Desempenho Humano	38
5.5. Memória Processual e Memória Motora	39
6. Interfaces Hápticas	41
7. Conclusão	44

Segunda parte: O teclado

1. Métodos de Entrada de Texto	48
1.1. Entrada de Texto baseada na Linguagem Humana	49
1.2. Entrada de Texto através do Teclado	50
1.2.1. Entrada com as Duas Mãos	51
2. Estrutura e Funcionamento do Teclado	52
2.1. Funcionamento do Teclado	53

2.2. Codificação de Caracteres	54
3. Origem e Evolução do Teclado	56
3.1. As Calculadoras Mecânicas	56
3.2. Cartões Perfurados	57
3.3. Telégrafo Eléctrico	57
3.4. Máquina de Escrever	57
3.5. Máquinas de Composição Tipográfica	60
3.6. Telétipo	61
3.7. Surgimento do Teclado de Computador	62
3.8. Interface Gráfica de Utilizador	64
3.9. Teclados IBM PC	65
3.10. Teclados da Apple	66
3.11. Tecnologias Wireless e Bluetooth	67
4. Layout e Design do Teclado	69
4.1. Principais Layouts do Teclado	70
4.1.1. Teclado Qwerty	70
4.1.2. Teclado Dvorak	71
4.2. Outros Layouts do Teclado	72
4.2.1. Teclado Azerty	72
4.2.2. Teclado ABC ou Alfabético	72
4.2.3. Half-Query	73
5. Aspectos Ergonómicos	74
5.1. Estudos sobre a Ergonomia do Teclado	76
5.2. Factores de Risco	78
5.3. Teclados Alternativos	80
5.3.1. Teclado Dividido	81
5.3.1.1. Kinesis Maxim	81
5.3.1.2. GoldTouch	81
5.3.1.3. Kinesis Evolution	81
5.3.1.4. Comfort Ergomatic	82
5.3.2 Teclado Curvado	82
5.3.2.1. Microsoft Natural	82
5.3.2.2. Kinesis Contoured	83
5.3.2.3. Adesso Tru-Form	83
5.3.3. Teclados Especial	83
5.3.3.1. Teclado Vertical	83
5.3.4. Teclados de uma Mão	84
5.3.4.1. Teclado de Acordes	84
5.3.4.2. Twiddler	85
5.3.5. Teclados Compactos	85

5.3.5.1. FrogPad	85
5.3.5.2. DataDesk & SmartBoard	86
5.3.5.3. Mini Teclados	86
5.3.6. Outros Teclados	86
5.3.6.1. Maltron keyboard	86
5.3.6.2. Big Keys LX	87
5.3.6.3. AlphaGrip	87
5.3.6.4. OrbiTouch	87
5.3.6.5. Logitech	88
5.3.6.6. Zboard	89
5.3.6.7. Lomak	89
5.3.6.8. DX1 Input System	90
5.3.6.9. Optimus Maximus	90
5.3.6.10. TypeMatrix EZ-Reach	91
5.3.6.11. Teclado de Stenógrafo	91
5.4. Entrada de Texto para Pessoas Incapacitadas	92
5.4.1. O Teclado Braille	92
5.4.2. Teclado Grande	92
5.4.2.1. Concept Keyboard	93
5.4.3. Soft Keyboards	93
5.4.4. Reconhecimento da Voz	93
5.4.5. Eye-Tracking	93
5.4.6. Alteração da Resposta do Teclado	94
6. Entrada de Texto nos Telemóveis	95
6.1. Mensagens SMS	97
6.2. Personal Digital Assistant (PDA)	98
6.3. Sistemas de Entrada	99
6.3.1 Teclados em Miniatura e Reorganizados	99
6.3.2. Alfabetos Gestuais	100
6.3.3. Seleção Dinâmica	100
6.4. Teclado Virtual	101
6.4.1. Teclado QWERTY	101
6.4.2. Teclados Optimizados	101
6.4.3. Teclado OPTI	101
6.4.4. Teclado ATOMIC	102
6.4.5. DASHER	102
7. Teclado e os Novos Paradigmas da Computação 103	
7.1. Post-WIMP Interfaces	105
7.2. Computação Ubíqua	105
7.3. Realidade Aumentada	106
7.4. Interface Tangível	107

7.5. Computação Pervasiva	108
7.6. Novas Formas de Interacção	109
7.7. Novas Tecnologias Emergentes	113
8. Conclusão	117
9. Cronologia do Teclado	120
Conclusões Finais	
Principais Conclusões	127
Considerações Finais	129
Glossário	130
Bibliografia	
Bibliografia Citada e Referenciada	134
Bibliografia Consultada	137
Referências Electrónicas	144
Apêndice	148

Introdução

Numa instalação de *media art* de David Link, intitulada *Poetry Machine*,¹ o visitante entra num pequeno quarto com um projector de imagens, onde um texto corre automaticamente. As teclas de um teclado movem-se como se fossem tocadas por mãos invisíveis de algum fantasma, o *Ghost Keyboard*, enquanto uma voz monótona e mecânica lê em voz alta, frase a frase, o texto que surge no ecrã. Sem ninguém por perto, o sistema escreve de forma rápida e fluida, com as letras a passarem incessantemente, uma a uma, e com cada palavra a seguir a outra numa torrente interminável de frases. Porém, no momento em que o visitante se aproxima do *Ghost Keyboard*, este hesita por alguns instantes, depois pára de escrever e fica completamente silencioso. O sistema deixa então todo o cenário entregue ao observador e convida-o a tocar no teclado e a escrever. Se o visitante se atrever a mexer-lhe e a digitar um texto, este surge imediatamente no ecrã, como se fosse a própria máquina a fazê-lo. Então, o *Poetry Machine* começa a criar novas associações de textos, formadas a partir das palavras do visitante, num fluxo contínuo de interacção textual entre o sistema e o visitante.

O *Poetry Machine* de David Link constitui na verdade um sistema gerador de texto baseado em redes semânticas, em que os textos não dependem de nenhum modelo pré-programado mas são gerados de forma dinâmica. O *Ghost Keyboard* materializa a ideia de um teclado capaz de gerar texto automaticamente. No fundo, trata-se da concretização do velho sonho de Mallarmé de uma máquina poética capaz de fazer proliferar poemas inumeráveis, ou ainda um gerador de textos, impulsionado por um movimento próprio, no qual palavras e frases podem emergir, aglutinar-se, combinar-se em arranjos precisos, para depois se desfazerem, atomizarem-se em busca de novas combinações. Há uma certa dimensão transcendental que ressalta de modo implícito no *Ghost Keyboard*; a sua estranheza impulsiona-nos então a indagar sobre a sua natureza, no mistério que encerra. É deste modo que somos levados a empreender aqui uma série de reflexões em torno do tema do teclado enquanto objecto de interacção humano-computador.

No actual momento de grandes transformações, em que emergem novos paradigmas no contexto da interacção humano-computador, interrogamo-nos se não será pertinente começar por analisar o mais arcaico e controverso de todos os dispositivos de entrada, de modo a percebermos melhor os mecanismos subjacentes a todo o processo de interacção. O teclado cumpriu sempre um papel fundamental em toda a dinâmica da interacção humano-computador. Enquanto principal dispositivo de entrada e de fornecimento de dados ao computador, ocupa um lugar inquestionável em todo o paradigma da computação. Se, à primeira vista, parece que pouco tem evoluído desde o aparecimento do computador — continua a incorporar o

¹ *Poetry Machine* é uma instalação de *media art* de David Link (<http://www.alpha60.de>), co-produzida pelo Center for Art and Media Technology (ZKM), de Karlsruhe, na Alemanha, e pelo Neue Galerie, de Graz, em 2001, tendo sido exibida ainda no festival DEAF_03, na Holanda, em 2003, e no Centre Georges Pompidou, em França, em 2005.

mesmo *layout* da primeira máquina de escrever, de 1868 —, é, todavia, massivamente utilizado por milhões de utilizadores em todo o mundo e tido como o mais prático e eficiente meio de introdução de dados no computador. Existe toda uma série de controvérsias em torno do teclado que necessitam de ser desmistificadas.

O que propomos nas páginas seguintes é uma série de ideias que pretendem clarificar o debate actual sobre o teclado, por meio de observações documentadas, sedimentando as bases para investigações futuras. O objecto de estudo desta investigação é, portanto, o teclado de computador no seu aspecto essencial, desde a invenção da máquina de escrever, em 1868, até à actualidade. Pretendemos, pois, reflectir sobre a sua natureza, valorizando os aspectos históricos, tecnológicos, estéticos e ergonómicos, por intermédio de um levantamento dos dados nos mais diversos domínios ligados ao teclado. Deste modo, esperamos permitir o reconhecimento da realidade dos dispositivos de entrada de dados, e perspectivar o desenvolvimento de conceitos inovadores e aplicações adaptadas à realidade actual e futura.

Assumimos a premissa de que o computador constitui actualmente uma ferramenta de trabalho e de entretenimento, que aglutina uma série de funções e de conteúdos multimédia e interactivos, e que exige formas de interacção muito diversificadas e mais dinâmicas. Partimos de uma arqueologia das máquinas de introdução e processamento de informação, de uma análise dos dispositivos de entrada de dados no computador e de um olhar sobre a nossa interacção física com as máquinas. Assim, o propósito é o de tentar perceber os computadores e estar em condições de traçar novos caminhos. A questão da interacção humano-computador surge como ponto central nesta abordagem, particularizando-se as grandes transformações que têm ocorrido neste domínio, as suas implicações no processo evolutivo e cognitivo do ser humano e, bem assim, a forma como os dispositivos de entrada se relacionam.

Por outro lado, com a emergência da computação ubíqua e das interfaces tangíveis, assim como de toda uma série de novas possibilidades tecnológicas, torna-se importante perceber de que forma é que os dispositivos de entrada tradicionais, como o teclado, se irão posicionar nesse novo contexto. Desta forma, reservamo-nos para uma análise cuidada dos estudos deste âmbito e das crescentes tentativas de se adaptar as tecnologias de entrada de texto às novas realidades; tal análise estará centrada numa abordagem sistemática aos sistemas *multi-touch* enquanto elementos-chave para o futuro da interacção táctil, bem como aos modelos de teclados mais inovadores e às novas tendências. A análise dos principais sistemas de introdução de texto nos telemóveis é, também, um ponto importante, pois, tem sido precisamente nesta área que tem havido um maior desenvolvimento e que se tem concentrado grande parte das mais inovadoras soluções.

1.1. ABORDAGEM METODOLÓGICA

A metodologia de investigação na área do *design* tem-se alterado muito nos últimos anos, numa linha divergente das práticas tradicionais das ciências sociais. Antes, esta centrava-se sobretudo na investigação dos precedentes, no processo do *design* ou então nos seus conceitos, desenvolvidos com base em técnicas de investigação científica tradicional provenientes das ciências sociais e ciências cognitivas. Em investigações mais recentes, sobretudo em *design* de computação, o *design* e o desenvolvimento de interfaces tornaram-se parte integrante do projecto de pesquisa, e a própria interacção entre o utilizador e o sistema passou a ser considerada como parte inerente do método ou técnica utilizados; a principal característica dessa investigação em *design* computacional traduz-se no facto de o próprio sistema fazer parte do processo de pesquisa.

Na verdade, toda a história do *design* centrado no utilizador (DCU), a nível da interacção humano-computador, inclui técnicas de análise de tarefas oriundas da psicologia cognitiva (que permitem compreender melhor os processos individuais e a interacção com determinadas interfaces), o uso da etnografia no registo de informações no processo de *design*, com vista a um entendimento dos aspectos sociais e do uso de tecnologias em determinados ambientes, e métodos de *design* participativos envolvendo directamente utilizadores com protótipos físicos *low-tech*.

Assim sendo, todo o processo metodológico da dissertação se funda num conjunto de princípios orientadores da investigação baseados, tanto nas metodologias tradicionais como nas novas abordagens aplicadas ao *design*, englobando a formulação do problema, a exploração da documentação e literatura sobre a área e as várias perspectivas teóricas e, ainda, a definição de hipóteses de trabalho e quadro conceptual da investigação. A sua perspectiva é essencialmente panorâmica, histórica e contextual, integrando as seguintes etapas: definição do problema, revisão de literatura, formulação de questões, recolha de dados, análise de informações e conclusões.

Neste contexto, e numa primeira fase, realiza-se uma pesquisa documental, com o levantamento das principais tecnologias desenvolvidas no domínio da interacção física e dos dispositivos de entrada. São, igualmente, analisados vários documentos que descrevem técnicas e sistemas de interfaces humano-máquina, de modo a obter-se um panorama global dos mecanismos de interacção.

Após uma análise crítica dos dados recolhidos, procede-se à sua reorganização, à elaboração de uma síntese e respectivas conclusões. Não se tenta, pois, levar a cabo um estudo de *design* de um novo teclado nem se procura introduzir melhorias na sua estrutura e no seu funcionamento. O objectivo desta investigação centra-se basicamente em recolher e analisar os mais variados dados relacionados com a problemática do teclado, que possam ajudar a compreender e renovar este campo, de modo que se possa tirar conclusões sobre a temática.

As investigações mais próximas a esta área do conhecimento provêm dos campos da interacção humano-computador, das ciências da computação e da engenharia informática. Existem várias lacunas a nível de documentação e publicações, sendo a escassez de informação muito elevada. Diversos trabalhos de investigação, muitos deles apresentados como teses de mestrado e doutoramento, serviram de fonte de recursos. A literatura em língua portuguesa sobre este domínio é praticamente inexistente, havendo uma maior tradição na cultura anglo-saxónica. Assim, a maior parte dos dados e fontes citados são originários da América do Norte, onde se tem verificado um maior desenvolvimento dos computadores e do teclado e, conseqüentemente, mais informação disponível.

1.2. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A tese está estruturada em dois grandes blocos: a interacção física e o teclado. Com esta estruturação, procuramos definir as temáticas de forma a permitir um entendimento global do fenómeno em estudo, partindo do máximo denominador comum para a análise de um contexto específico.

Na primeira parte, temos a introdução ao campo de estudo, o seu enquadramento disciplinar e a apresentação de todos os seus elementos básicos. Nesta unidade, afloram-se todos os conceitos importantes e os aspectos que ajudam a perceber o enquadramento temático. São abordados aspectos como o conceito de interacção humano-computador, as noções de interface e *design* de interacção, os diferentes dispositivos de entrada, as principais modalidades de interacção e, finalmente, as noções de interacção háptica.

Na segunda parte da tese, procede-se a um estudo sistemático do teclado. Iniciamos com os principais métodos de entrada de texto, a estrutura e o funcionamento do teclado. De seguida, analisamos toda a história do processo de criação do teclado, desde as calculadoras mecânicas, os cartões perfurados e o surgimento da máquina de escrever, até ao surgimento das interfaces gráficas e das tecnologias *wireless* e *bluetooth*. Procedemos também à descrição das implicações do *design* do teclado a nível da ergonomia, focando os principais *layouts*. Olhamos ainda para os teclados alternativos, com uma classificação e descrição sistemática dos diferentes modelos existentes. Um dos objectivos fundamentais desta unidade é identificar os diversos modelos de teclado e tecnologias aplicadas, de modo a poder caracterizar-se o estado de conhecimento neste domínio. Analisamos, posteriormente, os dispositivos portáteis, o fenómeno da miniaturização dos dispositivos de computação e os diversos modelos de teclados virtuais. Debruçamo-nos também sobre a perspectiva global do tema do teclado e dos novos paradigmas da computação, reflectindo sobre os contornos e as dinâmicas das novas formas de interacção e tecnologias emergentes. Faz-se também um levantamento crítico de novas formas de interacção baseadas no tacto. Finalmente, apresentamos uma cronologia que enumera alguns dos acontecimentos mais significativos ligados ao teclado de computador.

A tese termina com uma conclusão final, na qual são apresentados os resultados do estudo e as principais contribuições para eventuais investigações futuras. Neste âmbito, vislumbramos ao longo da tese uma linha de desenvolvimento de conteúdos que se dedica às questões básicas e gerais da interacção física, ao *design* e dispositivos de interacção, focando os seus aspectos essenciais e as suas particularidades e, ainda, procurando descortinar os novos caminhos da computação e da interacção.

1.3. OBJECTIVOS ESPECÍFICOS

Os objectivos específicos desta dissertação são:

- caracterizar e contextualizar, historicamente, o campo de estudo do *design* do teclado enquanto dispositivo de entrada de dados, assim como abordar as questões relacionadas com a interacção física, observando as transformações e alterações do *design* do teclado ao longo do tempo;
- analisar os diferentes níveis de interacção presentes nos diversos dispositivos de entrada, mais especificamente de entrada de texto, com o objectivo de observar o modo como se estruturam e organizam os processos de interacção e, principalmente, os níveis de interacção em função das possibilidades de favorecer ou não as potencialidades de inovação;
- contribuir para que os projectos de *design* de teclado elaborados por *designers* possam desenvolver e explorar novos conceitos e novas estratégias metodológicas, a fim de se enfrentarem novos desafios representados pela sociedade contemporânea e de se preparar a consequente emergência do *designer* de interacção.

Primeira Parte: Interacção Física

A primeira parte da dissertação visa introduzir o contexto da temática em estudo, pelo que irão ser explorados todos os contornos da interacção humano-computador, centrando-se nos seus aspectos essenciais. Assim, foram observadas as formas como ela se processou, as suas interfaces e analisadas as especificidades de cada um dos principais dispositivos de entrada. Posteriormente, foi analisada e discutida a influência das tecnologias, as mais diversas modalidades de interacção, as interfaces hápticas e finalizou-se com uma breve conclusão dos assuntos abordados.

1. INTERACÇÃO HUMANO-COMPUTADOR

*“When you interacting with a computer, you are not conversing with another person.
You are exploring another world.”*

John Walker

O futuro da humanidade encontra-se cada vez mais ligado às máquinas. Vivemos numa sociedade tecnológica e o êxito entre a relação da produtividade do ser humano e o progresso das tecnologias está mais ténue. Estamos, por certo, no início de uma caminhada que irá conduzir-nos inevitavelmente a uma mudança total, não só de paradigma cultural, como da própria essência da humanidade. Sem dúvida que a última parte do século XX foi testemunho de um crescimento sem precedentes a nível da computação e da informação.

A indústria tem-nos deslumbrado com verdadeiras obras-primas da tecnologia, cuja principal finalidade consiste em facilitar e simplificar a vida das pessoas. O resultado desta grande explosão de inovações tecnológicas no domínio da informática tem alterado de forma significativa toda a vida moderna. Este crescimento tem feito do computador uma ferramenta cada vez mais útil e acessível. Podemos caracterizar este crescimento através da *Lei de Moore*, que sustenta que, a cada 18 meses, os computadores terão a rapidez e a memória duplicadas sem aumentar o seu custo. Este crescimento surpreendente irá alterar radicalmente a forma e natureza dos próprios computadores.

Nos finais dos anos 60 e início dos anos 80, a computação caracterizava-se essencialmente por máquinas enormes que ocupavam grandes salas e eram operadas por pessoal altamente especializado. A interacção do utilizador inicialmente fazia-se com base nos cartões perfurados e dispositivos terminais, caros e pouco agradáveis, que foram sendo introduzidos. Já nos anos 80, os computadores começaram a dominar as secretárias e, por seu turno, no final do século XX uma pessoa já podia ter no seu bolso um computador com mais capacidade do que aqueles que ocupavam mais de mil metros quadrados. Todos esses desenvolvimentos trouxeram sem dúvida maior capacidade para criar, manipular e comunicar dados e informações às pessoas comuns.

No entanto, podemos notar que esse aumento exponencial a nível computação contrasta com o fraco desenvolvimento das capacidades humanas a nível da percepção, gravação, memorização e exposição de informação. A curva que representa as alterações em termos da capacidade humana tem-se mantido sempre plana. Enquanto a computação tenta servir das mais diversas formas e chegar a mais pessoas, a interface humano-computador continua ainda a ter uma importância bastante crítica (Olsen, 2007). Na verdade, a interacção humano-computador há muito que tem sido centrada demasiadamente em técnicas e modalidades de interacção como o teclado e o rato, que pecam por serem muito limitativos e conduzem muitas vezes a problemas de utilização, por inadequação quer ao ambiente quer às próprias características do utilizador.

A forma como as pessoas usam os computadores tem-se alterado dramaticamente nas últimas décadas. Encontramos hoje uma crescente preocupação por parte da indústria na miniaturização dos dispositivos, assim como na valorização de interfaces humano-máquina, mais adequadas às necessidades dos utilizadores.

Durante as três últimas décadas, os computadores converteram-se numa parte integrante de muitas tarefas humanas. Antes do início da revolução informática dos anos 70 do século XX, muitos sistemas eram concebidos exclusivamente pelos informáticos e para os informáticos. Com o surgimento dos computadores pessoais, o público em geral passou a aceder também ao mundo informático, mas era um tipo de utilizador que não tinha tempo e motivação para adquirir conhecimentos de electrónica e programação. Queria usar o computador como ferramenta de trabalho mais eficiente.

Nos anos 80, a situação alterou-se sobretudo devido à forte concorrência no mercado de sistemas e às sucessivas baixas de preço nos equipamentos. As primeiras interfaces de utilizador eram baseadas em comandos, nos quais os utilizadores escreviam usando do teclado. Esta situação deixou o campo aberto para o nascimento da disciplina de interacção humano-computador. Desde então, desenvolveram-se diferentes métodos de interacção humano-computador.

Neste quadro, um importante passo foi dado ainda nos anos 80, quando as interfaces gráficas de utilizador (GUI¹) se tornaram preponderantes. Consequentemente, o rato tornou-se o dispositivo de entrada dominante juntamente com o teclado. No entanto, a necessidade de técnicas de interacção mais avançadas trouxe uma nova área de pesquisa — a interacção humano-computador (HCI)², que se vem alargando de forma significativa desde dos anos 80. Os utilizadores passaram a insidir as suas escolhas sobre os *softwares* e, a partir daí, decidir então o equipamento a adoptar. Termos como “fácil de usar” e “fácil de aprender” ganharam relevância dentro das operações de *marketing*. Nos meados dos anos 80, o *design* de interfaces converteu-se num dos principais factores dentro do sistema informático.

A adaptação do *design* de ferramentas úteis às necessidades dos utilizadores passou a ser dominante. Assim, todas as tendências actuais em termos de *design* de experiências e *design* centrado no utilizador tiveram as suas origens no *design* de interfaces com os primeiros computadores pessoais. Durante os anos 90, a interacção humano-computador desenvolveu-se numa vasta área de investigação em rede e à escala mundial, estabelecendo-se como um domínio interdisciplinar em estreita ligação com diversas áreas teóricas e experimentais. Segundo Gilles Multigner, o conceito de “interacção” radica na física mas foi absorvido pela sociologia, psicologia social e, finalmente, pelo campo da informática. (Multigner, 1994).

Ainda, conforme define Ely, E.P. (1989), a interacção consiste no seguinte:

“(...) interaction is reciprocal activity. It is two-way communication between people or between people and devices; it is stimulus-response psychology — a deliberate stimulus requires a response which, in turn, requires a response and so forth (...)”.

¹ Abreviadas GUI, do inglês *Graphical User Interface*.

² HCI — human computer interaction, em português é usado IHC interacção humano-computador.

A interacção basea-se numa ordem mental, simbólica e imaginária, que estrutura a própria relação do ser humano com o mundo e ocorre dentro de determinados enquadramentos comunicacionais. Estão muitas vezes ligados a instituições e tradições, orientam e guiam o comportamento dos interlocutores. A comunicação com um sistema informático é sempre mediada por um conjunto de expectativas sociais e cognitivas que o sujeito tem face ao sistema. A interacção requer que a percepção e a acção estejam fortemente interligadas a vários níveis de abstracção.

Embora o rápido desenvolvimento da tecnologia computacional tenha permitido o surgimento de uma variedade de novas tecnologias de entrada e saída de computadores, o facto é que o *design* de interface do utilizador e o seu desempenho continuam a ser vistos como um factor crítico no desenvolvimento dos sistemas informáticos. O rato e o teclado constituem, ainda, os métodos mais utilizados no controlo do computador, embora muitas outras técnicas tem vindo a ser desenvolvidas e usadas. Actualmente, é possível comunicar com computadores usando, por exemplo, a voz, os gestos ou o movimentação dos olhos. O computador pode ainda apresentar informações para o utilizador através de diferentes media, como texto, imagem, vídeo, som, voz e *feedback* háptico. Diferentes técnicas de *inputs* e *outputs* podem ainda ser combinadas para conseguir benefícios adicionais. As interfaces multimodais e as interfaces multimédia têm sido as mais utilizadas (Oviatt, 2002).

A importância da interacção foi percebida cedo. Já em 1954, Doug Ross propunha um programa que permitia desenhar num monitor. Todavia, o verdadeiro impulso para uma interacção gráfica foi dado por Ivan Sutherland, com o programa *Sketchpad* (1963), onde o utilizador podia desenhar directamente no monitor, através de uma caneta (*pen light*); a interacção humano-computador tem sido caracterizada por uma certa negligência relativamente aos modelos de interacção e dispositivos de entrada e saída de dados. Mesmo em relação à ciência da computação, foi necessário um longo período de tempo para que os estudos deixassem de ser direccionados apenas aos *hardware* e *software*, para se começar a abordar assuntos ligados à usabilidade de forma mais sistemática. Antes dos anos 80, já a ACM³ e IEEE⁴, as duas maiores e mais influentes organizações a nível da ciência computacional, recomendavam a inclusão do *design* de interface de utilizador nos currículos oficiais da ciência da computação.

Nessa sequência, cientistas de outras disciplinas já examinavam os efeitos do uso dos computadores nas pessoas. Psicólogos cognitivos estudavam o impacto na percepção, memória e aprendizagem, enquanto os especialistas em ergonomia examinavam a psicologia humana. É, pois, neste contexto que surge o campo designado de interacção humano-computador

³ ACM — *Association for Computing Machinery* (Associação para Maquinaria da Computação), fundada em 1947, é a primeira sociedade científica e educacional dedicada a computação (<http://www.acm.org/>).

⁴ IEEE — *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (em português *Instituto de Engenheiros Eléctricos e Electrónicos* — I3E); Tem como objectivo principal promover conhecimento no campo da engenharia eléctrica, electrónica e computação. Têm tido um papel determinante no estabelecimento de padrões para formatos de computadores e dispositivos (<http://www.ieee.org>).

dentro da área da ciência computacional para analisar as interfaces de utilizador e o seu uso. Em 1986, Ben Schneiderman publicou o livro *Designing the User Interface*. Posteriormente, surgiram dois livros com o título *Human Computer Interaction*, um de Dix et al. (1994) e outro de Preece et al. (1994).

A seguinte definição de interacção de Dix é bastante representativa desses textos e do campo:

By interaction we mean any communication between a user and computer, be it direct or indirect. Direct interaction involves a dialog with feedback and control throughout the performance of the task. Indirect interaction may involve background or batch processing. The important thing is that the user is interacting with the computer in order to accomplish something (Dix et al., 1994).

A interacção humano-computador surge assim como uma área multidisciplinar, envolvendo um grande espectro de disciplinas como: ciência da computação; psicologia cognitiva; psicologia social e organizacional; ergonomia; linguística; inteligência artificial; filosofia, sociologia e antropologia; engenharia e *design* (Preece et al., 1994).

Esta disciplina, inicialmente constituída como pilar do *design* de interfaces, converteu-se posteriormente numa necessidade comum a outros âmbitos do *design*. De acordo com Grundin (1992;1991), a pesquisa em interacção humano-computador centrou-se fundamentalmente nos aspectos genéricos do diálogo entre as pessoas e máquinas, desde o ponto de vista dos utilizadores em geral até ao âmbito das interfaces em particular, sendo uma área de investigação em grande crescimento nos últimos anos.

A ACM é actualmente a organização científica internacional mais importante que agrupa investigadores, docentes e professores interessados nos diferentes aspectos da informática. Esta associação tem um grupo especial de trabalho no tema do HCI denominado SIGCHI (*Special Interest Group in Computer Human Interaction*), que propôs em 1994 a seguinte definição de interacção humano-computador: “É a disciplina relacionada com o *design*, avaliação e implementação de sistemas informáticos interactivos para o uso das pessoas, e com o estudo dos fenómenos mais importantes a ele relacionados. Diversos estudos têm demonstrado a complexidade, extensão e alcance global da questão da interacção humano-computador”.

No final do século XX, passámos de uma posição em que apenas um único computador podia servir centenas de pessoas para uma nova situação em que cada pessoa podia ser servida por um computador. Esta transição está a ocorrer novamente à razão de cada pessoa poder ser servida por centenas de computadores. Desta forma, irá alterar-se radicalmente o modo como as pessoas interagem com a tecnologia, ficando os computadores interactivos associados às mais diversas situações físicas do quotidiano das pessoas, pelo que faz todo o sentido que o computador se adapte às pessoas (Olsen, 2007).

Na mesma linha de pensamento, escreve ainda J. Centurión (2000):

“A tecnologia actual supera as barreiras e aproxima-se da linguagem entre os humanos e a máquina. (...) O último desafio é conseguir uma máquina que possa compreender o diálogo natural de uma forma espontânea (...). A investigação actual dirige-se a incrementar a velocidade de reconhecimento, reduzir o rácio de erros, aumentar o vocabulário (...).”

Assistimos, por outro lado, a uma miniaturização dos computadores. Muitos telemóveis actualmente oferecem mais capacidades e potencialidades em termos de computação que alguns dos *mainframes* de há alguns anos atrás. Entretanto, os factores que mais têm limitado os dispositivos portáteis dizem respeito, sobretudo, às suas habilidades de interacção. É certo que os dedos nunca se tornarão mais pequenos e os olhos nunca irão focar com mais precisão e com melhor detalhe. Portanto, o que se pode fazer é a criação de modelos de interacção capazes de facultar ao utilizador as mínimas capacidades interactivas e de visualização, o que requer indubitavelmente aplicações que possam funcionar na presença de uma enorme variedade de dispositivos de entrada e visuais (Olsen, 2007).

2. INTERFACES

Num sentido lato, uma interface é um dispositivo que serve de limite comum a várias entidades comunicantes, as quais se exprimem numa linguagem específica. Para que a comunicação seja possível, o dispositivo deve assegurar a conexão física entre as entidades e efectuar as operações de tradução entre os formalismos existentes em cada linguagem. Uma vez que a comunicação esteja estabelecida, a interacção pode ocorrer entre as entidades (Coutaz, 1990)⁵.

Para Thro⁶, uma interface é um local de encontro ou interacção. O termo é aplicado normalmente àquilo que interliga dois sistemas. No caso da interface humano-computador, a conexão entre estas duas entidades realiza-se entre a imagem do sistema (a sua manifestação externa) e os órgãos sensoriais e motores do utilizador; a tradução é realizada entre os formalismos do sistema e os do utilizador. Tradicionalmente, considera-se que uma interface humano-máquina constitui parte de um artefacto, permitindo ao utilizador controlar e avaliar o seu funcionamento através de dispositivos sensíveis às suas acções e capazes de estimular a sua percepção. No processo de interacção utilizador-sistema considera-se como interface a combinação de *software* e *hardware* necessária para viabilizar e facilitar os processos de comunicação entre o utilizador e a aplicação.

A interface entre o utilizador e os sistemas computacionais diferencia-se da interface de máquinas convencionais, por exigir dos utilizadores um maior esforço cognitivo nas actividades de interpretação e expressão das informações que o sistema processa (Norman, 1988). Moran (1981) propôs uma das definições mais estáveis de interface, ao afirmar que “a interface do utilizador deve ser entendida como sendo a parte de um sistema computacional com a qual uma pessoa entra em contacto físico, perceptivo e conceptual”. Esta definição de Moran caracteriza uma perspectiva da interface do utilizador como tendo uma componente física, que o utilizador percebe e manipula, e outra conceptual, que o utilizador interpreta, processa e raciocina. Moran denominou esta componente de modelo conceptual do utilizador⁷. Barthes⁸ afirma que existe uma linguagem de interacção que permite ao utilizador, através de um vocabulário e de uma sintaxe, expor as operações que pretende realizar na máquina (Hugo, 1995).

⁵ Coutaz, Joelle. *Interfaces homme-ordinateur: conception et réalisation*. Paris: Dunod, 1990 (cit. por Hugo, 95).

⁶ Thro, Ellen. *The artificial intelligence dictionary. The Lance. A. Leventhal Microtrend Series*. San Marcos: Microtrend, 1991 (cit. por Hugo, 95).

⁷ Op. cit: Clarisse Sieckenius de Souza, Jair Cavalcanti Leite, Raquel Oliveira Prates, Simone D. J. Barbosa. *Projeto de Interfaces de Usuário Perspectivas Cognitivas e Semióticas*, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. PUC-Rio, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, UFRN.

⁸ Barthes, Marie-France. *Logiciels interactifs et ergonomie: modèles e méthodes de conception*. Paris: Dunod, 1988. (cit. por Hugo, 95).

Devemos entender como interface como:

“Dispositivo que transforma os sinais geradas por um aparelho em sinais compreensíveis para outro, ou seja, meio de separação entre os componentes diferenciados num sistema informático. Assim, podem ser consideradas interfaces desde os meios de comunicação entre o utilizador e o equipamento (como por exemplo um teclado, um rato ou um capacete de realidade virtual) até as conexões de hardware entre, por exemplo, um disco rígido e um microprocessador. Existem, portanto, um grande número de interfaces, alguns visíveis para os utilizadores e outros ocultos, cada uma delas com as suas próprias características.” (Tormo I Ballester, 2004).

As interfaces podem ser estruturadas no contexto informático, do seguinte modo:

a interface do utilizador que contempla os diversos meios pelos quais um utilizador realiza acções no computador, podendo diferenciar-se em dois campos: por um lado, os dispositivos periféricos com os quais interage e, por outro, a própria e necessária acção do utilizador para realizar uma operação concreta;

a interface de linha de comandos, que equivale ao meio de comunicação entre o utilizador e o sistema operativo, caracteriza-se por funcionar com base em comandos específicos que o utilizador introduz por meio do teclado;

a interface gráfica (GUI), que viabiliza a comunicação utilizador-computador sem a necessidade efectiva do conhecimento do sistema operativo, isto é, da programação, através do rato como dispositivo periférico sinalizador;

a interface de realidade virtual que consiste em acoplar ao corpo do utilizador sensores completos, capazes de permitir ao computador interpretar os movimentos do utilizador e reagir de forma adequada;

finalmente, a interface entre o equipamento, em que a interconecção de diversos aparelhos ou dispositivos periféricos a um computador se realiza por meio de interfaces específicas, opacas ao utilizador, que consistem num conjunto de canais eléctricos por onde entra e sai a informação.

Para reflectir acerca do *design* de interface, reportamo-nos ao contexto traçado desde finais dos anos 80, em que o computador obteve portabilidade, capacidade de articulação com as tecnologias de telecomunicação e acessibilidade económica, o que conduziu à sua massificação.

Contrariamente à constante e previsível relação preço/desempenho do *hardware* descrito pela *Lei de Moore*, não tem havido tal progresso ano a ano com o *design* de interface. Em vez disso, a história das interfaces do utilizador pode ser caracterizada a partir da noção de equilíbrio pontuado, definida pelo biólogo evolucionário Steven Jay Gould nos seguintes

termos: longos períodos de estabilidade são interrompidos por mudanças bruscas. Deste modo, podem identificar-se quatro gerações distintas de interfaces, cada uma com menor duração de tempo e potenciadas sobretudo pelo *hardware* disponível na época. Desde os *mainframes* e dos minicomputadores dos anos 60 que usavam os telétipos mecânicos, até as recentes aplicações WIMP GUIs que foram popularizados pelo *Macintosh* em 1984 e mais tarde copiadas nas *workstations* por *Windows* (no PC) e *Unix Motif*.

3. DESIGN DE INTERACÇÃO

Otl Aicher (1994) afirma sobre o acto do *design* que: “A actividade do *designer* consiste em criar ordem num campo de factores heterogéneos e em conflito, em valorizar.” O *design* pode assim ser usado para facilitar inovações significativas e joga um papel importantíssimo no fornecimento de ferramentas úteis e artefactos culturais de grande significado. Neste sentido, o *design* é considerado parte de um processo complexo de produção, desde a ideia até ao produto final, e não um mero acabamento estético. Um dos factores de distinção entre os diversos processos de *design* é o nível de participação do utilizador final. Em certas situações, como o *design* de automóveis, os especialistas reflectem sobre as necessidades do utilizador final, tendo por base as experiências dos *designers* anteriores e todo o conhecimento do mercado alvo. Noutras situações, o envolvimento do utilizador final é mais crítico, pois, o resultado final se destina a responder às suas necessidades e satisfação. Nestes casos, o processo de *design* necessita de auxílio para fazer a ponte entre o *design* dos especialistas e o utilizador final, para que este possa expressar as suas necessidades e comunicá-lo aos especialistas.

Em determinadas situações, o *design* pode basear-se em critérios particulares como a usabilidade, a ergonomia ou a acessibilidade. O objecto a ser concebido pode também afectar de algum modo o processo de *design*. Por um lado, objectos pequenos e simples, requerem poucos recursos e menos tempo em *design* e, por outro, objectos combinados em vários componentes num sistema interconectado exigem mais protótipos repetidos, mais manufacturas parciais e mais testes de compatibilidade, consumindo assim mais tempo e recursos.

Podemos considerar, no entanto, várias categorias dentro do *design* como *design* industrial, *design* gráfico, *design* de interacção, engenharia de usabilidade, *web design*, arquitectura de informação, *design* de experiência do utilizador, *design* e gestão de produto, etc. No contexto da interacção humano-computador, o papel do *designer* compreende uma série de habilidades, designadamente, *design* visual e áudio, processo e métodos de *design*, programação em sistemas, engenharia de *software* e, bem assim, investigação e abordagem dos princípios e teorias cognitivas e das técnicas experimentais.

Existem, pois, muitas definições para *design* de interacção, mas o que nos parece particularmente interessante sintetiza-se na ideia de que o *design* de interacção incide sobre o *design* de toda a experiência interactiva, isto é, que abranja a criação de significado entre o ser humano e os artefactos e a criação estética entre as pessoas e a tecnologia. *Design* de interacção procura, por conseguinte, estabelecer no fundo um diálogo entre produtos, pessoas e o contexto físico, cultural e histórico no sentido de antecipar com o uso de um determinado produto poderá afectar as pessoas, e assim determinar a forma mais apropriada para o seu uso. A

área de *design* de interacção pode ser também designada por computação física (ou ainda *design* de interacção física), onde prevalece num processo interactivo baseado em protótipos de tecnologias electrónicas.

Um *designer* de interacção necessita de ter em consideração os seguintes factores: sensores físicos, respostas apresentadas pelos utilizadores (*feedback*), *design* industrial, ergonomia do dispositivo e, ainda, inter-relação entre todas as técnicas suportadas pelo sistema. Deverá, em consequência, considerar a grande diversidade existente em termos de formatos de ecrãs, os elementos incorporados numa tarefa interactiva, assim como as interacções entre os diferentes tipos de dispositivos. É importante, todavia, salientar que o *design* de interacção envolve não só dispositivos físicos como também serviços e consubstancia, portanto, o *design* de objectos tantos materiais como imateriais (serviços, *software* e *hardware*).

3.1. ENGENHARIA COGNITIVA

As abordagens dominantes que têm caracterizado a interacção humano-computador são as de base cognitiva (Preece et al., 1994). Elas têm raízes comuns com as áreas de psicologia cognitiva, ciência cognitiva e inteligência artificial que estudam a cognição, isto é, o processo pelo qual se pode adquirir conhecimento aplicando as suas teorias na compreensão das capacidades e as limitações da mente dos utilizadores.

Os seus resultados são de longe mais numerosos do que os de qualquer outra abordagem. A estratégia das abordagens cognitivas no auxílio ao *design* de sistemas interativos consiste na elaboração de modelos cognitivos genéricos que permitem aos *designers* entender os processos cognitivos humanos usados na interacção e realizar experiências com estes modelos. A ideia básica é que os modelos cognitivos, que descrevem os processos e estruturas mentais (por exemplo: recordação, interpretação, planeamento e aprendizagem), podem indicar aos investigadores e *designers* quais as propriedades que os modelos de interacção devem ter, a fim de a interacção ser desempenhada mais facilmente pelos utilizadores.

Como estas abordagens adoptam uma perspectiva centrada em aspectos cognitivos do utilizador, o *design* feito com base nelas é designado de *design* de sistemas centrado no utilizador (*User Centered System Design — UCSD*). Uma das teorias mais conhecidas de *design* centrado no utilizador é a da engenharia cognitiva. Norman (1986) considera que o *designer* inicialmente cria o seu modelo mental do sistema, chamado modelo de *design*, com base nos modelos de utilizador e tarefas. O modelo de *design* implementado é a imagem do próprio sistema. O utilizador interage então com esta imagem e cria o seu modelo mental da aplicação, chamado de modelo do utilizador. Este modelo mental é que permite ao utilizador formular as suas intenções e objetivos em termos de comandos e funções do sistema.

3.2. DESIGN ORIENTADO AO UTILIZADOR

Todo o processo de *design* de interacção envolve o *design* orientado ao utilizador. Tal envolve a forma como os utilizadores são integrados no processo, os passos necessários para a sua materialização e o modo como as tarefas e os objectivos dos utilizadores se desenvolvem. Constituí, assim, força condutora que abrange o desenvolvimento no processo no seu todo e a forma como os utilizadores são abrangidos. Desta forma, todas as decisões são tomadas dentro do contexto do utilizador, do seu trabalho e do seu ambiente. As fases do *design* envolvem primeiro o conhecimento, a observação a visualização e a previsão, a avaliação, o aperfeiçoamento e a implementação.

O *design* de interfaces orientado ao utilizador deve, assim, ser conduzido num processo cíclico ou interativo no qual cada passo apresenta evoluções a partir da etapa anterior. Cada ciclo envolve a especificação da funcionalidade e do modelo de interacção, a prototipagem de interfaces e a sua avaliação junto dos utilizadores. A partir desta avaliação um novo ciclo de especificação, prototipagem e avaliação deve ser realizado.

Nesta perspectiva, o processo pode ser agrupado em várias fases designadamente: uma primeira que consiste em observar e compreender as experiências dos utilizadores, a forma como vivem e aquilo que desejam e necessitam; a segunda que visa imaginar novas oportunidades com base em processos como *brainstorming* e mapa de oportunidades; a terceira funda-se na concepção de protótipos de modo a verificar a funcionalidade e a qualidade em termos de experiência; na quarta fase do processo de *design* são discutidas as soluções de *design* encontradas, o papel do produto ou serviço na vida das pessoas, o modelo mental mais adequado aos utilizadores, as impressões a nível da interacção e as questões técnicas que devem ser resolvidas; a quinta fase consiste na realização de experiências interactivas sobre o que as pessoas irão ver, ouvir e sentir; finalmente, a sexta e última fase é a apresentação e teste dos resultados.

É importante realçar que o uso de protótipos nesse processo, permite as múltiplas partes visionarem numa reflexão conjunta com os matérias onde são focados a identificação de alternativas e as necessidades de mercado.

4. DISPOSITIVOS DE ENTRADA E TÉCNICAS DE INTERACÇÃO

Sempre existiu uma fronteira distinta entre a entrada e a saída no meio literário da computação. De modo geral todos reconhecem o ecrã como um dispositivo de saída passivo e o rato como o mais genuíno dos dispositivos de entrada. No entanto, estes dois exemplos de interacção humano-computador requerem ambos a entrada e a saída, para se poder realizar algo com alguma eficácia. Por exemplo, o rato depende em grande parte do seu correspondente *feedback* incorporado pelo cursor no ecrã, assim como do som e da sensação do botão quando são pressionados.

Na verdade, podemos constatar que a distinção entre dispositivos de entrada e saída têm sido cada vez mais difusa no mundo real. Uma folha de papel pode ser usada tanto para registar ideias como para apresenta-las, do mesmo modo, o barro reage aos dedos de um escultor e também possui um *feedback* na curvatura e textura da sua superfície. Os dispositivos com pequenos ecrãs e sensores integrados realçam bem a indivisibilidade entre a entrada e a saída. Por outro lado, a completa integração de dispositivos de entrada e saída tem sido um tema de pesquisa em sistemas avançados de interfaces de computador como a computação ubíqua (Weiser, 1991) e interacção tangível (Ishii & Ullmer, 1997).

A entrada e a saída fazem a ponte entre o mundo interno do computador dos *bits*, e o mundo real e perceptível dos sentidos humanos. Um *designer* capaz de compreender as tecnologias de entrada e as tarefas solicitadas pelo utilizador tem melhores possibilidades de conceber técnicas de interacção que permitam um fluxo natural de trabalho do utilizador. Nete quadro, as tecnologias e os níveis das técnicas de interacção, definem a forma como os utilizadores executam as tarefas através da combinação de entradas com as respostas (*feedback*) apropriadas.

Actualmente qualquer abordagem aos dispositivos de entrada que não tenha em conta o seu correspondente *feedback* ou a sua resposta visual, é como tentar usar uma caneta sem papel. Existe uma grande variedade de dispositivos de entrada disponíveis actualmente e cada um tem as suas vantagens e desvantagens, assim como também cada aplicação tem o seu próprio grau de dificuldade.

Um dos maiores desafios com que se confrontam os *designers* é o de conseguir uma comparação efectiva entre as diversas aplicações, tecnologias de entrada existentes e os seus utilizadores. Parte desse problema tem sido, no entanto, resolvido pela forma como se reconhece o papel relevantes que as aplicações poderão ter; outro é de conhecer como cada tecnologia tem sido examinada no seu desempenho e, finalmente, a apreciação chave é a do utilizador final (Buxton, 2007).

4.1. TAXONOMIA DOS DISPOSITIVOS DE ENTRADA

Algumas taxionomias têm sido propostas no sentido de ajudar os *designers* a fundamentarem de forma detalhada os mecanismos de interacção dos utilizadores com os diversos dispositivos de entrada; muitas delas são, no entanto, caracterizadas como sendo uma forma de cartografar as interfaces segundo as suas capacidades sensoriais. Buxton (1983) estudou algumas das primeiras taxionomias de interfaces de utilizador e concluiu que não bastava só focar aspectos pragmáticos da interacção como, por exemplo, o modo de escolha de um determinado dispositivo de entrada poder afectar a interacção. Ele introduziu, assim, uma nova taxionomia que classificava os dispositivos de entrada de acordo com as propriedades sensoriais (posição, movimento ou pressão) e o número de dimensões (um, dois ou três), permitindo desta feita aos *designers* fundamentarem melhor as suas escolhas pragmáticas no que diz respeito aos dispositivos de entrada.

Por sua vez, Foley et al. (1984) focalizou um conjunto de tarefas tidas numa aplicação (selecção, posicionamento, orientação, especificação do caminho, quantificação e entrada de texto) e a forma como elas podiam ser consideradas nos diversos dispositivos de entrada. Estas taxionomias oferecem meios avançados aos *designers* em termos de relacionamento dos utilizadores na manipulação dos dispositivos de entrada e a nível das capacidades dos sensores. No entanto, não levam em conta, por exemplo, os ambientes inteligentes, os serviços baseados na localização, geoposição e outros tipos de interfaces que activamente integram os utilizadores na busca de informações.

Mais tarde, Buxton introduziu uma nova taxionomia bastante mais enraizada no sistema sensorial e motora humana. O seu interesse neste caso se concentrava na habilidade dos vários transdutores em capturarem o gesto humano apropriado para articular determinadas intenções. Consequentemente, os dispositivos de entrada foram categorizados pela propriedade detectada (posição, movimento ou pressão), o número das dimensões detectadas e os grupos de músculos necessários para os usar.

Este novo modelo ia além daquele que foi introduzido por Buxton (1983), em que se trata dos componentes contínuos e discretos dos transdutores de uma forma integrada. Assim sendo, embora tivesse ainda algumas falhas, o modelo apresentava uma conceptualização importante de algumas das propriedades básicas dos dispositivos de entrada e técnicas de interacção (Buxton, 1999). Foley, Wallace & Chan (1984) analisaram a noção dos dispositivos lógicos, que se orientaram mais para a perspectiva humana do que para as aplicações de *software*. Identificaram seis transacções genéricas, que reflectiam as intenções do utilizador: selecção de um objecto; posição em 1, 2, 3 ou mais dimensões; orientação um objecto de em 1, 2, 3 ou mais dimensões; tinta (desenhar uma linha); texto (incorporar o texto), valor (especificar a escala de valores). Prosseguiram então com a numeração relativamente detalhado das técnicas e das tecnologias capazes de articular cada um destes princípios básicos (Buxton, 2007).

4.2. OS PRINCIPAIS DISPOSITIVOS DE ENTRADA

Dos principais dispositivos de entrada podemos considerar o teclado e os dispositivos apontadores como rato, mesa digitalizadora, *touch screen*, *joystick*, *trackball* e ainda reconhecedores de caracteres, reconhecedores de voz, *eye-trackers* e dispositivos 3D. Os dispositivos apontadores têm as funções de apontar e seleccionar um alvo, desenhar, posicionar, orientar e rodar objectos, definir percursos entre pontos e manipular texto; variam na eficiência com que executam estas tarefas e dividem-se, segundo Shneiderman (1997), em controlo directo, *touch screen*, *light pen* e controlo indirecto, rato, *trackball*, mesa digitalizadora, *joystick* e *touch pad*.

Podemos salientar uma gama de dispositivos de entrada, através da análise de métodos alternativos de entrada de texto no computador. Os gestos de ponteiros contínuos têm o potencial de obter informações das medidas com grande definição quanto à sua posição. De acordo com a análise de MacKenzie sobre as *Leis de Fitts*, que medem a velocidade e exatidão dos ponteiros de apenas uma dimensão, a taxa com que a informação pode ser conhecida é de aproximadamente 8,2 *bits* por segundo. Assim, usando apenas um dedo num ambiente de ponteiro de uma dimensão, pode ser possível escrever em inglês numa taxa de 8,2 caracteres por o segundo. Esta taxa de carácter corresponde a aproximadamente 100 palavras por minuto (Ward, 2001).

4.2.1. O Rato

No início da década de 1960, o que começou por ser um projecto meramente experimental em Stanford Research Institute em Menlo Park, CA, numa pesquisa para demonstrar o uso dos computadores no desenvolvimento do intelecto humano, articulando questões centradas no humano e analisando a tecnologia enquanto prótese cognitiva e social, acabou por trazer descobertas surpreendentes para a época. Dois dos investigadores-chaves nesse projecto foram Douglas C. Engelbart e William English. Engelbart foi, na realidade, um dos mais influentes pensadores na história dos computadores pessoais. Ele esteve na origem de importantes invenções como o *Windows*, o *e-mail* e o processador de texto. Projectou um dos mais importantes projectos desenvolvidos pela *ARPA* (*Advanced Research Project Agency*) nos anos 60 - uma rede de ambientes concebidos para suportar a colaboração interactiva entre diversas pessoas através do uso dos computadores, designado de *NLS* (*oNLine System*)⁹. Foi, Engelbart e a sua equipa que viriam, no entanto, a inventar o rato em 1967, no Instituto de Pesquisa de Stanford (English, Engelbart & Berman, 1967).

O rato, sem dúvida o mais popular dos dispositivos de entrada para interfaces gráficas, é

⁹ Este histórico protótipo, desenvolvido no Stanford Research Institute, teve uma grande influência no desenvolvimento dos primeiros computadores pessoais e na interface gráfica de utilizador da Xerox PARC nos inícios dos anos 70.

um dispositivo manual que funciona numa superfície plana e que faz corresponder os seus movimentos nas coordenadas x e y a um apontador existente no monitor. A *Xerox Star 8010 Workstation* foi o primeiro sistema comercial a usar um rato seguida da *PERQ Workstation* que tinha um rato de 2 botões. Os computadores *Apple Macintosh Lisa* traziam um rato com um único botão. Entretanto, em 1977 a firma RLD lança no mercado o *Super Mouse* que incorporava um *keypad* de 10 teclas e incluía teclas de função e teclas de *Windows 95*; o *Super Mouse* permitia a entrada de números e o acesso às funções através das teclas do rato. Este dispositivo trazia ainda, teclas *Ctrl*, *Alt*, *Tab*, de retorno e *Shift*.

No ano de 1992, investigadores japoneses desenvolvem um rato táctil com força de *feedback* limitado¹⁰, cujo *feedback* táctil era fornecido de igual forma ao *flying mouse*. O mecanismo era dotado de um *keypad* metálico com um íman incorporado, sendo que força de resistência encontrada ao deslocar o rato era controlada pela mudança da força do seu campo magnético (Sato, 1992; Akamatsu, Sato & MacKenzie, 1994).

Quarenta anos após ter sido inventado, o rato continua a ser usado ainda porque as suas propriedades fornecem uma excelente relação entre o desempenho humano e as demandas das interfaces gráficas (Balakrishnan, Baudel, Kurtenbach & Fitzmaurice, 1997). Para as tarefas de ponteiros características de computador de secretária, tanto se pode apontar com o rato como com a própria mão (Card, English & Rebarba, 1978); isto porque o rato fica estático quando é solto pelo utilizador (ao contrário de um *Stylus*, por exemplo), o que permite aos *designers* integrar teclas múltiplas ou outras formas de controlo.

Finalmente, com o rato, todos os grupos de músculos da mão, pulso, braço, e ombro contribuem para apontar, permitindo, assim, um elevado desempenho tanto para movimentos rápidos, grosseiros como para movimentos lentos e precisos. Por todas as suas vantagens pode-se considerar que o rato irá permanecer ainda como dispositivo de ponteiro da preferência a nível da interface gráfica de computadores (Hinckley, 2006).

4.2.2. Mesas Digitalizadoras

O uso das mesas digitalizadoras é essencial para tornar o ambiente tecnológico mais agradável e natural. Este tipo de interface não só potencia a flexibilidade e a eficácia das aplicações, como também humaniza as tarefas nelas desempenhadas.

As primeiras mesas digitalizadoras começaram a surgir a partir dos anos 60. Em 1963, a *RAND Corporation* desenvolveu a *RAND tablet*, um dispositivo de entrada gráfico num projecto dirigido por M. R. Davis e T. O. Ellis e concebido para a *Advanced Research Pro*

¹⁰ Um protótipo de rato com *feedback* táctil e força de *feedback* foi desenvolvido no Instituto de Pesquisa dos Produtos Industriais (IPRI) em Tsukuba, Japão (Akamatsu & Sato, 1992; Akamatsu, Sato & MacKenzie, 1994).

jects Agency, alvo de grande interesse no campo da comunicação e da interacção humano-computador. A *RAND Tablet* foi bastante utilizada tanto como ferramenta de comunicação com o computador na produção e processamento de dados como nas pesquisas sobre a ergonomia e os problemas técnicos a nível do desenvolvimento de interfaces mais sofisticadas. A *RAND Tablet* começou a ser usada a partir de Setembro de 1963 e foi instalada em ambientes de investigação de diversas instituições. A sua superfície tinha uma área de 10”x10” e uma resolução de 100 linhas por polegada tanto x com y (Davis & Ellis, 1964)¹¹. No entanto, em 1964, foi desenvolvida pela Data Equipment Company um novo dispositivo gráfico de entrada de desenhos em curvas designada de *Grafacon*.

Em 1975, foi fundada a GTCO¹², uma das mais importantes companhias em termos de periféricos de entrada; pioneira no uso de tecnologias de mesas de digitalização e de tecnologias de sensores electromagnéticas baseadas na *pen*. A companhia conseguiu a patente pela invenção do primeira tecnologia de digitalização electromagnética de posição absoluta. Nos finais da década 70 e início dos anos 80, a Summagraphics Corporation, lançou com grande popularidade, uma gama completa sistemas gráficos de digitalização para converter informação gráfica na forma digital de processamento e para entrada rápida de informação alfanumérica e de programação sem o uso do teclado: o sistema *Bit-Pad One* fornecia uma mesa de 11x11 polegada e uma resolução de .004 polegada. A mesa de dados *Intelligent Digitizers* (ID) fornecia uma resolução similar num tamanho maior de 42 x 60 polegadas. Finalmente o sistema *Summagrid* fornecia uma resolução inferior de .001 polegadas de resolução em mesas de *back-light* mais largas que 42 x 60 polegadas. No início dos anos 80, David D. Thornburg¹³ inventou o *KoalaPad* (1984), uma das primeiras mesas digitalizadores para computadores pessoais, produzido pela Koala Technologies e que foi concebido para os computadores *Commodore*, *Apple II* e *Atari*.

As mesas digitalizadoras podem ser electromagnéticas, sónicas e resistivas e fornecem coordenadas absolutas. Uma das suas principais vantagens tem a ver com a distância, a relação directa entre o movimento da mão e do cursor, a velocidade, pois permitem o controlo da velocidade da direcção, por outro lado permitem o movimento contínuo em todas as direcções para além de resoluções elevadas. No entanto, elas requerem movimentos da mão entre o teclado e a mesa num espaço adicional. As mesas geralmente retornam informações em 2D. Os valores retornados são normalmente valores absolutos em espaço da coordenada 2D. As mesas variam em termos de tamanho, definição, resolução, precisão e tecnologia. O que tem um interesse especial é, no entanto, o tipo de controlo físico com que o utilizador manipula. Estes dividem-se geralmente em duas categorias: *stylus* ou *puck*. Existem diversos esti

11 *The RAND tablet: a man-machine graphical communication device*, M. R. Davis and T. O. Ellis, *Memorandum RM-4122-ARPA prepared for Advanced Research Projects Agency*, The RAND Corporation, Santa Mónica, California, August 1964.

12 <http://www.gtcocalcomp.com>

13 Após ter recebido o seu Ph. D. pela Universidade de Illinois, Dr. Thornburg juntou-se ao Xerox Palo Alto Research Center, de 1971 a 1981, trabalhou nos mais diversos projectos, incluindo tecnologias de *design* de interfaces de utilizador para o primeiro computador pessoal, o *Alto*.

los dos *pucks* e dos *stylus* (*GTCO Corp.*): o *stylus* é excelente a nível do desenho com traço fino e para movimentos delicados (usa grupos de músculos delgados dos dedos, como uma *pen*). Entretanto, são mais difíceis de detectar e deslizam para fora da posição quando são largados. Um *stylus* tem geralmente um interruptor na extremidade, que pode ser activado ao pressionar um botão no corpo do *stylus*.

Nalguns casos, a extremidade pode não corresponder a um interruptor, embora, possa detectar a pressão de forma contínua. Se for necessário mais teclas, os *keypads* auxiliares são frequentemente disponibilizados. Em alternativa, alguns *stylus* possuem interruptores de lado activados com o dedo indicador. Os *pucks*, por seu lado, variam muito a nível de *design*. O número de teclas é sempre levado em consideração. No entanto, não há nenhuma diferença prática entre o *puck* e o corpo de um rato. Tem recursos para se deslocados sobre a superfície da tabuleta para aplainar a parte de uma superfície gráfica, para o exemplo. Tem também um interruptor do impulso do acelerómetro, assim como teclas.

4.2.3. Sistemas Multi-Touch

Os sistemas *multi-touch* funcionam como dispositivos de entrada e saída de dados, possuem as características de saída equivalentes a dos monitores normais, embora permitem também a introdução de dados através de toques na área de ecrã. Interfaces simples e intuitivas, são fundamentalmente utilizados em aplicações gráficas e multimédia ou ambiente públicos.

Existem vários géneros de ecrãs tácteis: os condensadores que funcionam segundo o princípio de que o corpo humano actua como um condensador e assim, ao tocar num objecto conductor com uma tensão diferente, gera-se uma corrente de energia e ao dotar o monitor de um sistema de condutores, com uma voltagem constante e igual, é possível determinar onde o utilizador tocou no ecrã; os infravermelhos que funcionam através de emissores e receptores de raios infravermelhos e os acústicos que partindo do princípio de que as ondas acústicas viajam a um velocidade constante, reflectem impulso minúsculo fazendo passar cada uma dessas reflexões através do centro do ecrã.

A história dos sistemas *multi-touch* remonta ao ano de 1984, no mesmo ano em que o primeiro *Machintosh* foi criado (Buxton, 2007). O primeiro sistema *multi-touch*, *Flexible Machine Interface*, foi desenvolvido em 1982 na Universidade de Toronto e consistia basicamente num painel de vidro com propriedades ópticas muito particulares. Com um simples processamento de imagem permitia por exemplo desenhar figuras através da entrada *multi-touch*. Em 1983 ainda, Myron Krueger apresenta um sistema baseada na visão de que o movimento das mãos podia permitir uma interacção com múltiplos dedos, as mãos, e as pessoas usando um conjunto de gestos a que designou *Videoplance*¹⁴. Este sistema podia ser executado em diversos suportes diferentes, incluindo a mesa e a parede; não detectava o toque por si pró-

14 Krueger, Myron, W., Gionfriddo, Thomas., & Hinrichsen, Katrin (1985). VIDEOPLACE — An Artificial Reality, Proceedings of the ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI'85), pp. 35–40.

prio, passava então em grande parte do tempo a detectar para accionar os acontecimentos previsto pela postura

Em 1984 a Bell Labs desenvolve o *Multi-Touch Screen*¹⁵, um ecrã *multi-touch*, integrado num CRT com um terminal gráfico interactivo. Podia se manipular objectos gráficos com os dedos com um excelente tempo de resposta. 1985 foi desenvolvido uma *Multi-Touch Three Dimensional Touch-Sensitive Tablet*¹⁶ pela Input Research Group na Universidade de Toronto capaz de detectar um número arbitrário de entradas de toques simultâneos, conferindo todas as posições e graus de cada toque. Um estudo muito importante neste contexto surgiu em 1991. Trata-se de *Digital Desk* (Wellner, 1991) que foi um dos primeiros sistemas de projectores nas mesas que usavam técnicas sensoriais acústicas e ópticas tanto para dedos como mãos assim como para certos objectos, em particular baseados em papel e dados. *Digital Desk* claramente demonstrou o conceito de *multi-touch* como o de redimensionar e fazer translação de objectos gráficos, usando por exemplo gestos como “*pinching*” ou um dedo de cada mão. Em 1993 a IBM e Bell South apresentaram o que foi provavelmente o primeiro *Smart Phone*. O *Simon* combinava um telemóvel com um *PDA* e apresentava um *touch-screen* com uma interface do utilizador *Soft Machine*. Como um simples dispositivo de toque, o *Simon* apresentava já bastantes aspectos do que actualmente podemos encontrar em alguns telemóveis com sistemas de toque.

O *DiamondTouch* (Dietz e Leigh, 2001) é original nessa habilidade de determinar que o utilizador produz cada ponto do contato, que conduziu a um número de aplicações e de técnicas inovativas. Têm-se havido muitos e importantes avanços técnicos nas recentes investigações em mesas *Touch-Sensitive* e ecrãs de projecção. Estas tecnologias diminuem a distinção entre entrada gestual *whole-hand* e a tradicional ecrã de toque de ponto simples. O *DiamondTouch* tinha a habilidade para determinar se o utilizador produz cada ponto de contacto, e que tinha um número significativo de aplicações e técnicas inovadores.

Avanços técnicos conduziram a pesquisas recentes em sistemas *multi-touch*. Estas tecnologias misturam muitas vezes a entrada gestual da mão e tradicionais *touch-screens* de um ponto. Os protótipos de sistemas recentes demonstram a captação de forma dada forma pelo mãos no contacto com uma superfície (Wilson, 2005), pontos múltiplos do contacto (Han, 2005), ou mesmo imagens dos objetos colocados sobre ou próximas de uma superfície (Matsushita & Rekimoto, 1997; Wilson, 2004).

15 Bell Labs, Murray Hill NJ.

16 “*A Multi-Touch Three Dimensional Touch-Sensitive Tablet*” (1985) [em linha]. Disponível em: <http://www.billbuxton.com/buxton> [consultado em 22.03.2007].

Os sistemas *multi-touch* constituem por um lado a personificação da simplicidade, eles são superfícies planas que podem detectar o que é tocado e comunicado para o computador a localização de onde esse toque ocorreu e por outro lado, formam a base de um conjunto extremamente grande e diversificado de manifestações físicas e lógicas assim como de técnicas da interação (Buxton, 2007). Os ecrãs *multi-touch* têm um conjunto de propriedades que os distinguem do outro dispositivos: não têm nenhum dispositivo mecânico intermediário entre a mão e o sensor, daí serem bastante úteis em determinados ambientes (tais como salas de aula e terminais de acesso públicos) onde tais dispositivos intermediários podem ser facilmente danificados, perdidos ou roubados.

Ao contrário dos *joystick* e dos *trackballs*, os *touch-screen* têm um perfil muito baixo que podem ser integrado noutros equipamentos como mesas e teclados de baixo perfil, Isso tem potenciais benefícios nos sistemas portáteis, e de acordo com o modelo do *keystroke* de Card, Newell e Moran (1980) reduzem o tempo de espera do teclado para o dispositivo de ponteiro. Podem ainda ser moldados em estruturas de uma peça só, o que faz com que sejam especialmente apropriadas para os ambientes que devem ser mantidos muito limpos como os hospitais ou ambientes que estão muito sujos como fábricas. devido a sua estrutura simples que não envolve nenhuma peça móvel, geralmente os sistemas *multi-touch* têm uma fiabilidade e longa duração que a faz especialmente apropriada para os ambientes onde estaria sujeito a um uso intensivo ou onde o nível de confiança é crítica (Buxton, 2007).

A natureza da interacção com entradas *multi-touch* está muito dependente da natureza das acções que são afectos a elas, que podem ser contínuos ou descontínuos. Muitas interfaces convencionais *touch-screen* se baseam em itens separados e distintos. Uma interface *multi-touch* que usa estas acções separadas pode ser um teclado *Soft Graphical QWERTY*. Enquanto um dos dedos carrega na tecla *Shift*, o outro pressiona uma tecla para obter os caracteres em caixa alta. A riqueza da interacção está sempre relacionada com os valores de graus de autonomia (DOF), e em particular, graus contínuos de autonomia, suportado pela tecnologia.

As interfaces gráficas de utilizador (GUI) convencionais são largamente baseadas no movimento em torno de um simples cursor 2D, com o uso do rato, por exemplo. Quando usado de forma apropriada, estas tecnologias oferecem o potencial de começar a captar o tipo de autonomia de entrada que nós conhecemos no nosso dia-a-dia e deste modo tirar vantagens das habilidades que todos os dias nós adquirimos durante a vida. O tamanho determina bastante que grupo de músculos está a ser usado, quantos dedos/mãos podem ser colocados na superfície, e que tipo de gestos são possibilitados pelo dispositivo. os sistemas *multi-touch* podem ter uma orientação horizontal ou vertical: as grandes superfícies de toque tradicionalmente tem tido problemas porque podem apenas sentir um único ponto de contacto. Assim, se deixar a mão na superfície, assim como dedo com que quer apontar algo, isso pode confundir o dispositivo. Porém, é preciso notar que nas superfícies dispostas na vertical tal não tende a acontecer.

As grandes *whiteboards* electrónicos usam frequentemente as tecnologias *touch sensing* sem qualquer tipo de problema. No que se refere ao grau da sensibilidade da pressão estas superfícies podem detectar a pressão de cada contacto e tem um potencial muito grande para uma interacção rica. Nota-se que quando se pressiona com força, a ponta do dedo vai além do ponto de contacto, e o que é detectada então é uma área de contacto não pressionada em si. A habilidade em detectar o tamanho da área que é tocada na superfície pode ser tão importante como o próprio tamanho da superfície do toque.

Em relação ao uso de um único dedo, ou de dedos múltiplos, embora os *multi-touch* tem sido conhecidos desde 1982, a vasta maioria de superfícies de toque dispõem de um único toque, ou seja, só se pode manipular apenas um ponto, da mesma forma que o rato, *joystick* ou *trackball*. O importante é perceber se determinadas técnicas gestuais e interactivas usadas são característicos para a tecnologia ou não. Muitas das técnicas chamados *multi-touch* que existem, são *multi-point*. Não se deve usar uma diferentes técnicas com a mesma finalidade, por exemplo, usar um *trackpad* (um simples dispositivo de toque) no lugar do rato, sendo que o duplo clique, arrastar, por exemplo, constituem as mesmas técnicas de interacções, independentemente do tempo do *touchpad*, *trackball*, rato, *joystick* ou *touchscreen* que é usado.

Para a maioria dos sistemas *multi-touch*, o controlo pode não vir apenas de dedos diferentes como também de dispositivos diferentes, ou então de diversas mãos a trabalhar no mesmo ou em dispositivos diferentes. Isso depende um pouco do tamanho do dispositivo de entrada. Onde se pode encontrar analogias sobre isso é no GUI onde se pode apontar a um ícone com o rato, clicar e arrasta-lo, ou se pode apontar e usar um pedal de pé para clicar. É a mesma técnica de arrastar, embora cada um separados por dois membros e dois dispositivos diferentes. Para a maioria das técnicas *multi-touch*, não são necessários dois cursores, por exemplo. Mas com duas pessoas a trabalhar na mesma superfície, parece ser necessário e de longe como as tecnologias *multi-touch* são referidos, por serem valorizados por permitirem sentir que as pessoas estão a tocar.

A escolha entre *stylus* ou dedo na interacção com os sistemas *multi-touch* depende muito do contexto da sua utilização e do *design*, cada um tem as suas vantagens e desvantagens. Há certamente, diversos casos em que muitos sistemas de *stylus* não poderão trabalhar com os dedos, mas também existem casos em que muitos sensores de toque trabalham bem com *stylus*. Mas qualquer utilizador de um *Palm Pilot* sabe as potencialidades do seu uso. Mesmo em relação à utilização das mãos e dos dedos ou o uso objectos, o *Stylus* é apenas um dos objectos que pode ser usado na interacção *multi-point*. Alguns sistemas *multi-point/multi-touch* não só podem detectar vários objectos diferentes, como ainda saber que objectos são, onde estão, e o que não está a ser usado em conjunto e simultaneamente com os dedos. Este tema continuará constante neste trabalho e iremos abordá-la noutros capítulos designadamente com o fenómeno do *iPhone* apresentando as inovações que tem surgido neste domínio e que o apontam como um importante dispositivo de interacção no futuro aleada a interacção gestual que tem ganho cada vez mais proponderante.

4.2.4. Joystick

O *joystick*, é um manípulo capaz de converter os movimentos realizados pelo utilizador para sinais digitais que irão ser posteriormente interpretados pelo sistema. Geralmente as pessoas as pessoas comparam o *joystick* com o rato ou o *trackball*. O surgimento do *joystick* remonta ao início do século XX com o surgimento da aviação. Contudo foi com a consola de vídeo jogos *Atari 2600* em 1977 que começou a ser usado como controlador nas primeiras gerações de vídeo jogos tendo vindo a tornar-se bastante popular com *Nintendo Entertainment System* e *Sega Master System* em 1985 e 86. Actualmente é um dispositivo de entrada standard não só para vídeo jogos como para uma série de outras aplicações no computador.

Embora determine duas dimensões, os movimentos podem ser interpretados como tridimensionais. Existem três grandes classes de *joystick*: *floating*, *spring-loaded self-returning*, e *isometric*. Os *joystick floating* dão coordenadas de posição sensível absoluta. Os *joystick* de auto-retorno e isométrico dão por seu turno coordenadas relativas. A magnitude de mudança dos *joysticks* de auto-retorno é geralmente determinada pela posição: a mudança é proporcional à distância e direcção do eixo do centro. Para o *joystick* isométrico, a mudança relativa é determinada pela direcção e magnitude da força aplicada no eixo. Os *joystick* variam muito também com o número de dimensões de informações que eles contém. Alguns retornam 1, 2, e 3 dimensões. A terceira dimensão do *Stick 3D* é obtido por rotação do eixo. (Britton, et al. 1978).

Um *joystick* é um bom candidato para ponteiros portáteis. Desde que seja colocado no caixa do dispositivo, não se perde, ao contrário de um *Stylus*. É pequeno e pode ser manipulado potencialmente com a mesma mão que segura o dispositivo. Um *joystick* isométrico é um joystick cujo toque não se move quando é pressionado. No entanto, é um dispositivo de pressão sensível. É um *joystick* que retorna ao centro quando libertado. A maioria dos *joystick* isometricos são rígidos, oferecendo pouco *feedback* do deslocamento do *joystick*, Mackenzie, I. S., Kauppinen, T., e Silfverberg, M (2001).

A taxa do movimento do cursor é proporcional à força exercida na vara; em consequência os utilizadores requerem a prática conseguir um bom controle de cursor. (Douglas & Mithal, 1994; Rutledge & Selker, 1990; Zhai, et al., 1997). No *joystick* isométrico, o ponteiro é movido aplicando uma força ao *stick*. Os joystics isométricos são associados normalmente aos computadores portáteis. Por exemplos a *IBM ThinkPad*, usa o *TrackPoint Joystick*, ou a *Toshiba SatellitePro*, que usa *AccuPoint joystick*. O *joystick* é colocado no teclado entre as teclas “G” e “H”. As tradicionais teclas esquerda e direitas do rato são posicionadas geralmente na parte de frente do teclado *Notebook*. O *joystick* é manipulado com o dedo indicador enquanto as teclas são activadas pelo polegar ou pelo indicador da mão oposta. As versões recentes do *TrackPoint* incorporam características de pressionar-para-selecionar que permite ao utilizador “clicar” com pressionando no *joystick*. Das suas características principais podemos apontar o facto de ter ários botões incorporados; de ser usado especialmente em *software* de diversão (jogos); de ter vindo a ter outras aplicações, nomeadamente na área da realidade virtual; e de ser muito simples e intuitivo.

4.2.5. Trackballs

O *trackball* é uma versão do rato, que mais não é que um rato em que a esfera passa a estar na parte superior e a base está fixa. O utilizador movimentava a esfera e não a base como acontecia com o rato. Não necessita de espaço extra para além do seu tamanho e não sofre problemas com a sujidade da superfície. Tem a desvantagem de necessitar de grande tempo de habituação. Um *trackball* deteta o movimento relativo de uma esfera parcialmente exposta em dois graus de autonomia. Os *trackballs* têm um pequeno espaço de funcionamento, e podem ser usados numa superfície angular. Os *trackballs* podem precisar de movimentos complexos frequentes porque os utilizadores precisam de levantar e reposicionar a mão depois de ter rolado a esfera a uma curta distância. As teclas são colocadas ao lado da esfera, que pode as tornar incapazes de prender ao rolar a esfera (MacKenzie, Sellen & Buxton, 1991). Os *trackballs* associa grupos diferentes do músculo que um rato, oferecendo uma alternativa para os utilizadores que experimentam algum desconforto (Hinckley, 2006).

4.2.6. Eye-tracking

Os sistemas *eye-tracking* tem sido bastante estudados nos últimos anos e constituem por certo uma das melhores alternativas aos dispositivos de entrada de texto, o percurso normal do olhar das pessoas. No início dos anos 1936, Mowrer usou eléctrodos direccionados aos olhos para gravar a orientação dos olhos na cabeça, e assim a direcção do olhar.

Ware e Mikaelian observaram que uma simples selecção de tarefas podia ser feita mais rapidamente através do movimento dos olhos do que com o uso do rato. Antes dos utilizadores operarem qualquer dispositivo de ponteiro mecânico, normalmente olham para o destino para o qual querem mover. Este movimento dos olhos é avaliável enquanto indicação do objectivo dos utilizadores antes actuarem sobre qualquer outro dispositivo de entrada.

Experiências mais recentes levadas a cabo por Sibert e Jacob, confirmam estes resultados. Nos anos 50, Alfred L. Yarbus fez importantes pesquisas no domínio do *eye-tracking*. Já nos anos 70 as investigações nesse domínio expandiram consideravelmente e em 1980, Just e Carpenter (1980).

O movimento dos olhos, tal como os outras entradas passivas, como os gestos das mãos e a voz podem não ser intencionais ou até mesmo subconscientes. Assim, precisam de ser interpretados com especial cuidado de modo a se evitar respostas erradas. O grande problema da implementação de interfaces *eye-tracking* tem a ver com o facto de as pessoas normalmente não costumam usar os seus olhos para operar dispositivo. Existem vários sistemas de *eye-tracking* no mercado entre eles o *Quick Glance* desenvolvido pela firma *Eyetech Digital Systems*, que é uma espécie de substituto do rato. O clique do rato é emulado por um piscar lento, uma pausa do olho ou um interruptor de *hardware*.

5. MODALIDADES DE INTERACÇÃO

A necessidade do ser humano interagir de forma natural com o computador tem sido cada vez mais premente. Modos de entrada/saída naturais vêm sendo vislumbrados como formas de comunicação que acarretam diversas facilidades e vantagens. Na busca de modelos que possam melhorar as interfaces e permitir novos usos e cenários, os investigadores tem explorado muitas estratégias que ultrapassam qualquer tipo específico de dispositivo. Os dispositivos são categorizados primeiramente de acordo com as suas propriedades físicas e mecânicas (Buxton, 2004). As propriedades idiossincráticas de um dispositivo de entrada podem ter um grande efeito na sua apropriação de uma tarefa específica. Os sistemas computacionais têm sido usados por um número maior cada vez mais de pessoas que utilizam um número cada vez maior de tarefas, cada um com as suas limitações e características próprias. Uma tentativa de ilustrar essa grande diversidade resultante da procura resulta na quantidade de dispositivos de entrada adaptados a cada tipo de tarefa em específico. Todavia, os benefícios dessas aproximações podem geralmente se anuladas pelo aumento exponencial do número de dispositivos. Uma solução realística para tentar dar mais generalidade possível dos dispositivos, que são escolhidos de um conjunto das suas aplicabilidades poderia ser focar nas suas propriedades ideossincráticas. É importante considerar a interface do utilizador de um sistema como sendo constituído por um número de camadas sobrepostas.

Existem diversos dispositivos simultaneamente de introdução e saída de dados, sendo os mais comuns relacionados com a realidade virtual e com o entretenimento (jogos). Um desses mecanismos é o *joystick* que para além do tradicional tem a capacidade de fazer sentir força ao utilizador em determinada direcção. O mesmo se passa com os volantes que exercem determinada força contrária à do utilizador e *Data glove*, que permite ao utilizador receber informação táctil, assim como transmitir a informação para o computador. Podemos considerar ainda os fatos utilizados em experiências de realidade virtual, semelhantes às luvas mas, com o número de capacidades incorporadas e de sensores bastante superior. Os capacetes e os óculos permitem visualizar virtualmente espaços tridimensionais, destes, os mais evoluídos possuem a capacidade de determinar o local para onde o utilizador está a olhar e assim actuar em conformidade.

5.1. A INTERACÇÃO BASEADA NOS GESTOS

Os gestos e o seu reconhecimento são termos encontrados cada vez mais no debate sobre a interação humano-computador. Para muitos, o termo inclui o reconhecimento de caracteres, o reconhecimento de símbolos, e muitos outros tipos de interação. De facto, todas as acções físicas envolvem de alguma forma um determinado gesto articulado. A natureza do gesto é geralmente um componente importante para estabelecer a qualidade da acção. Kurtenbach e Hultheen (1990) definem o gesto do seguinte modo:

Um gesto é um movimento do corpo que contém informação. Acenar adeus é um gesto. Pressionar uma tecla num teclado não é um gesto porque o movimento de um dedo nele é a forma como se bate uma tecla e não é visto nem é muito significativo. Tudo que importa é que tecla foi pressionada. (Buxton, 2002).

Com as novas plataformas de computadores e os novos conceitos de interfaces de utilizador são explorados actualmente, a oportunidade do uso de gestos feitos com a *Pen*, dedos, mãos ou outros instrumentos parece ter aumentado bastante, e com ele, o interesse de *designers* de interfaces em usar gestos nos seus projectos. A *pen* permite comandar os gestos semelhantes aos marcadores, assim como o cruzamento de palavras para apagá-las.

O *Palm Pilot* e o *Tablet PC* fizeram renascer, sem dúvidas a investigação sobre os gestos e a *pen* e mais recentemente o surgimento do *iPhone* e outros dispositivos de interacção baseados no gesto fez reavivar ainda mais toda a discussão.

O problema fundamental das abordagens do reconhecimento de gestos é que o sistema ainda não consegue classificar um conjunto de traços como um gesto ou como uma marca sem o utilizador ter concluído por completo a sua execução. Isso faz com que seja difícil ter um *feedback* interactivo ou apontar o comando antes do utilizador executar uma determinada operação (Fitzmaurice, et al., 2003a). Nota-se que, o gesto integra a selecção de um comando e apagar com a selecção das palavras a serem apagadas.

5.2. RECONHECIMENTO DA FALA

A fala é um dos meios de comunicação mais naturais entre os seres humanos. Assim, é de suma importância a aquisição e utilização de tecnologias para torná-la realidade nas interfaces de computador. As tecnologias de reconhecimento da fala e os *software* inteligente constituem um dos aspectos chave da investigação actual (Furtado, 2004). Ao longo das últimas décadas vários trabalhos foram desenvolvidos, porém ainda não há a possibilidade de uma utilização plena de tal forma de interação (Hugo, 1995).

O reconhecimento da fala consiste no reconhecimento de fonemas, sílabas, palavras para formar a mensagem original, como foi pronunciada. Como exemplo deste tipo tem-se as máquinas de ditar e editores de texto por voz. Um reconhecedor automático da fala (*Automatic Speech Recognition ASR*) é sempre o receptor da mensagem. Faz a percepção das ondas sonoras da mensagem e executa o processamento procurando captar a mensagem do emissor (Hugo, 1995). A voz tem um valor fundamental que é ainda muito pouco reconhecido. Os computadores podem melhorar a comunicação humano-humano eliminando a barreira do tempo e do espaço ao permitir ao utilizador gravar, editar e repetir ou transmitir vozes digitalizadas e sons (Arons, 1993; Buxton, 1995b; Stifelman, 1996). Os sistemas podem usar entrada dos microfones para detectar sons ambientes e de falas e empregá-las como sinal para ajudar priorizada notificadas. A capacidade dos computadores no que diz respeito a análise da voz humana não está, no entanto, suficientemente desenvolvida de maneira a permitir a conversação entre os utilizadores e os computadores como acontece nas conversas entre as pessoas. O reconhecimento de fala pode ocorrer com um vocabulário limitado, como por exemplo do nome das pessoas de uma lista de contactos para as chamadas de telemóvel. Entretanto, a margem de erro aumenta com o vocabulário e a complexidade da gramática aumenta, se a entrada pelo microfone for pobre, ou se os utilizadores empregam palavras fora do vocabulário. Estas são as dificuldades em usar a fala no que refere ao reconhecimento (Cohen & Sullivan, 1989; Oviatt, DeAngeli & Kuhn, 1997).

De acordo com Pierrel (1987), por volta de 1930, o americano R. J. Wensley construiu o *TeleVox*, a primeira máquina capaz de receber ordens por telefone e executar alguns movimentos correspondentes. No entanto os primeiros sistemas realmente de reconhecimento de voz aparecem somente em 1950: Daves, em 1952, apresenta um sistema inteiramente de cabos capaz de reconhecer os dez números pronunciados por um locutor. Este sistema foi aperfeiçoado em 1958 para uma versão que permitia já aceitar diversos locutores; Olson e Belar, em 1956, propuseram um sistema mais avançado chamado de máquina de escrever fonética, capaz também de reconhecer uma dezena de palavras; Denes, em 1958, define um sistema em duas etapas, no qual a primeira etapa realiza um reconhecimento puramente acústico que, na segunda, será refinado pela utilização de conhecimentos linguísticos (Hugo, 1995).

No final da década de 80, Teuvo Kohonen da Universidade de Tecnologia de Helsinki desenvolveu uma máquina de escrever por voz utilizando a combinação de várias tecnologias disponíveis: processamento de sinal digital, sistemas baseado em regras e redes neuronais.

A máquina obteve alguns bons resultados. Foi testada utilizando casos extremos de conversão fala-texto: vários locutores, voz contínua e grande vocabulário. Com um treino de apenas 100 palavras por locutor, a máquina chegou a uma taxa de 92% a 97% de acerto nas conversões, com atraso de 1/4 de segundo de resposta. São bons resultados, mas não ainda suficientes para aplicações comerciais (Hugo, 1995).

Actualmente, a entrada de texto por teclado-rato para a língua inglesa é duas vezes mais rápida que reconhecimento automático da voz (Karat, Halverson; Horn & Karat, 1999); entretanto, a fala pode interferir com uma habilidade de compor textos e memorizar as palavras (Karl, Pettey & Shneiderman, 1993). A fala naturalmente não é privada em situações públicas. Assim a fala tem ainda um papel importante a desempenhar, contudo é um pouco céptico considerar que a fala irá ser suplantada pelos dispositivos de entradas manuais.

Os sistemas actualmente existentes trabalham com uma quantidade que varia de algumas palavras, passando por centenas, chegando até 50000 nos sistemas mais sofisticados. O *Tangora*, da IBM, é um sistema tipo máquina de escrever comandada por voz, o qual trabalha com as 20000 palavras mais comuns num *desktop*. Possui uma restrição: o ditado deve ocorrer de forma muito pausada. Esta tecnologia é conhecida como entrada de fala isolada ou discreta, em contraposição à entrada de fala contínua. Porém, Tebbutt (1995)¹⁷ relembra que o teclado padrão QWERTY foi projetado para que as pessoas não conseguissem datilografar muito rapidamente, o que travaria o sistema mecânico das máquinas de escrever da época. Desta forma, a pequena pausa, porém não-natural, realizada entre as palavras durante o ditado para um sistema de reconhecimento de fala pode ser encarada como normal, visto que a necessidade da tecnologia tem precedência sobre os desejos do utilizador (Hugo, 1995).

Das principais tecnologias de reconhecimento de voz podemos salientar o sistema *Philips sp 6000* concebido em 1994 pela *Philips Speech Recognition System*¹⁸, com bastante utilidade em aplicações médicas. Em 2001 foi lançaram a tecnologia *Intelligent Speech Interpretation (ISI)* e a *Philips SpeechMagic*, tecnologia de reconhecimento de voz que facilita a capturação de informação, altamente inovador e essencial em ambientes de documentação intensiva, implementada em empresas de prestação de serviços de saúde em mais de 8000 instalações em 45 países. A IBM *Voice type Simply Speaking* que possibilita ditar 100 palavras por minuto, com correcção automática e personalização à voz do utilizador, com utilidade óbvia por exemplo no caso de utilizadores deficientes (Furtado, 2004).

As investigações futuras em sistemas de reconhecimento da fala deverão focar em aspectos como o processamento do discurso contínuo, que também compreendam grandes vocabulários, que sejam independentes do utilizador e taxas de erro muito baixas. Operem em

¹⁷ Tebbutt, David. "In touch with tomorrow", in *PC PRO*, Feb. 1995, pp. 206–11. Dennis Publication, United Kingdom.

¹⁸ A *Philips Speech Recognition System* foi a primeira empresa a comercializar um sistema de reconhecimento da voz que permitia as palavras ditas serem convertidas em texto no computador (<http://www.speechrecognition.philips.com>)

ambientes ruidosos independentemente do estado da tecnologia, têm vantagens quando o utilizador: tem deficiência física, tem que se deslocar, tem os olhos ocupados, está em ambientes apertados ou com pouca visibilidade e desvantagens inerentes. Muitos investigadores apontam que a utilização de reconhecimento de voz e de escrita manual irão derrubar as barreiras que teclados, ratos e GUIs impõem à comunicação natural com o computador¹⁹. Vários fabricantes de sistemas afirmam que dentro de poucos anos os computadores irão combinar a entrada por voz e a *pen*. (Crane, 1993).

Com a progressiva miniaturização dos computadores, torna-se possível pensar em sistemas que podem ser usados como roupas ou chapéus, ou seja, tão pequenos e leves que são facilmente transportados e com entrada e saída por voz, através de um microfone direccional e de pequenos microfones de ouvido. Hugo (1995) afirma que: *é o reconhecimento da fala que tem maior potencial para fundamentalmente alterar o modo de interacção com o computador: A tecnologia está a produzir uma nova interface humano-computador*. O objectivo da interacção humano-computador é, ou deveria ser, conceber uma interface tão natural quanto possível. A solução perfeita seria assim, aquela em que o utilizador podia nem perceber a utilização da interface ... Então, talvez a ausência de uma interface possa ser o *nirvana* dos utilizadores de computador (Tebbutt, 1995).

5.3. INTERFACE MULTIMODAL

As interfaces multimodais caracterizam-se pelas suas capacidades em integrar e combinar os diferentes tipos e dispositivos de entrada e saída; a conjugação de alguns modos de interacção de forma a torná-la mais rica e mais fácil.

Uma das primeiras interfaces a permitir a combinação do reconhecimento da fala e dos gestos foi a *Media Room* construído pela equipa de Negroponte, *Architecture Machine Group* no MIT no verão de 1976, que propôs ao Cybernetics Technology Office da Advanced Research Projects Agency dos Estados Unidos (DARPA) um programa de pesquisa organizado sob o título *Aumento de recursos humanos no comando e no controle com meios múltiplos a Interação Humano-Máquina* (Bolt, 1984). Concebido por Richard Bolt, a *Media Room* permitia aos utilizadores estar dentro de uma interface de computador e interagir com o computador através da fala, dos gestos e dos olhos. Consistia basicamente numa sala larga, uma parede onde era projectado um painel. O utilizador sentado numa cadeira no centro da sala detectava a posição magnética dos dispositivos de sensores no seu braço para medir os pontos dos gestos (Buxton & Dudley Dowright, 2002). O estudo esboçado na proposta recordava um princípio antigo de usar a memorização relacionada aos espaços como dispositivo automático de entrada: o efeito *Simonides*²⁰.

19 Raj Reddy, director da School of Computer Science da Universidade de Carnegie Mellon e pesquisador há mais de 30 anos na área de fala, anunciou que os computadores pessoais irão utilizar entradas por voz e *Pen* dentro de poucos anos.

20 Simonides foi um poeta da Grécia Antiga famoso pelas suas habilidades em recitações longas inteiramente feitas de memória. O seu segredo, que como um professor de retórica que compartilhava com seus estudantes,

Um outro estudo traçado na mesma proposta olhava para a exploração da espacialidade virtual como uma matriz de organização de informação: *Virtual Bulletin Board*²¹ O tamanho tácito de um “campo” de informação retratada em gráficos de computador não necessita ser limitado pelo tamanho da exposição física. Desde que é virtual, sua organização aparente do tamanho e do gráfico está aberta à definição do utilizador no sentido inacabado da caracterização de Ivan Sutherland (1970) de um ecrã do computador como *a window on wonderland de Alice*²² . O sentido do espaço em torno da interface inclui a percepção do sistema de proximidade de campo por parte do utilizador. O tom dos apontamentos no *Media Room*, especialmente a abertura da cadeira, convidava o utilizador a levantar-se imediatamente da cadeira para poder-se engajar com os dados e gesticular, acenar do braço, apontar, especialmente em conjunto com as indicações da movimentos dos olhos captados através do *eye-tracking*, dotando o espaço entre o utilizador e o sistema de diversas entidades comunicativas (Bolt, 1979).

Em 1962, Mort Heilig um cinematógrafo de Hollywood, patentiou um protótipo do jogo de *arcade* mecânico chamado *Sensorama*²³ explorava diversos canais de entrada e saída. Os jogadores tinham um ambiente multi-sensorial com uma experiência emersiva que incluía todos sentidos visual, sonoro, olfativo, tacto, para além de visualização estereoscópica 3D e *feedback* táctil. *Sensorama* seria uma espécie de realidade pré-virtual, já que na altura nem os vídeo jogos nem a realidade virtual existiam (Krueger, 1991). Um dos primeiros trabalhos a nível de entrada multimodal foi feito no MIT Lab²⁴, designado de *Put-That-There*²⁵ era um sistema criado para explorar a integração, num ambiente multimodal, das modalidades de reconhecimento de voz e gesto. Esta aplicação consistia na montagem de um *puzzle* composto de diversas peças, em torno de uma única fotografia, usando apenas a voz e o gesto de

era de ligar cada parte sucessiva de um poema ou de um discurso recordado a um local específico dentro da planta do piso mental de um templo real ou imaginado. Então, para cada subseção sucessiva da conversa a ser dada, o orador andaria mentalmente de lugar em lugar dentro do templo, procurando o material apropriado por entre diversas partes de estatuária. O resultado do seu trajeto no templo serviria então como um esquema mental de organização do discurso em cima de seu recitação, o discurso que foi recuperado e reconstruído durante a oração por uma excursão imaginária de estátua em estátua em torno do espaço do templo. Em torno do espaço do templo haviam estátuas, que serviam para aumentar o imaginário de niches ou de cantos específicos. Para cometer à memória um poema ou um discurso longo, o orador fixaria na sua imaginação antes do ponto inicial, e com esta imagem mental na mente, empreende as observações introdutórias à memória.

21 Este termo refere a uma formulação de um espaço implícito que não ocupa nenhum espaço “real”.

22 Sutherland, I. “Computer Displays”, *Scientific American*, Junho 1970.

23 “*Watch out for a remarkable new process called SENSORAMA! It attempts to engulf the viewer in the stimuli of reality. Viewing of the color stereo film is replete with binaural sound, colors, winds, and vibration. The original scene is recreated with remarkable fidelity. At this time, the system comes closer to duplicating reality than any other system we have seen!*” — Lipton, L. “Sensorama”; *Popular Photography*, July 1964, cit: Fisher, Scott S., *Virtual Environments, Personal Simulation, & Telepresence in Virtual Reality: Theory, Practice and Promise*, S. Helsel and J.Roth, ed., Meckler Publishing, 1991, reprinted in *Ars Electronica: Facing the Future*, T. Druckrey, ed., MIT Press, 1999.

24 Bolt, R. (1980). “Put-that-there: Voice and gesture at the graphics interface”, *Computer Graphics*,14(3), pp. 262-270.

25 Harada S., Hwang J., and Lee B. *Put-that-there: What, where, how? Integrating speech and gesture in interactive workspaces*, in UBIHCISYS 2003 Online Proceedings, 2003.

apontar como formas de interacção. O sistema era composto por três partes: o reconhecedor de voz, um painel de comandos e um processador de comandos (Bolt, 1980).

Outro importante dispositivo cibernético de interacção multi-sensorial foi *Telepresence* criado por Scott Fisher²⁶ em 1985 em *NASA-Arnes Research Center* em Mountain View, California. Este dispositivo criava uma poderosa ilusão de uma digitalização completa do ambiente. Em 2002, foi desenvolvido em Stanford o projecto *iRoom*²⁷ que foi concebido para explorar as técnicas de interacção num ambiente interactivo de tamanho de um quarto no qual multiplos-utilizadores podiam interagir com múltiplos computadores sobre vários dispositivos de entrada.

Na realidade, o uso do gesto pode ser mais eficaz quando combinado com outras modalidades da entrada, especialmente a voz. Permitir a fala combinada com a entrada gestual tem diversas vantagens tangíveis. O primeiro é puramente prático; facilidade de expressão. Como Martin (1989) indica, as modalidades típicas de interacção com o computador são caracterizados pela oposição entre a facilidade e a expressividade. A facilidade corresponde à eficiência com que os comandos podem ser recordados, e a expressividade ao tamanho do vocabulário do comando. A entrada multimodal supera este *trade-off*; a combinação da fala e dos comandos de gesto são fáceis de executar enquanto retêm um grande vocabulário de comandos. A fala e o gesto complementa-se quando usados junto, criando uma interface mais poderosa que uma ou outra modalidade separadas.

Cohen (1992) mostra como a interacção da linguagem natural é concebida para técnicas descritivas, enquanto a interacção gestual é ideal para a manipulação directa dos objectos. Por o exemplo, ao contrário da entrada gestual ou com o rato, a fala não está presa a uma metáfora espacial. O que significa que a fala pode interagir com os objectos não obstante o grau da sua exposição visual, particularmente valioso em ambientes virtuais onde os objectos podem ser escondidos ou ocultos noutros objectos. Algumas tarefas são essencialmente gráficas, outras são verbais, no entanto outras requerem a entrada vocal e gestual para serem concluídas. Assim permitir ambos os tipos de entrada maximizam a utilidade de uma interface feita a escala das tarefas que podem ser feitas de uma forma intuitiva. Cohen indica muitos atributos de complementaridade da manipulação directa e da linguagem natural (Buxton, 2002).

26 Scott S. Fisher é um media artista e *designer* de interacção cujo o trabalho foca essencialmente ambientes interactivos e tecnologias de presença. Conhecido pelos seus trabalhos pioneiros nas areas de Realidade Virtual na NASA, a experiência de Fisher na indústria dos media inclui ainda Atari, Paramount, e suas próprias empresas Telepresence Research e Telepresence Media. Estudou no MIT's Architecture Machine Group (agora Media Lab), na UCLA e UCSD, foi professor na Universidade de Keio no Japão (em linha:

<http://www.itofisher.com/sfisher/> consultado em 17.11.07).

27 Johanson, B.; Fox A.; Winograd, T. *The Interactive Workspaces Project: Experiences with Ubiquitous Computing Rooms*. IEEE. Pervasive Computing Magazine 1, April-June, 2002.

A combinação da fala e do gesto melhora a exactidão do reconhecimento e leva um período de tempo mais rápido na conclusão da tarefa comparado com apenas a fala. Usando um discurso multimodal e uma interface baseada na *Pen*, Oviatt (1996) avaliou o desempenho do utilizador no mapa de tarefas executadas com apenas o uso da fala, apenas da *Pen*, ou da entrada da fala combinada com a *Pen*. Ela descobriu que a entrada multimodal produzia uma redução de 36% em erros nas tarefas e 23% que poucas palavras faladas resultavam em 10% de tempo mais rápido comparado com interface de fala apenas. Igualmente, Martin (1989) descobriu que as pessoas que usavam a entrada da fala nos programas do CAD podiam permanecer focalizados visualmente no ecrã ao usar o comando da fala, causando uma melhoria de 108% na entrada de teclado puramente em excesso de produtividade. Isto era devido ao canal adicional de resposta fornecida pela entrada da fala para além de ser o canal mais eficiente a nível da resposta do que a entrada dactilografada. (Buxton, 2002).

5.4. DESEMPENHO HUMANO NO CONTROLO DOS DISPOSITIVOS DE ENTRADA

O estudo do desempenho humano como uma função de controlo manual dos dispositivos está bastante ligado à literatura em HCI. Todo interesse actual nos dispositivos de entrada é resultado do recente desenvolvimento do estilo de interacção GUI. Todavia, as investigações empíricas sobre o desempenho humano em relação às variações de *design* de dispositivos manuais de controlo foram objectos de pesquisas durante várias décadas antes do surgimento do GUI. Estas pesquisas foram primeiramente realizadas para aplicações de controlo de veículos e pilotagem de aviação.

Os primeiros estudos ergonómicos nos controladores de entrada começaram nos anos 40 e atingiram o seu pico nos anos 50 e início dos anos 60. Orlansky (1949) apresentou um dos primeiros estudos relevantes nesta disciplina. Ele analisou factores como as forças máximas podem ser exercidas por um piloto humano, a graduação do controlo das forças e o procedimento dos movimentos humanos. Os Investigadores de *Applied Psychology Unit of the Medical Research Council* em Cambridge, Inglaterra, foram os pioneiros nestes estudos. Estes investigadores consideravam que o desempenho humano era afectado por vários tipos de controlos (Buxton, 2002). Um outro notável grupo de investigadores, o *Ohio School*, incluindo P. M. Fitts (1951), H. P. Bahrick (Bahrick, Fitts, and Schneider, 1955b), D. Howland e M. E. Noble (1953) incidiram mais no controlo de dispositivos aumentava a percepção do deslocamento, mesmo para o facto das forças de resistência de salto ser proporcional ao deslocamento (*Lei de Hooke*). Quando um dispositivo de controlo tem resistência, a percepção humana da velocidade será melhor, mesmo para o facto da resistência ser linearmente correspondente à velocidade. Estes modelos físicos baseados na propriocepção eram sustentados por uma série de análises e experiências (Fitts, 1951; Howland and Noble, 1953; Bahrick, Bennett, and Fitts, 1955a; 1955b; Bahrick, 1957). Notterman and Weitzman (1981) depois confirmaram estas proposições de forma ainda mais sistemática.

As primeiras investigações nos controlos eram realizadas em dinâmica, aviação, submarinos

e outros veículos. Muitas dessas pesquisas foram dedicadas ao desenvolvimento e estudo da engenharia de ferramentas para modelar funções de transferências dinâmicas. A primeira vaga de investigação e ergonomia em dispositivos de entrada foram conduzidos pelo controlo de veículos, a segunda vaga porém foi largamente conduzida por assuntos que surgiram com o controlo manual de sistemas complexos, como plantas de energias ou processos complexos de controlo. Diversos modelos de engenharia (particularmente teorias modernas e clássicas de controlo) foram então aplicados para descrever e prever os comportamentos humanos nesses sistemas complexos (Sheridan and Ferrell, 1974).

Nos sistemas de controlos mais modernos, a automatização das máquinas reduziu consideravelmente os aspectos dinâmicos do controlo manual passando a maior parte do controlo a ser feito de forma automática o que fez com que as funções humanas passassem cada vez mais para as tarefas de supervisão. (Sheridan, 1988, 1992b). Actualmente o *design* dos controlos está mais direccionada em facilitar a entrada de informação humana (ou instruções espaciais) no sistema de computadores. A investigação em termos de controlo de entrada tem, no entanto duas grandes vias de ligação com os estudos em desenvolvimento motora humana (*human motor skills*): por um lado, o conhecimento de investigação em controlo motora humana tem sido aplicado no *design* de interfaces; por outro lado, muitas pesquisas têm usado diferentes dispositivos de entrada e paradigmas de controlo manual como formas de estudo do controlo do comportamento motora.

5.5. MEMÓRIA PROCESSUAL E MEMÓRIA MOTORA

A memória processual ou implícita permite actuar uma sequência complexa de movimentos práticos, sem praticamente nenhum esforço cognitivo. Permite por exemplo estar a escrever no teclado com a mínima atenção sobre as teclas enquanto se insere os caracteres mais usados. Com este resultado, os utilizadores podem focar a sua atenção na composição mental e na verificação daquilo que surge no ecrã. O uso coordenado das teclas de comandos frequentemente usados (*hotkeys*) permite ainda chamar comandos de forma muito mais rápida (McLoone, Hinckley & Cutrell, 2003). A automatização das habilidades da memória processual é descrita *lei da prática*: A equação $T = AP(b)$, em que T é o tempo de actuação de uma tarefa, P tem a ver com a prática, e o múltiplo A e o expoente b estão na forma de informações observados (MacKenzie, Kober, Smith, Jones & Skepner, 2002). Os *layouts* de teclados alternativos como *Dvorak* oferecem cerca de 5% de ganhos em termos de desempenho, mas o poder da lei da prática mostra que este pequeno ganho pode ter um custo substancial em termos de tempo de retorno.

Podemos detectar, armazenar e chamar os nossos esforços musculares, posições do corpo e movimentos para construir destrezas. Tal é designado de memória motora ou cinética, e é envolvido em conhecimentos como andar de bicicleta, como nadar, como improvisar ao piano. A memória motora joga um papel determinante em todas as formas de interacção. Os movimentos armazenados na memória são rapidamente recuperados por acção de reflexo

quando são necessárias. As coisas que guardamos na nossa memória motora representam uma experiência de aprendizagem fundamental porque eles estão intrinsecamente ligados a uma dimensão física. A memória motora é um factor de particular importância para os dispositivos de interacção. A natureza da interacção deve ser tida em conta e poderemos então perspectivar conceitos de interacção inovadoras que permitam interpretar os gestos do utilizador no processo de *design*. Dessa forma a interacção táctil e auditivo adicionais tornarão possível operar os dispositivos sem ver (Zwick, Schmitz & Kuhl, 2005).

As interfaces tradicionais de *GUI* empregam a mesmas acções corporais para a grande variedade de tarefas, esta universalidade é ao mesmo tempo uma força e uma fraqueza. Permite o controlo de numerosas aplicações, entretanto, para determinadas aplicações, a memória cinética pode apenas ser elevado para um nível limitado de acções que são fundamentais. Transmitindo acções dedicadas para diferentes funções de uma interface de utilizador, pode-se obter melhores resultados da memória cinética (Klemmer; Hartmann; Takayama, 2006).

A aprendizagem motora influencia em mecanismos específicos relacionados com o seu armazenamento, designada de memória associativa, que compreende a aquisição e desenvolvimento de habilidades motoras através da repetição de gestos proporcionando a mecanização do movimento. A sua organização deve-se, possivelmente, à plasticidade no núcleo cerebral. Com a extinção de sua prática, ao readquiri-lo, seu processo ocorre mais aceleradamente do que a aquisição original. Assim, a memória motora é importante, não somente para, posteriormente, executar a mesma actividade com maior facilidade; como também, na aprendizagem de novos gestos que possuem movimentos similares.

6. INTERFACES HÁPTICAS

“O corpo humano tem 200 junções. 56 deles estão nas mãos!”

*“Touch is one of the most intuitive things in the world,”
“Instead of being one step removed, like you are with a mouse and keyboard, you have direct manipulation.
It’s a completely natural reaction to see an object and want to touch it.”
(Jeff Han)*

No contexto actual, usamos o termo toque quase sempre para se referir as sensações cutâneas, ou à percepção táctil. Durante a interacção com os objectos físicos, animais ou outras pessoas, o toque (contacto físico) constitui um evento de extrema significância. O sistema háptico humano joga um papel importante na interacção humana. Os sentidos hápticos são capazes de várias sensações e actuam no ambiente e constituem uma parte indispensável de grande parte das actividades humanas.

O sentido de tacto é um importante canal sensorial do ser humano, é o mais interactivo de todos, e ao contrário da visão ou da audição, é bidireccional. Todas as pessoas aprendem melhor através da interacção táctil com os materiais. O relacionamento humano com o computador, tem vindo a ser predominantemente táctil (através do teclado, interface gráfica, rato, mesas digitalizadores, *pen*, ecrãs com sensibilidade táctil, etc.) e caracterizado pela tendência simplificadora das opções *sim/não*. Mas isso irá, por certo, tal como no relacionamento/comunicação entre as pessoas²⁸, contemplar a voz, e mesmo vários aspectos sensoriais, com toda a carga comunicacional que daí advém. Pode-se considerar por exemplo o protagonismo dos gestos e da expressão facial e vocal no que respeita à comunicação verbal²⁹.

As interfaces hápticas constituem uma nova área que emergiu da estreita interacção entre a robótica e a computação gráfica, para criar interfaces imersivas. A origem do termo háptico encontra-se na expressão grega *haptikós*³⁰ que designa o acto de fazer contacto. O termo é ainda utilizado para designar a ciência do toque, que se dedica ao estudo da pressão, da textura, da vibração e de outras sensações biológicas relacionadas com o toque. Muitas tecnologias relacionadas com esta ciência tem sido empregues na aeronáutica, nos vídeojogos e simuladores (de voo, cirúrgicos, etc.).

As interfaces hápticas permitem a comunicação humano-máquina através do toque. Ao contrário das interfaces tradicionais que privilegiam a informação visual e auditiva, as interfaces hápticas geram sinais mecânicos que estimulam os sensores de tacto humanos. Por outro lado, estas interfaces, fornecem os meios necessários para que as pessoas possam actuar no seu próprio ambiente. A maior parte das tarefas humanas envolvem capacidades sensoriais-motoras, o que na verdade não é aproveitado pelas interfaces típicas de um computador, com a excepção do rato. As interfaces hápticas pretendem reduzir esta limitação.

As entradas com os sistemas hápticos são feitas a partir de saídas e ecrãs e de acção motora

28 Os estudos apontam para um protagonismo de 83% no que respeita à visão, 11% à audição e apenas 1,5% ao tacto.

29 Furtado, G. (2004) Notas sobre o “*Design de Interface*” — designar a simbiose bio-técnica ou o desejo de desaparecimento. In: *404nOtF0und* — Publicação do Ciberpesquisa — Centro de Estudos e Pesquisas em Ciberultura, ano 4, vol. 1, n.º 37, Fevereiro, 2004 [em linha]. Disponível em <http://www.facom.ufba.br/ciberpesquisa/404nOtF0und> [Consultado em 15.02.2007].

30 *Haptikós* — próprio para tocar, sensível ao tacto..

nas quais as variáveis primárias de entrada/saída constituem o deslocamento e a força. As informações sensoriais hápticas dividem-se em duas: informação táctil e informação cinética. A sensação de contacto inicial é dada pelos receptores de toque da pele, que fornecem também informações no contacto com a geometria e textura da superfície do objecto. Em geral, a sensação táctil e cinética ocorrem simultaneamente. Para que a mão possa manipular os objectos, movê-los na horizontal ou na vertical, rodar o sistema háptico precisa de usar comandos da acção motora que exerce forças nos objectos. Como não são necessariamente controlados por computadores, então, todos os dispositivos de entrada hápticos podem ter de alguma forma diversas saídas em forma de *feedback* táctil ou cinética. Os interfaces hápticos e a sensação táctil jogam assim um papel importante na discriminação e manipulação dos objectos. Em muitas situações é ainda uma tarefa indispensável para o seu desempenho (Wang & Yao, 2004).

Podemos tocar nas coisas e os nossos sentidos “dizem-nos” que as nossas mãos estão a tocar em alguma coisa. Mas a nível dos computadores, grande parte dos dispositivos de entrada ainda não têm a capacidade de detectar quando o utilizador toca-os ou coloca-os numa determinada posição. Desta forma, aplicar sensores de toque aos dispositivos de entrada de dados aumentará consideravelmente as possibilidades de novas técnicas de interacção. Estes dispositivos são indiferentes ao contacto humano no sentido em que ao fazer um contacto físico, ao manter o contacto, ou ao quebrar o contacto não provocam reacções visíveis em muitos *softwares*, é neste sentido que poderão vir a oferecer muitas novas possibilidades de interacção.

O *feedback* táctil e de força trouxeram importantes modalidades sensoriais que eram pré-requisitos de muitos tipos de interacção. Sem estas modalidades, não seria possível as aplicações que requerem interacções precisas ou mais complexas ou entre os utilizadores não presentes fisicamente no mesmo local. As actuais interfaces de tecnologias hápticas podem suportar muito poucos tipos de *feedback* e força táctil embora já muitos investigadores estejam a insidir no desenvolvimento e uso de *feedback* táctil.

Entre as novas tecnologias hápticas encontramos os ecrã táctil com capacidade para apresentar força de contacto, textura, vibração, e sensação térmica. As pesquisas em *feedback* táctil encontram-se ainda no seu estado inicial e muitos protótipos tem sido desenvolvidos com o propósito experimental de demonstrar como estas sensações ainda estão numa fase bastante primitiva e testar a forma como elas podem ser geradas. Os dispositivos de visualização táctil dispõem de sensações em áreas bastante limitadas, normalmente na ponta dos dedos. Uma grande variedade de tipos de actuadores tem sido aplicados, incluindo tecnologias de *Shape Memory Alloy*, tecnologia pneumática, tecnologia electromagnética e *piezo-electrico* e nenhuma tecnologia singular surge capaz de suportar todos os tipos de *feedback* táctil. São necessárias, no entanto, estudos que possam identificar os mais pertinentes tipos de *feedback* para aplicações específicas assim como as mais apropriadas tecnologias de visualização. Mais evidências da imaturidade das tecnologias de *feedback* táctil é dado pelo não existência de modelos de *software* em geral que podem ser usados para determinar a sensação necessária

para gerar uma determinada interação com o ambiente; com a exceção da força de contacto, trabalhos em desenvolvimento como modelos foram iniciados.

Dado que a sensação táctil depende de um grande número de propriedades físicas (como geometria microscópica, coeficiente de fricção, elasticidade cinética, e condutibilidade térmica), estudos empíricos são importantes na determinação da precisão necessária para ser modelado na representação prática de por exemplo textura das superfícies. Muitos das informações psicológicas básicas necessárias para manter uma interface táctil no Ambiente Virtual estão disponíveis, embora existem lacunas que precisam ser resolvidas. Existe, por exemplo, falta de dados na capacidade humana para detectar diferentes texturas das superfícies e complexos padrões, e para detectar objectos falsos.

Os actuais aparatos têm a habilidade de encontrar o limite táctil humano para detectar variados contactos, erros, padrões, vibrações, e sensações térmicas. O valor mínimo de largura de banda com que a mão humana pode captar a força é de 20–30 Hz e a maior de exposição táctil deve se orientar por estes requisitos. Dispositivos de apresentação baseados em Pin são, teoricamente, capazes de ter diferentes configurações que podem ser sentidas, desde dispositivos actuais com um pin de cerca de 1 mm e espaço entre os pin de 1,5 a 3 mm. No caso das vibrações, os aparatos de exposição tem de ser eventualmente dividido entre operadas a baixa frequência (<20Hz) e frequência média (~200 Hz), estes último grupo é capaz de apresentar forças de contacto. Enquanto algumas experiências tem mostrado a habilidade de no final das contas um expor para ter vibrações que permitem a manipulação de objectos, sem aproximar a largura de banda recomendada para permitir habilidades de tarefas de manipulação. Em termos de espécie de frequência, a maior espécie permitida por qualquer dos aparatos de exposição é 6–100 Hz. Finalmente a exposição da temperatura é similar em expor uma resolução de temperatura de 1°C que permite um bom suporte do JND humano. Variam em temperaturas que podem ser expostas com dois ou tres exposições capazes de permitem temperaturas bem em excesso do que é igualmente para ser necessária, o que é a temperatura fora do limite da dor humana. Quatro produtos de *feedback* táctil se encontram disponível no mercado. O *CyberTouch*, o *Touchmaster*, e o *Tactools System* dispõem de *feedback* táctil que são incorados nas pontas das unhas para permitir *feedback* no contacto com o objecto.

Os sistemas de sensação de temperatura deslocadas geram *feedback* termíco, através de *display* em contacto com a ponta dos dedos do utilizador. Reflectindo o estatuto imaturo nesta área, todavia, estes produtos são todos primeiramente dispositivos de exposição com interfaces de *softwares* primitivos que requerem um controlo explícito por parte dos utilizadores no dispositivo. Esta primeira geração de produtos são mais apropriadas enquanto ferramentas de pesquisa. Esta é uma área relativamente activa de pesquisas e muitos progressos em endereçar os assuntos levantados sobre aquilo que pode ser feito nos próximos anos. A comunicação háptica com os computadores abre oportunidades completamente novas. As interfaces hápticas têm sido largamente utilizadas nos mais diversos campos tais como: militar, espaço, robótica submarina, tarefas ambientes não estruturados ou hostis.

7. CONCLUSÃO

Terminada a primeira parte deste estudo, sintetizemos o que nela foi abordado. Foram discutidas essencialmente questões genéricas a nível da interacção física e dos dispositivos de interacção humano-computador, de forma a se perceber todo o seu contexto, com um destaque particular para os dispositivos de entrada. A partir daqui foi possível tirarmos algumas importantes conclusões:

A investigação na área de interacção humano-computador surge de uma necessidade de técnicas de interacção mais avançadas, que se expande rapidamente numa vasta área de investigação em rede e à uma escala mundial e que se vai estabelecendo como um domínio interdisciplinar numa estreita ligação com diversas áreas teóricas e experimentais.

No entanto, a interacção física tem sido caracterizada fundamentalmente por uma certa negligência no que diz respeito à interacção humano-computador e foi necessário um longo período de tempo, para que os estudos deixassem de ser direccionados apenas às questões de *hardware* e *software*, a fim de se começar a abordar assuntos ligados à usabilidade de forma mais sistemática.

Neste contexto, surge o conceito de interface humano-máquina como parte de um artefacto que permite a um utilizador controlar e avaliar o funcionamento deste mesmo artefacto, através de dispositivos sensíveis às suas acções e capazes de estimular a sua percepção.

Na realidade, o *design* de interacção procura não só estabelecer um diálogo entre produtos e pessoas, mas também com todo o contexto físico, cultural e histórico, no sentido de antecipar o uso dos produtos e a forma como afecta as pessoas e isso envolve não somente o *design* de objectos materiais mas também imateriais. Saliente-se que o *design* e o desempenho das interfaces continuam a ser vistos como um factor crítico no desenvolvimento dos sistemas informáticos.

A interacção humano-computador há muito que se centrou em técnicas e modalidades de interacção, como o teclado e o rato, que falham por serem demasiado limitados, gerando assim, muitas vezes, problemas de utilização, por sua inadequação quer ao ambiente quer às próprias características do utilizador. Por outro lado, tem havido sempre uma fronteira distinta entre a entrada e saída no domínio da literatura computacional e já existe no mercado uma grande variedade de dispositivos de entrada.

Dos principais dispositivos de entrada existentes no mercado, salientam-se o teclado, os dispositivos apontadores como rato, mesa digitalizadora, *touch-screen*, *joystick*, *trackball* e, ainda, os dispositivos de reconhecimento de caracteres e de voz, *eye-trackers* e dispositivos 3D. Existem, no entanto, diversos dispositivos simultaneamente de entrada e saída de dados, sendo os mais correntes os relacionados com a realidade virtual e com o entretenimento.

A utilização de reconhecimento de voz e de escrita manual permitirá derrubar as barreiras que teclados, ratos e GUIs impõem à comunicação natural com o computador. Nos últimos anos, os avanços técnicos têm conduzido a uma intensa pesquisa em sistemas *multi-touch*, que

funcionam como dispositivos de entrada e saída de dados. Releva, neste quadro, o fenómeno do *iPhone*, com as suas importantes inovações, apontado como um marco importante a nível da futura interacção gestual.

Actualmente os dispositivos de entrada de dados de computador são quase indiferentes ao contacto humano e não provocam reacções visíveis. Assim sendo, os dispositivos de entrada poderão oferecer muitas novas possibilidades de interacção. Neste capítulo, apontamos as novas interfaces imersivas designadas de interfaces hápticas, que jogam um papel importante na discriminação e manipulação dos objectos, permitindo a comunicação humano-máquina através do toque.

A forma como as pessoas usam os computadores tem-se alterado dramaticamente nas últimas décadas. Hoje encontramos uma crescente preocupação por parte da indústria na miniaturização dos dispositivos, assim como na valorização de interfaces humano-computador, cada vez mais adequadas às necessidades dos utilizadores. O teclado vem perdendo, gradual e paulatinamente, a sua relevância enquanto dispositivo de entrada, com o advento de novos dispositivos de interacção que alteram as formas de interacção humana com o computador.

Segunda Parte: O Teclado

A segunda parte da dissertação centra-se essencialmente na questão do teclado e tenta ilustrar este dispositivo de entrada nos seus mais diversos aspectos, analisando todas as suas especificidades. Apresentamos no início os diferentes métodos de entrada de texto, assim como a estrutura e o funcionamento do teclado. De seguida, são abordados os aspectos históricos que partem do aparecimento das máquinas de processamento de dados com particular realce para a máquina de escrever, os cartões perfurados, as máquinas de fundição tipográfica, o telipo, até ao surgimento dos primeiros computadores.

Um breve estudo sobre o design e os diversos layouts do teclado levam-nos para a análise dos aspectos ergonómicos com particular ênfase para a variadíssima gama de teclados alternativos existente. O ponto culminante deste estudo confronta-nos com novas formas de interacção e as profundas mudanças que se confirmam em todo o paradigma da interacção humano-computador oscilando entre a transparência e a opacidade. Esta oscilação constitui a chave para o entendimento de todo o processo histórico. A nossa reflexão visa ainda o papel dos dispositivos portáteis dentro deste contexto e bem assim o processo de miniaturização dos dispositivos computacionais.

Concluimos esta unidade com a apresentação das principais inovações tecnológicas e uma breve observação ao futuro da interacção humano-computador analisando as questões da computação ubíqua e da computação pervasiva.

1. MÉTODOS DE ENTRADA DE TEXTO

“Keyboards and typewriters have been in use for well over 100 years (Yamada, 1980). With the advent of speech recognition technology, it is tempting to believe that this is going to change, and that keyboards will soon become irrelevant. But a recent study revealed that, when error correction is included, keyboard-mouse text entry for the English language is more than twice as fast as automatic recognition of dictated speech (Karat, Halverson, Horn & Karat, 1999). Furthermore, speaking commands can interfere with short term memory for words (Karl, Pettey & Shneiderman, 1993), so even perfect speech recognition will be problematic for some text entry tasks. Thus keyboards will continue to be widely used for text entry tasks for many years to come.”

Ken Hinckley

Quando se fala em entrada de texto, as pessoas têm a tendência imediata de associar ao teclado e centrar a discussão nos vários tipos de teclados que existem, embora seja preciso ter em atenção que existe um largo espectro de técnicas e tecnologias de introdução de texto e, mais importante, somos forçados a reconhecer que existem várias alternativas que se podem igualmente escolher. Desde a entrada através do reconhecimento da fala, a entrada de escrita com o reconhecimento de caracteres que usam os dedos e pen ou a escrita cursiva ou manual com dispositivos como *touch-screen*, *eye trackers*, *joysticks* e *trackballs*, linguagens por sig-nos que usam câmaras de vídeo ou luvas até logaritmos de computadores em que o resto da frase é automaticamente deduzido e completo (Sears, Shneiderman, MacKenzie).

Desde os primórdios, o ser humano sentiu sempre a necessidade de registar as suas ideias, começando por fazê-lo nos mais variados suportes, desde o barro, papiro, pergaminho até chegar ao papel. Apesar do advento da era digital, o papel ainda se mantém no como o elemento fundamental da fixação do conhecimento humano. O termo escrever, na realidade, pode ser usado para descrever dois processos distintos: por um lado, um processo psicológico de construção de peças literárias e, por outro, um processo físico de construção de letras, tradicionalmente feito pelas mãos com o uso de uma caneta (Olsen, 2007).

No entanto, um escritor escreve cada vez mais no computador. Esta acção de escrever num computador associado ao teclado é normalmente designado como teclar ou digitar e divide-se em cinco fases designadamente: o reconhecimento de caracteres, o armazenamento, a actividade motora, o *keystroke* - pressionar a tecla – e o *feedback* - resposta (Cooper, 1983).

O reconhecimento de caracteres é quando o utilizador reconhece as letras no teclado, o armazenamento é o processo pelo qual o teclista aprende onde a próxima tecla está para poder escrever sem olhar, isso não tem apenas a ver com o conhecimento do layout do teclado mas também com saber que tecla deverá pressionar depois (possivelmente quatro a oito caracteres ao mesmo tempo), a actividade motora consiste no movimento dos dedos para as teclas, o *keystroke* é a pressão necessária para activar a tecla e é essencial para detectar os erros e os poder corrigir (Olsen, 2007). Escrever no computador acaba por ser no fundo um processo de transferência manual de dados da mente humana para um dispositivo electrónico, que tem dois aspectos igualmente importantes. Por um lado, o processamento de informação humana e, por outro lado, o computador. Ambos têm as suas próprias características que podem ser aproveitados para o desenvolvimento de um método de escrever (Isokoski, 1999).

Existem quatro métodos que podem ser utilizados para a introdução manual do texto no computador: digitar o texto num teclado físico; seleccionar os caracteres de um teclado (*soft keyboard*, teclado virtual) do ecrã; falar através de um microfone (reconhecimento da

voz) e escrever os caracteres com um sistema baseado numa *pen* (reconhecimento de texto). Destes, os primeiros dois usam um teclado, os restantes usam a tecnologia da linguagem humana. Assim sendo, dependendo da situação, a entrada é feita ou pelo teclado ou pela linguagem humana: existem diferentes tarefas e operações do utilizador, diferentes sistemas de aplicações, diferentes saídas e, também, diferentes problemas de usabilidade.

1.1. ENTRADA DE TEXTO BASEADA NA LINGUAGEM HUMANA

O método para inserir o texto no computador baseado na linguagem humana usa o processo natural de comunicação, em vez dos tradicionais dispositivos como o rato ou o teclado. Os dois métodos mais importantes são: a voz e a escrita manual feitos através de um microfone ou de uma mesa gráfica com entrada de texto através da linguagem humana em que o utilizador simplesmente escreve ou fala no ou para o computador. A complexidade da entrada de texto pela linguagem humana começa, no entanto, a partir do momento em que o sistema de saída requer uma máquina de leitura de texto (ex. ASCII). Nesse caso, a linguagem humana tem de ser transformada em algarítmicos, de modo a poder ser reconhecida pelo computador.

Quando a entrada de texto através da linguagem humana começa a ser reconhecida é designada de método de entrada de texto baseado no reconhecimento. Tanto o reconhecimento da voz, como o reconhecimento da escrita manual, tem sido desenvolvido através de pesquisas científicas sobre a tecnologia da fala humana que usam o reconhecimento de algoritmos na conversão de formas da linguagem contínua em caracteres desconhecidos. A linguagem humana, ao ser captada através de um dispositivo digital (microfone ou mesa gráfica) é posteriormente transformada em sinal digital que é depois sujeito a uma série de processos algarítmicos. O sucesso do processo de reconhecimento depende sempre da precisão do processo algarítmico. Um dos métodos, que permite aumentar essa precisão, consiste em limitar o sistema e o utilizador no uso de apenas uma pequena parte do texto ou carácter.

Muitos sistemas de reconhecimento da fala usam também um pequeno dicionário para facilitar o correcto uso dos dados de reconhecimento. As aplicações de comando e controlo da fala são exemplos de interfaces de reconhecimento da fala, onde podem ser encontrados dicionários de palavras disponíveis (Damper & Trancjant, 1996). Uma outra aplicação de reconhecimento da fala comum é o sistema de diálogos em que as frases mais significativas no texto são apresentados pelo sistema e o utilizador apenas tem que apontar uma palavra ou pequenas frases como respostas (Bernsen et al., 1998). Para o uso do reconhecimento baseado em sistemas de escrita livre, o dicionário não pode conter uma variedade muito grande de palavras, pois isso torna difícil a sua implementação (Frankish et al., 1992).

A escrita manual é usada normalmente apenas para reconhecimento contínuo (Olsen, 2007). Note-se que estudos sobre a entrada de texto de reconhecimento de escrita manual ainda são claramente deficientes e as possibilidades oferecidas pela tecnologia de *pen* e mesas digitais indicam por seu lado que a interacção feita com *pen* tem muito mais potencial.

1.2 ENTRADA DE TEXTO ATRAVÉS DO TECLADO

A entrada de texto baseada no teclado produz directamente máquinas de leituras de textos normalmente em forma de caracteres ASCII. Existem vários métodos de entrada de texto baseados no teclado: muitos deles tem a forma física e outros são teclados virtuais ou *soft keyboard*. Pode-se ainda apontar um dispositivo não físico incluindo métodos de *eye gaze* e, com um rato, seleccionar um determinado carácter e poder efectuar através do uso de uma tecla de cursor (Olsen, 2007). Entretanto, muito das pesquisas sobre a entrada de texto no teclado, actualmente, centram-se essencialmente nos telemóveis, onde a problemática tem particular interesse (MacKenzie and Soukore, 2002). O teclado alfabético completo é o mais usado dos dispositivos de entrada de texto no computador.

A posição das letras nestes teclados pode variar, assim como as posições físicas das teclas. Dois das mais comuns variações de letras são o teclado QWERTY e o teclado *Dvorak*. Estes podem ser apresentados em *layouts* ergonómicos como os melhores dentro das formas mais convencionais. Muitas pessoas compõem os seus textos através de um teclado QWERTY e de um *software* de processamento de texto que permite auxiliar e corrigir tanto a nível gramatical, como a nível da ortografia e da pontuação. Não só é criado o texto com o *software* de processamento de texto, como ainda torna-se possível fazer todas as revisões necessárias e editar o trabalho escrito.

Um dos principais usos da tecnologia do computador é precisamente a dução da escrita. É bastante comum associar-se a escrita ao processador de texto, mas muitas tarefas de escrita no computador são realizadas com o uso de outro tipo de *software*, actividades das quais fazem parte a escrita de *e-mail*, as conversações em salas de *chats*, os *messengers* e até fazer pesquisas no Google. O efeito do uso da tecnologia de processador de texto tem sido bastante explorado e analisado pelos investigadores.

Alguns estudos efectuados sobre a forma como a escrita se tem modificado, ao longo dos vários anos desde quando apenas era feito com a caneta, depois com um teclado QWERTY e, mais tarde, com um sistema de reconhecimento da fala, revelam que embora a forma como os escritores trabalham se altera com as diferentes tecnologias, estas não têm grandes efeitos a nível de estilo de escrita que se mantém quase inalterável durante todo esse tempo.

Embora a maioria dos estudos sobre as tecnologias de escrita tenham focado apenas o efeito que o processador de texto tem no sistema de escrita, Alguns alguns estudos importantes realizados indicavam que o uso do processador de texto está bastante associado a uma grande motivação e entusiasmo (Hawisher, 1987) e que os utilizadores dos processadores de texto são mais motivados para escrever e tem menos irritações (Kurth, 1987; Teichman and Poris, 1985). Contudo, a literatura em torno do processamento de texto geralmente não leva muito em conta todo o processo de inserir o texto no *software*, tende a colocar mais enfoque na revisão e confirmar os aspectos de gramática (Olsen, 2007).

Existem, no entanto, vários métodos importantes que podem ser usados para inserir texto, um deles, a escrita à mão, não tem merecido muita atenção por parte de investigadores. A

comparação entre a escrita com o uso de lápis e papel e a escrita com teclado QWERTY. Um estudo (Murchie and Kenny, 1998) comparou o teclado, caneta de luz e entrada de voz para inserção de dados. Este estudo demonstrou que o teclado era o mais eficiente dos três e que a entrada de voz resultava em muitos erros. Trabalhos mais recentes do autor (Olsen et al., 2001) têm contudo descoberto que o reconhecimento da voz, altamente eficiente (15 palavras por minuto) era de pouca precisão (menos de 50% de precisão). O mesmo estudo identificou algum potencial nos *softwares* de reconhecimento da escrita manual com a ocorrência de 80% de média com um tempo de entrada semelhante para ao teclado QWERTY. Por outro lado identificou que o uso do rato com um *soft keyboard* não trazia grandes vantagens em relação à entrada do teclado QWERTY ou entrada da escrita manual. Um outro estudo comparou a escrita no computador e a escrita no papel com lápis ou caneta e demonstrou que os estudantes que escrevem no computador produzem significativamente melhores trabalhos que os que usam caneta e o papel (Lam and Pennington, 1995).

1.2.1. Entrada com as Duas Mãos

A interacção física com o teclado é feita predominantemente com as duas mãos. As duas mãos assumem assim o papel não só de suporte e de movimentos como ainda de elemento principal no controlo das operações realizadas em simultâneo. A interacção com as duas mãos é encontrada também nas consolas de jogos portáteis e em diversos outros dispositivos de entrada. Muitos jogos têm o seu principal enfoque na reacção rápida dos jogadores, assim as capacidades motoras das duas mãos são utilizadas simultaneamente. (Zwick, Schmitz&Kuhl, 2005).

As pessoas usam ambas as mãos para realizar a maioria das tarefas do seu dia-a-dia, mas para as interfaces de computador fazem pouco uso da mão não preferencial em quase todas as actividades que não sejam apenas de digitar. A entrada bimanual permite desempenhar as tarefas de entrada como navegação/selecção em que o utilizador pode fazer um scroll com uma mão enquanto usa a outra mão a manusear o rato (Buxton&Myers, 1986). Assim, a mão não preferencial toma primazia (*scrolling*) na localização do documento e a acção com a mão preferencial é para seleccionar um item na página com o rato.

Outras aplicações de entrada bidimensional incluem a selecção de comandos, ferramentas de desenho, o controlo de câmaras virtuais e manipulação. A integração de botões adicionais e controlos com teclados pode impulsionar a interacção bidimensional e aumentar a eficiência de algumas das tarefas mais comuns. Movimentos complexos feitos pelas duas mãos são armazenados na “memória motora”. Assim podem ser chamadas como uma acção de reflexo quando necessárias.

2. ESTRUTURA E FUNCIONAMENTO DO TECLADO

Fisicamente, o teclado é composto por botões de formas retangulares ou semi-retangulares designadas de teclas. O teclado típico tem normalmente os caracteres gravados e ou impressas nas teclas e em muitos casos, cada pressão das teclas corresponde à escrita de um único símbolo. Para produzir alguns símbolos por vezes é necessárias a combinação de várias teclas simultaneamente ou em sequência.

Com a utilização do teclado podem comunicar-se ordens, programas e dados ao computador, introduzir textos, ter acesso aos documentos, jogar e realizar uma série de tarefas. O teclado de computador pode ter diferentes teclas dependendo do seu fabricante, do sistema operativo para o qual foi concebido, ou ainda se encontra num *desktop* ou num computador portátil. Contém todas as teclas de uma máquina de escrever convencional, e outras que permitem o controlo do computador ao qual se encontra ligado.

Grande parte das teclas são designadas de *keycaps* e têm todas o mesmo tamanho e forma. A maioria dos teclados tem entre 80 e 110 teclas que incluem: teclas de escrever, um bloco reservado as teclas numéricas para facilitar a introdução dos dígitos e as teclas de funções. Todas essas teclas encontram-se em quatro áreas com objectivos distintos: O teclado alfanumérico: a área de digitar; As teclas de função; O teclado numérico e as teclas de navegação O teclado de navegação e o teclado numérico são usados somente com a mão direita.

As teclas de função F são compartilhadas pelas duas mãos. As teclas *shift*, *control* (ctrl) e *alt gr* são usadas em combinação com outras teclas alfanuméricas da área de digitar. Elas devem ser pressionadas quando a outra tecla está a ser usada. As teclas de escrever incluem as letras do alfabeto, geralmente estão posicionadas da mesma forma que nas máquinas de escrever.

Na realidade as combinações de símbolos, teclas e funções tem vindo a aumentar bastante, o que torna o teclado pouco prático para funções específicas e nas quais os dados a introduzir sejam em pequeno número. No entanto, apesar de ser pouco prático em ambiente específico, é normalmente utilizado devido à sua versatilidade e resistência física. As teclas numéricas, só muito recentemente foram adicionadas aos teclados de computadores devido ao significativo aumento de utilização do computador em muitas áreas de negócios. Foram adicionados ao computador uma série de 17 teclas, a maior parte delas de números que foram organizados com a mesma configuração que se encontravam numa calculadora.

As teclas de funções ou de controlo de aplicações e sistemas de operações podem então ser acedidos através de comandos específicos para função de teclas. As teclas de controlo mais comuns são: *home*, *end*, *delete*, *PageUp*, *PageDown*, *Control*, *Escape* etc. As teclas de controlo permitem o controlo do cursor e do monitor. As teclas de deslocação que formam um T entre as teclas de escrever, o utilizador serve-se destas teclas para posicionar o cursor, o qual pode ser movimentado em qualquer sentido e em pequenos movimentos.

As teclas de deslocamento são as teclas *home*, *end*, *PgUp* e *PgDn*, e utilizadas para movimentação, principalmente do cursor. As teclas de cursor, por seu turno movimentam o cursor no sentido da seta. Também podem ser programadas para outros tipos de movimentos. A tecla Enter é utilizada após digitarmos algo, para dizermos ao computador que a digitação foi

concluída. As teclas de função *F1* até *F12*: são teclas de uso geral determinado pelo programa que estiver sendo executado no momento. As teclas *Ins* e *Del* são utilizadas para inserir e apagar os caracteres.

Existem ainda as teclas de funções especiais que permitem por exemplo com a tecla *shift* mantida apertada, as letras maiúsculas e os caracteres de cima das teclas serão activados. A tecla *Caps Lock (Capitals Lock)* que quando ligada, fixa as letras em maiúsculas, eliminando a necessidade da tecla *Shift* permanecer pressionada. Uma luz se acende no teclado indicando o estado de ligado da tecla. As letras serão sempre maiúsculas até que se desligue a tecla. A tecla *Alt (Alternate)* utilizada em combinação com outras teclas para exercer uma função qualquer definida por programa. Aperta-se a tecla *Alt* e mantendo-a apertada, um breve toque na outra tecla. Da mesma forma que *Alt*, a tecla *Control (Ctrl)* exerce sua função combinada com outra tecla qualquer.

2.1. FUNCIONAMENTO DO TECLADO

Um teclado é um computador em miniatura. Tem o seu próprio processador e circuitos que constituem o *keymatrix* (matriz do teclado) uma grelha de circuitos interligados com as teclas. O microprocessador interno ao teclado percorre continuamente os circuitos ligados às teclas. Ele detecta o aumento ou a diminuição da tecla que foi pressionada. Ao detectar uma destas alterações, o microprocessador pode determinar quando a tecla foi pressionada e quando foi largada.

Dependendo de que circuito leva o sinal da tecla ao microprocessador, este gera um número, denominado código de varredura. Há dois códigos de varredura para cada tecla, um para quando a tecla é pressionada, outro para quando ela é largada. O microprocessador armazena o código em um *BUFFER* de memória temporária do teclado e carrega este código numa porta de ligação para ser lido pela BIOS do computador. De seguida, o microprocessador envia um sinal de interrupção ao processador, indicando que um código está a aguardar. O processador pára o processo e faz a interrupção. A BIOS lê o código de varredura na porta do teclado e envia um sinal ao teclado com a informação de que já pode excluir este código do seu *BUFFER*. Se o código de varredura for uma tecla de deslocamento ou uma tecla especial como *Ctrl*, o BIOS altera dois bytes numa área especial da memória para manter um registo de qual dessas teclas foi pressionada. Senão, a BIOS verifica os bytes e determina a situação dessas teclas. A BIOS traduz o código para o ASCII usado pelo computador, que representa um carácter, ou para um código de tecla de deslocamento ou uma tecla especial.

A função de um teclado e os circuitos a ele associados é de fornecer o código binário de cada tecla para processamento. Quando o teclado apresenta poucas teclas, a conexão das mesmas é feita de forma a interligar um dos seus terminais, enquanto o outro é ligado a um circuito de codificação. Entretanto, quando o número de teclas é elevado, como ocorre nos teclados alfa-numéricos, esse método não é recomendável devido à grande quantidade de entradas que o circuito de codificação teria que aceitar. Nesse caso, é aconselhável utilizar a técnica de conexão matricial das teclas. Esse tipo de conexão é vantajoso pelo facto de utilizar me-

nos interligações, embora necessita de mais componentes. Basicamente, um teclado matricial pode ser implementado de quatro formas: Com circuitos dedicados; Com periféricos inteligentes e programáveis, acopláveis directamente a microprocessadores (por exemplo, o componente 8279, da Intel).

2.3. CODIFICAÇÃO DE CARACTERES

O teclado permite ao utilizador inserir dados no computador através dos números e das letras vulgares do alfabeto. O *software* do sistema de tratamento de dados existentes no computador transforma automaticamente cada carácter numa série de dígitos binários, os quais podem por sua vez ser processados. No entanto, um dos grandes problemas do teclado moderno tem a ver com o facto de existirem mais caracteres para serem escritas do que as teclas que as escrevem.

Os primeiros computadores tinham enormes limitações em termos de capacidade de memória, e, portanto, havia uma certa dificuldade em memorizar todos os símbolos aceites em termos de escrita. Inicialmente foi criado ASCII um conjunto de códigos para o computador representar números, letras, pontuação e outros caracteres que surgiu em 1961, um dos seus inventores foi Robert W. Bemer. O ASCII ou Código Americano Padrão para Intercâmbio de Informações continha 127 caracteres correspondentes a 127 números, uma padronização da indústria de computadores, em que cada carácter é manipulado na memória discos, sob forma de código binário formado por todas as combinações possíveis de 7 *bits*, existindo várias extensões que abrangem 8 ou mais *bits*.

Devido à enorme proliferação dos computadores nos finais dos anos 80, o código ASCII se tornou então insuficiente, já que a maioria dos países usa letras acentuadas, e ideogramas com mais que 127 caracteres. Isso levou muitos países a criar os seus próprios conjuntos de caracteres, muitos deles baseados no ASCII, mas usavam todos os 8 bits de um byte inteiro (128 caracteres extras), para manter a compatibilidade com o EUA.

Porém, esta situação tornou-se inconveniente, pois há línguas com mais de 255 caracteres, e muitas possuem os mesmos caracteres ou similares, mas não necessariamente com o mesmo valor linguístico. Além disso, tornou-se bastante incómoda a troca de textos entre utilizadores de codificações diferentes, pois os caracteres ficam trocados, com excepção dos primeiros 127 (ASCII). Surgiu então no início dos anos 90 a Unicode para colmatar essa grande falha que existia na indústria informática que tem a ver com a padronização dos códigos. Foi então fundada a organização Unicode Consortium com o objectivo de desenvolver, ampliar e promover o uso do Padrão Unicode, que especifica a representação do texto em *software* e padrões modernos. Depois de muitos anos de trabalho, Joseph D. Becker e outros membros da Xerox e da Apple em 1990 publicaram a Unicode 1.0. Unicode originalmente tinha 16 bits, possibilitando 65535 caracteres. Porém, foi expandido para 32 *bits*, possibilitando 4 biliões de caracteres. O Unicode fornece um único número para cada carácter, não importa a plataforma, não importa o programa, não importa a língua. Adoptado Apple, HP, IBM, JustSystem, Microsoft, Oracle, SAP, Sun, Sybase, Unisys e muitos outros. O Unicode é ne-

cessário para padrões modernos tais como o XML, Java, ECMAScript (JavaScript), LDAP, CORBA 3.0, WML, etc. A forma oficial de implementar o ISO/IEC 10646.

Existe, no entanto, uma clara diferença entre um alfabeto e o conjunto de caracteres usado na sua representação visual. Para a maioria das pessoas, o alfabeto apresenta muito mais informações do que aquilo que pode ser visto no papel. A divisão das palavras em sílabas e depois em fonemas está intrinsecamente ligada ao alfabeto que uma pessoa usa para aprender a linguagem. Este processo interno que é importante para compreender a linguagem e traçar de forma fluente, os sons, as semânticas e o texto não está necessariamente ligada a forma do alfabeto. Enquanto as implicações no alfabeto tem substância para além de uma dada representação visual pode não parecer claro a primeira vista.

Comparando por exemplo, a forma de um *R* grande e um *R* pequeno. Uma pessoa não instruída na aparência do alfabeto latino moderno podia provavelmente dizer que eles representam letras diferentes. Todavia, como se sabe eles traçam ambos o mesmo fonema e podem, em muitos casos, serem entendidas exactamente da mesma maneira. Com um pouco de imaginação pode-se esboçar um mundo imaginário onde a estrutura fonética e gramatical do inglês poderia ser exactamente a mesma, mas onde a aparência visual do alfabeto é totalmente diferente. Em certas linguagens são usados dois ou mais sistemas separados de escrita. Casos como o servo-croatas onde são usados o alfabeto cirílico e latino, partilham as mesmas características. Noutros, como japonês, os conjuntos de caracteres são completas e independentes, mas são usados juntos com muita frequência.

Quando consideramos a multiplicidade das formas que uma palavra pode tomar no Japão, podemos notar que os números de diferentes representações podem ser multiplicado pelo menos por dois porque as representações da escrita manual podem ser substancialmente diferentes. Assim parece que algumas pessoas podem ter mais do que uma ou dois sistemas de escrita para uma linguagem. Quando usamos um teclado, o traço é entre linguagem e a série de comandos necessários para causar o sistema motora para pressionar um determinada tecla ou combinação de teclas (Isokoski, 1999).

3. ORIGENS E EVOLUÇÃO DO TECLADO

A genealogia do teclado constitui uma das afiliações históricas ou ressonâncias onde podemos encontrar por um lado os princípios computacionais e por outro uma herança da máquina de escrever. Tanto as calculadoras mecânicas como a máquina analítica constituem o que poderíamos designar de pré-história dos instrumentos dedicados ao cálculo matemático, na trajetória do esforço humano para resolver os problemas mais complicados e assim sendo, os precursores do próprio teclado.

No entanto é legítimo considerar a invenção da máquina de escrever como ponto de partida não só devido a sua importância mas também por questões metodológica e de enquadramento temporal do próprio estudo. Não podemos esquecer, contudo, que existem muitas outras invenções que podem também, legitimamente, reivindicar o seu papel na construção histórica do teclado.

A máquina de escrever tem sido usado há mais de 100 anos, as máquinas de escrever eléctricas vieram substituir as máquinas manuais, os dispositivos de processamento de texto electrónicos vieram por sua vez substituir as máquinas de escrever eléctricas, e fotocompositores controlados pelo computador vieram suplantar as máquinas de *Linotype*. Para além de todos esses avanços técnicos o que se tem permanecido inabalável é um antigo, ineficiente teclado projectado há mais de cem anos atrás.

3.1. CALCULADORAS MECÂNICAS [1642]

A história das calculadoras mecânicas começa no contexto do século XVII quando relações comerciais tornaram-se complexas e apareceram novas necessidades de dispor de instrumentos cómodos e rápidos, capazes de realizar os já complexos cálculos da época. A primeira calculadora mecânica terá sido inventada pelo filósofo e matemático francês Blaise Pascal em 1642. Esta máquina aritmética, apenas permitia realizar automaticamente as operações de somar e subtrair. Em 1673, Gottfried Wilhelm Leibniz propôs uma máquina que, além das operações de somar e subtrair da máquina de Pascal, também dividia e multiplicava. Charles-Xavier Thomas de Colmar construiu em 1820 uma máquina que funcionava de forma correcta, prática, portátil e de fácil utilização, designada de aritmómetro. Foi na realidade a primeira máquina a ser comercializada com grande sucesso com mais de 1500 exemplares vendidos.

O matemático britânico Charles Babbage apresentou em 1834 a sua máquina analítica, hoje de uso universal. Babbage, preocupado com os inúmeros erros que ofereciam as tábuas de logaritmos de sua época, teve a ideia de construir um engenho a que chamou máquina diferencial, capaz de calcular logaritmos com 20 decimais. Esta máquina tinha mais de 25 mil peças, pesava cerca de treze toneladas e tinha uma altura de 2,4 metros. Mais tarde, Babbage concebeu uma máquina mais complexa e diferente chamada de Máquina analítica que já permitia a introdução de dados através de cartões perfurados o que fazia com que os cálculos fossem programados e controlados pelo próprio utilizador.

3.2. CARTÕES PERFURADOS [1801]

Considerado como sendo o mais antigo método de fornecer dados a um computador. Os cartões perfurados foram utilizados para controlar máquinas desde os primórdios da Revolução Industrial. Inventado em 1801 pelo engenheiro francês, Joseph Jacquard, para controlar um tear em que os cartões eram “lidos” por jactos de ar comprimido, os quais impulsionavam por sua vez o mecanismo controlando os fios coloridos que compunham a urdidura do tecido. Os cartões perfurados foram durante muito tempo empregues para variar os desenhos nos tecidos produzidos em teares automáticos. Os cartões empregues nos computadores eram perfurados por uma série de dois ou três buracos para cada símbolo. Cada cartão possuiu geralmente espaço para 80 ou 90 símbolos, o que é suficiente para a maioria das instruções simples. Um programa completo é constituído por uma série de cartões.

3.3. TELÉGRAFO ELÉCTRICO [1816]

A invenção do telégrafo eléctrico foi também um passo importante no processo de construção histórica do teclado. Embora já em 1791, em França Claude Chappe ter demonstrado o seu sistema telegráfico óptico e de a primeira linha de Paris para Lille ter sido construída ainda em 1794, o primeiro telegrafo eléctrico funcional só viria a ser construído pelo Francis Ronalds em 1816, este aparelho, permitia por meio de sinais convencionados, transmitir mensagens rapidamente e à distância, empregando sinais eléctricos através de cabos ou por meio de ondas radioeléctricas.

Outro dos primeiros aparelhos do género surgiu em 1833, inventado por C. F. Gauss e W. E. Weber, em que a interpretação dos signos se fazia pelo desvio da agulha de um galvanómetro. Mas o telégrafo mais antigo foi ideia do Samuel F. B. Morse, em 1837. Em 1855, D. E. Hughes aperfeiçoou o sistema utilizando caracteres de imprensa; E. Baudot e W. von Siemens, em 1876, melhoraram o sistema com um impressor rápido. Muitos inventores do século XIX como Thomas Edison e Alexander Graham Bell iniciaram como operadores de telégrafos. As suas experiências com telegrafistas permitiram-lhes um bom conhecimento de princípios de electricidade, electromagnetismo, dispositivos mecânicos, e ferramentas mecânicas.

3.4. MÁQUINA DE ESCREVER [1862]

A máquina de escrever é claramente uma daquelas invenções que terá marcado definitivamente toda a história das máquinas de introdução e processamento de dados. A ideia da criação de uma máquina capaz de produzir cartas de forma automática remonta já ao século XVIII. Em 1714, a rainha Ana de Inglaterra terá concedido uma patente para um engenheiro chamado Henry Mill, para uma máquina que imprimisse cartas: Uma máquina artificial ou método de imprimir ou transcrever letras, uma atrás das outras, como na escrita manual, pela qual todas as letras podem ser reproduzidas no papel ou pergaminho, tão nítidas e exactas que não se distinguem das impressas.

Já no século XIX com a expansão dos trabalhos nas oficinas e com o uso de documentos que eram feitos de forma manuscrita numa tarefa lenta e bastante aborrecida nos escritórios, se tornava cada mais evidente a necessidade de um processo mecânico de escrita. Em 1829 uma nova patente foi concedida ao inventor dos EUA, William Austin Burt, para uma máquina com os caracteres colocados numa roda semicircular que girava e imprimia contra o papel. Esta primeira máquina de escrever chamada de *typographer* era na verdade muito mais lenta que a escrita manual. No Brasil o padre José de Azevedo concluiu em 1861 um modelo de máquina de escrever funcional e em condições de ser produzido em escala industrial que foi apresentada em 1861, e pelo qual foi premiado por D. Pedro II, em 1862.

No entanto, apesar das várias tentativas de concepção e produção de uma máquina de escrever que fosse prática durante o século XIX, sobretudo entre os anos 1850 e 1860, só em 1868 quando o tipógrafo americano Christopher Sholes patenteou a sua máquina de escrever é que se iria de facto conseguir tal feito. Em 1873 a firma E. Remington and Sons, de Illion, Nova York, fabrica o seu primeiro modelo industrial com a designação *Sholes & Gliddens*, dando assim início à indústria mundial de máquinas de escrever.

Todas as modernas máquinas de escrever são descendentes directos da máquina de escrever *Sholes & Gliddens*. Esta primeira máquina de escrever já apresentava muitas das características da máquina de escrever moderna. A acção das teclas eram muito lenta, e tinha tendências para saltar com muita frequência. Para resolver esse problema, Sholes obteve uma lista das letras mais usadas em Inglês e reorganizou o seu teclado de uma ordem alfabética para que os pares de letras mais utilizadas surgissem mais perto. Sholes na realidade nunca imaginou que a máquina de escrever alguma vez poderia vir a ser mais rápida que a própria escrita manual. O comum na altura era conseguir-se cerca de 20 palavras por minuto. A primeira máquina de escrever, *Sholes & Glidden* usava um teclado QWERTY, e escrevia apenas em letras capitais. Era no entanto uma máquina bastante lenta e ineficiente, em cinco anos apenas conseguiu vender 5000 exemplares.

Em 1878, entretanto, foi introduzida uma nova máquina, a *Remington n.º 2*, que escrevia tanto em letras maiúsculas como minúsculas utilizando a tecla shift. Esta máquina de escrever tornou-se assim num grande sucesso comercial. Por volta de 1909, as máquinas de escrever eram já tão populares que existiam nos Estados Unidos mais de 89 fábricas e pouco a pouco tornaram-se indispensáveis. Depois do grande êxito das primeiras máquinas de escrever *Sholes-Glidden-Remington*, aceites rapidamente por periodistas, escritores e homens de negócios, surgiram vários novos modelos dos quais se destacam a máquina de escrever de Blickensderfer e a máquina de escrever de *Hammond*.

As máquinas de escrever portáteis foram introduzidas por volta de 1912 e foram logo adoptadas por muitas empresas pois ofereciam a maioria das características das máquinas de oficinas de tamanho comum. Para se fazer face ao problema do ruído causado pelo golpe foram introduzidas nos anos que se seguiram a I Guerra mundial a máquina de escrever silenciosa que utilizava o sistema de pressão para efectuar a impressão dos caracteres.

As máquinas de escrever eléctricas, uma das mais significativas inovações surgiram por volta de 1925 desenvolvidas pela International Business Machine (IBM) e tornaram a escrita

mais rápida e cómoda sendo a pressão de cada letra completamente uniforme. Em 1934, a IBM investiu mais de milhão de dólares na pesquisa e desenvolvimento daquilo que seria o primeiro grande sucesso da máquina de escrever eléctrica, a *IBM Model 01*.

O sucesso comercial da máquina de escrever acontece sobretudo porque ela é inteiramente aceite, no mundo dos negócios sem haver grande resistência. O pós-guerra civil nos Estados Unidos acarretou mudanças profundas na estrutura das empresas, as empresas americanas cresceram bastante, aumentaram e expandiram para novos mercados tanto a nível nacional como estrangeiro. No fundo o volume de papéis de escritório, a documentação e toda a demanda de apoio a nível de escritórios aumentou de forma radical o que levou ao alargamento considerável da equipa de funcionários de escritório que na altura dispunham apenas de ferramentas obsoletas. A máquina de escrever não só trouxe muitas novas necessidades em termos de mudanças na concepção de escritório como também eliminou uma série de potenciais problemas. Esta era quando operado por um dactilógrafo treinado e experiente muito mais rápida (e assim mais barato) que a própria escrita a mão.

A introdução do papel químico fez com que duplicar os documentos se tornasse numa rotina, enquanto simultaneamente eliminava as possibilidades de erro das cópias manuais. A máquina de escrever eliminou assim não só o problema da elegibilidade dos escritos manuais, como também os homens de negócios podiam enviar documentos e correspondências, enquanto mantinham as suas cópias duplicadas. Em 1890, 17 anos após a sua introdução no mercado, a máquina de escrever estava em quase todos os escritórios de negócios, na altura não era comum haver empresas que não tinham adoptado uma máquina de escrever. Para as mulheres dactilógrafas era claramente um passo em frente para subir a nível económico e social. Em 1890 mais de 1300 escolas privadas de estenografia e dactilografia existiam por todo os EUA.

A emancipação da mulher no mercado de trabalho bem como o surgimento da profissão de secretária de escritório para as mulheres foi grandemente influenciado pela invenção da máquina de escrever. Ouve na altura uma brusca mudança social marcada sobretudo pelo crescimento e pela complexidade das empresas norte-americanas do pós-guerra. Dos principais factores podemos então destacar: Os benefícios da adopção da máquina de escrever pelas empresas, o relativo baixo salário das mulheres em relação aos homens, o surgimento das escolas com cursos de dactilografia direccionadas exclusivamente para as mulheres; O estatuto e a responsabilidade do empregado de escritório; a educação das mulheres; a neutralidade sexual da escrita da máquina de escrever (Hoke, 1979).

O teclado das máquinas de escrever está disposto de modo a atrasar os dactilógrafos. Quando se inventou a máquina de escrever mecânica, o dactilógrafo conseguia escrever mais rapidamente do que a capacidade de movimento do mecanismo da máquina, o que fazia com que as barras se entrechocassem. Esse problema deixou de existir com as máquinas electrónicas, pelo que surgiram teclados com disposições diferentes.

O teclado das máquinas de escrever está disposto de modo a atrasar os dactilógrafos. Quando se inventou a máquina de escrever mecânica, o dactilógrafo conseguia escrever mais rapidamente do que a capacidade de movimento do mecanismo da máquina, o que fazia com que as barras se entrecocassem. Esse problema deixou de existir com as máquinas electrónicas, pelo que surgiram teclados com disposições diferente.

3.5. MÁQUINAS DE COMPOSIÇÃO TIPOGRÁFICA [1887]

As máquinas de composição tipográfica surgidas no final do século XIX já tinham um teclado que permitia compor o texto. A máquina de composição *Monotype* que foi inventado pelo norte-americano Tolbert Lanston, patenteada em 1887, tinha um teclado enorme de 276 teclas e foi a primeira máquina de compor a gravar os caracteres, sob forma de furos, em uma tira de papel, que iria servir de matriz na máquina em que eram fundidos os tipos, isoladamente, de acordo com a combinação dos furos na tira de papel. Esta máquina de composição tinha duas componentes: uma fundidora de tipos e um módulo de teclado, separado da fundidora.

No módulo com o teclado de 276 teclas, que obteve a sua forma definitiva em 1908, uma bobina fornecia a longa fita de papel que era perfurada para registar a sequência dos glifos batidos no teclado. Este registo transmitia à unidade fundidora quais as matrizes a serem fundidas, saindo os textos compostos em linhas justificadas. A máquina *Monotype* é formada por dois aparelhos: um módulo para a composição, com um enorme teclado; a composição aí feita produz uma fita perfurada uma máquina fundidora que descodifica a fita, produzindo tipos soltos compostos em blocos de linhas justificados. A *Monotype* era mais adequada para a composição de livros.

Mais tarde surgiu pelas mãos do alemão Ottmar Mergenthaler em 1890 a máquina de *Linotype*¹ que trazia um teclado como o da máquina de escrever com o mesmo *layout* do alfabeto mas em duplicado, uma destinada as letras minúsculas, com as teclas em preto, posicionadas no lado esquerdo do teclado e a outra para as letras caixas alta, as teclas em branco, posicionadas do lado direito do teclado. As teclas azuis do meio são para as pontuações, os números, e os espaços contínuos. O teclado *Linotype* que era utilizado na impressão era muito pouco eficiente. Consistia basicamente em noventa teclas organizadas em seis filas. As letras minúsculas são direccionadas para a mão esquerda e as letras maiúsculas para a mão direita. Devido às limitações mecânicas das primeiras máquinas de *Linotype*, as letras mais frequentes são colocadas entre o dedo mais pequeno e indicador. Este arranjo dificulta uma entrada rápida por causadas grandes filas de teclas na vertical em diferentes colunas e o grande número de sucessivos *stroke* feito pelos dedos mais pequeno e o segundo dedo da

1 Esta máquina de composição foi a que teve o maior sucesso foi a do emigrante alemão Ottmar Mergenthaler, inventada em Baltimore, nos EUA. Quando Mergenthaler analisou o resultado de um dos primeiros testes exclamou entusiasmado: “*A line of type!*” Na tipografia tradicional o texto era composto à mão, juntando tipos móveis um por um. Com uma máquina *Linotype*, equipada com chumbo em ponto líquido, era possível compor uma linha inteira de texto; esta, assim que batida no teclado da máquina, era imediatamente fundida e integrada na composição de colunas e de páginas.

mão esquerda. Este *layout* rude continua a ser usado nas máquinas *Linotype* contemporâneas mesmo embora as restrições que originalmente ditavam estas escolhas já não se aplicarem.

Na operação correcta do teclado, a mão esquerda do operador opera a tecla do spaceband, e apenas a fileira vertical esquerda das teclas, enquanto a mão direita do operador opera as restantes teclas. A máquina de *Linotype* funde em bloco cada linha de caracteres tipográficos e era composta por três partes distintas: composição, fundição e teclado integrados na mesma máquina. A sua capacidade de produção variava de 6.000 a 8.000 toques por hora. Suas matrizes (superfícies impressoras) eram de baixo-relevo, justapostas em num componente (utensílio no qual o tipógrafo junta à mão, um a um, os caracteres que irão formar as linhas de composição). Equipada com chumbo em ponto líquido, era possível compor uma linha inteira de texto; esta linha, assim que batida no teclado da máquina, era logo fundida. Com esta mecanização, a produtividade do processo de composição aumentou: um operador de *Linotype* podia compor o equivalente à produção de 7 ou 8 compositores manuais.

3.6. TELÉTIPO [1902]

Em 1902 deu-se um importante passo com a invenção do telétipo também designado de teleimpressor electrónico por Charles L. Krum², este aparelho tinha um teclado do estilo máquina de escrever para a introdução das mensagens e um rolo de papel para a saída das mensagens impressas. O telétipo é na realidade um aparelho telegráfico que envia directamente um texto, através de um teclado dactilográfico, que regista a mensagem, no posto receptor, sob forma de caracteres de impressão. O predecessor do telétipo surgiu como uma máquina de fita de teleimpressor designada de ticker tape em que a fita era usada e impressa pelas máquinas de cotações (*stock typer machine*) do início do século XX.

A primeira máquina de impressão de cotações baseada na tecnologia do telégrafo foi inventada em 1867 por Edward A. Calahan da American Telegraph Company. Uma das primeiras máquinas a imprimir os *tickers* de forma alfanumérica seria a Universal Stock Ticker concebida por Thomas Edison em 1869 que tinha uma velocidade de impressão alfanumérica de aproximadamente um carácter por segundo. Esta funcionava com uma máquina de escrever eléctrica ligada a um telégrafo.

Por volta de 1920 foi inventado o ELEprinter EXchange ou a máquina de TELEX, um dos primeiros sistemas de transmissão de caracteres escritos à distância. Os primeiros códigos internacionais de telex não permitiam mais de 5 *bit*, e não havia distinção para letras de caixa alta ou baixa. O *telex* adoptou o teclado de máquina de escrever como ferramenta de introdução de texto. O sistema constituído por uma série de telétipos através de linhas telefónicas é designado de serviço *telex*. Basicamente, funciona através de um sistema eléctrico, que convertia em texto escrito e legível as mensagens telegráficas. Deste modo, ao pressionar uma tecla enviava cinco sinais (impulsos) que provocava na máquina do

² Charles L. Krum fundou em 1906 a empresa Morkrum Company que mais tarde viria a tornar-se Teletype Corporation.

destinatário a impressão do signo correspondente; um comutador automático ligava a linha ao emissor quando transmitia e deixava ligado o receptor quando recebia ou se encontrava em repouso mas pronto para receber uma chamada.

Um dos terminais de telétipo mais populares foi o ASR 33 (*Automatic Send and Receive*) criado entre 1965 até 1976 pela empresa Teletype Corporation. Esta máquina tornou-se bastante comum, usava código ASCII, e podia ler e imprimir a uma velocidade de 10 caracteres por segundo. Nos anos 70, os primeiros computadores como o *LGP-30* e *DEC PDP mini-computers* usavam modelos de telétipo como ARS33 como terminais. A partir de meados da década de 70 o telétipo começou a tornar-se obsoleto com as modernas tecnologias de impressão matricial e CRT.

3.7. SURGIMENTO DO TECLADO DE COMPUTADOR [1960]

O aparecimento do teclado inicia com o surgimento dos primeiros computadores, quer consideremos a máquina de calcular de Babage ou os enormes computadores dos anos 40 e 50. Qualquer um deles teve necessidade de introdução de dados, seja para executar operação matemática, recenseamento civil ou contabilidade. A questão será sempre: que dados processar? Um dos primeiros sistemas de introdução de dados foi o cartão perfurado. Trata-se de uma cartão onde são feitos furos segundo uma lógica predefinida e que representam caracteres ou outro qualquer tipo de dados. A sua impressão era feita através de máquinas criadas com esse propósito (normalmente independentes do computador), tinham um teclado de máquina de escrever, mas em vez de imprimir o carácter correspondente a cada uma das teclas imprimia num cartão o conjunto de furos correspondente a cada carácter. Os cartões eram depois introduzidos num leitor incorporado no computador que os lia e os convertia para informação digital. Posteriormente evoluiu-se para fitas perfuradas, em que os princípios e funcionamento eram basicamente os mesmos mas em que as fitas tinham a vantagem de serem mais rápidas.

O desenvolvimento de algumas tecnologias foi o factor chave na transição das máquinas de escrever nos teclados de computar. A máquina de telétipo introduzido em 1930, combinava a tecnologia das máquinas de escrever (usadas como um dispositivo de entrada e um instrumento de impressão) com o telégrafo. Inicialmente essas máquinas imprimiam em uma fita de papel estreita, mas no final dos anos trinta papéis maiores poderiam ser usados. Entretanto a tecnologia dos cartões perfurados que tinha sido introduzida em 1881 foi combinado com as máquinas de escrever para criar o que era chamado na altura de *keypunches*. Portanto, os primeiros teclados de computadores foram concebidos para cartões perfurados e a partir da tecnologia dos telétipos. Nessa altura surgiu também um novo layout de teclado inventado por *Dvorak* que veio a permitir uma maior rapidez e simplificação da escrita. Em 1934 são inventadas as máquinas de escrever electrónicas, introduzidas pela IBM, que foi também um marco importante para a história do teclado. O surgimento da máquina de escrever eléctrica veio a permitir uma ligação tecnológica entre a máquina de escrever e o computador.

Em 1946, o primeiro computador ENIAC ainda usava os cartões perfurados como entradas e

saídas periféricas. Mas em 1948, o seu sucessor, o computador BINAC já trazia uma máquina de escrever de controlo electromagnético para a introdução dos dados directamente numa cassete magnética para alimentar os dados do computador e para imprimir os resultados. O desenvolvimento comercial das máquinas de escrever electromecânicas semelhante a *IBM Selectric*, facilitou bastante a utilização do computador BINAC e foi decisivo para o seu sucesso comercial.

Por volta de 1956, a IBM introduziu novas teclas no seu teclado básico, as teclas de funções ou de controlo de aplicações e sistemas de operações podem então ser acedidos através de comandos específicos para função de teclas. As teclas de controlo trouxeram o controlo do cursor e do monitor. No início da década de 60 começaram a aparecer consideráveis desenvolvimentos a nível de inovações e novas aplicações, a par de importantes incrementos no poder computacional. Em 1961, a *IBM Typeball* causou grande sensação. Esta máquina de escrever eléctrica tinha 88 caracteres e incluía uma opção de trocar fontes no meio do texto.

A máquina de escrever de tipo magnético da *IBM Selectic* introduzido em 1964 basicamente marca a invenção do moderno processador de texto. A ideia de processamento de texto análogo ao processamento de dados era uma novidade completa. Esta máquina usava um novo código de caracteres chamada ASCII³ desenvolvida pela ANSI⁴.

O passo seguinte e talvez o mais importante foi o teclado electrónico. O seu desenvolvimento seguiu a lógica de curto-circuito do uso de cartões e fitas perfuradas, pois existia uma máquina que escrevia os cartões perfurados e depois uma outra que os lia e convertia para sinais electrónicos. O teclado tem um mapa de sinais eléctricos correspondentes a cada carácter ou símbolo existente e possível de teclar. Quando tal símbolo é teclado, a sequência de impulsos eléctricos correspondente é enviada para o computador onde existe normalmente uma interface que os converte para informação digital, o que invalida o uso de um suporte físico intermédio.

O desenvolvimento de ecrãs de vídeo VDT⁵ nos anos sessenta pelo: MIT, Bell Laboratories e General Electric veio a permitir a junção da capacidade das máquinas de escrever com a de escrever no ecrã de TV, esses foram os primeiros teclados que não imprimiam no papel, mas aparecia directamente no ecrã. Quando os primeiros monitores apareceram, a sua utilização baseava-se na apresentação de caracteres alfanuméricos, mas com o decorrer dos anos começou a ser possível a apresentação de gráficos o que permitiu em muito desenvolver a utilidade prática dos computadores.

Em 1968, Douglas Engelbart demonstrou o teclado coordenado de uma mão no NLS (oN Line System). No *Fall Joint Computer Conference*, a 8 de Dezembro de 1968, Douglas Engelbart demonstrou o teclado coordenado de uma mão com o NLS (ON Line System), um dos primeiros computadores pessoais que permitia a forma de interacção tanto de computador

3 ASCII — American Standard Code for Information Interexchange.

4 ANSI — US American Standard Institute.

5 VDT — Vídeo Display Terminals.

pessoal como de *groupware*. Este sistema incluía um teclado de uma mão, processador de texto, *outline processing*, *split Windows*, hipermédia, rato, documentos partilhados, *e-mail filtering*, *desktop conferencing*, *interactive sharing*, rede de informação, etc. Em 1972 a *I.B.M. 3720 Display Terminal*, trouxe o primeiro teclado de computador orientado para o ecrã, com as teclas *Enter*, *Ins*, *Del*, *Home*, *Page Up*, *End* e as teclas de direcção.

3.8. INTERFACE GRÁFICA DO UTILIZADOR [1972]

Em 1972, depois de ter formado o Learning Research Group no recentemente criado Xerox PARC (Palo Alto Research Center), Alan Key⁶ concebeu o que é considerado o mais crucial avanço na interacção humano-computador, a interface gráfica do utilizador (GUI). Kay introduziu a ideia de representação icónica, gráfica das funções da computação — pastas, menus, e janelas sobrepostas sobre a secretária — baseadas na sua pesquisa no processo intuitivo de aprendizagem e criatividade. O que Key na realidade, percebeu e tentou era fazer com que as imagens pudessem criar símbolos. Esta era a grande promessa por detrás da GUI, que permitia aos utilizadores formularem ideias em tempo real através da manipulação de ícones no ecrã do computador.

Em Abril de 1973 é lançado o Xerox Alto, o primeiro PC que reunia já elementos da moderna interface gráfico de utilizador com um editor WYSIWYG⁷, um rato de três botões e um ecrã *bitmap*. O Xerox Alto trazia um teclado Alto que à primeira vista se assemelhava um típico teclado dactilográfico com a adição de algumas teclas especiais. O teclado era destacável, e bastante confortável para escrever. Tinha a propriedade única de ser inteiramente descodificado. Cada tecla tinha o seu próprio sinal de linha na interface do teclado, que permitia a um programa aproveitar a possibilidade de comandos de acordes, em que o utilizador podia pressionar uma ou mais teclas. Outra vantagem era a possibilidade de determinar quanto tempo uma tecla tenha sido pressionado.

Entretanto, só em 1981, a interface gráfica do utilizador com as sua metáfora de secretária, a estrutura de pastas, ícones, WYSIWYG e o rato, seria completamente introduzida com a Xerox Star como uma das mais importantes inovação para os computadores pessoais, dando assim início ao chamado *desktop revolution* dos princípios dos anos 80 marcada sobretudo pela introdução do *Macintosh* nos meados dos anos 80 pela Apple, que vulgarizou então o uso do rato no computador. Com o aparecimento e a crescente popularidade dos interfaces gráficas, surge a necessidade de dispositivos de entradas mais intuitivas e rápidos. O rato foi sem dúvida o mais popular dos dispositivos então criados. No entanto primeiro veio o Telétipo, depois o vídeo terminal que usava a interface de linhas de comando não gráfica dos telétipos. Depois em 1979, uma equipa da Apple visitou PARC e recolheu ideias para a sua própria interface gráfica do utilizador. A Apple refinou muitos dos conceitos de PARC, primeiro com o *Lisa*, depois com o *Macintosh* criando o estilo básico da GUI que se man-

6 Kay, Alan. (1989) *User Interface: A Personal View; The Art of Human-Computer Interface Design*; ; URL: <http://www.artmuseum.net/w2vr/archives/Kay/Kay.html> (04-11-07).

7 Sigla do inglês para *what you see is what you get* (o que vêes é o que obténs)..

tém até hoje. O *Macintosh* foi o primeiro computador feito em grande escala com recursos gráficos usando o teclado e o rato. Antes do *Macintosh*, os IBM PC usavam apenas linhas de instrução para executar os comandos.

3.9. TECLADOS IBM PC [1983]

A IBM foi sem dúvida das empresas mais importantes em toda a história do teclado. Na realidade o teclado *IBMPC* e os seus sucessores tornaram-se rapidamente padrões no mercado. Durante mais de 20 anos e à medida que a arquitectura dos PCs foram sendo constantemente actualizada, vários modelos de teclados foram sendo desenvolvidos. Na década 80 os teclados eram frequentemente fabricados juntamente com os novos computadores da IBM. Em 1983, com o lançamento do computador *IBM Personal Computer XT* trazia um teclado *83-key PC/XT* com um *layout* original do lado esquerdo com uma coluna de 10 teclas de função, F1 até F10. Em 1984 surgiu o teclado *84-key PC/AT*. Depois apareceu o *enhanced keyboard* (teclado reforçado) que foi um dos primeiros modelos de teclado computador desenvolvidos pela IBM, com 101 ou 102 teclas. A principal diferença entre este e os anteriores XT/AT teclados é função das doze teclas, dispostas em linha ao longo da parte superior do teclado, em oposição aos dez agrupados no lado esquerdo do teclado.

Em 1984 começou a ser fabricado o famoso teclado *Model M* da IBM que viria então a ser apontado como um dos melhores e mais duradouros componentes de computador de sempre. Até 1987, os teclados apresentavam um cabo de ligação AT; depois disso, foram sendo fabricados com um cabo PS/2. Em 1991, a IBM cedeu parte da sua produção de *hardware* para a empresa Lexmark e em 1993 o teclado *Modelo M* passou a ser fabricado pela Lexmark. Esses foram produzidos até 1996 e eram caracterizados por canais internos de drenagem concebido para minimizar danos em caso de um derrame. Depois disso, uma empresa chamada Unicomp comprou o *design* do *Modelo M* à Lexmark que continua ainda em produção e diferentes configurações podem ser adquiridos a partir de Unicomp, incluindo moderno *layout* de 104 teclas, um modelo para Linux (onde as teclas *Ctrl* e *Caps Lock* são trocados), e modelos com a integrados *trackpoint*.

O *design* do *Model M* permite aos utilizadores terem um bom *feedback* táctil e fonética enquanto digitalizam, semelhante à da máquina de escrever *IBM Selectric*. Além disso, o teclado *Model M* era bastante robusto e menos susceptível a sujidade e desgaste no uso. Existem, porém, algumas desvantagens no *Model M*, pois é um teclado bastante pesado, não é tão portátil como muitos teclados modernos. As teclas são muito barulhentas e seria inapropriado em determinadas situações (como uma biblioteca pública), onde o ruído é um problema. Além disso, não possuía canais de drenagem de qualquer líquido derramado sobre o teclado, que permaneceria no teclado com potencial para causar um curto-circuito. Os modelos posteriores a 1993, na sua maioria fabricados pela Lexmark e Unicomp, incluíam já canais de drenagem para evitar que isso ocorra, porém, é feito à custa de uma ligeira redução da qualidade do teclado.

3.10. TECLADOS DA APPLE [1986]

Introduzido em 1986, juntamente com o teclado ADB (*Apple Desktop Bus*) e concebido para *MacOS* pela Apple Computer, os teclados da Apple diferem dos teclados correntes IBM PC em inúmeros aspectos nomeadamente: A tecla *delete* (PC: *backspace*) e a tecla *forward delete* (PC *delete*). As teclas de opção que permitem adicionar caracteres e teclas de comando, para o comando do sistema são diferentes. Tem 4 teclas adicionais no topo do *layout* do *numpad* que incluem três teclas de volume: *softer*, *louder*, *mute* e uma tecla para ejectar. As teclas F13 junto com F15 estão no lugar do *print screen/SysReq*, *Scroll Lock* e a tecla *break*. A tecla de ajuda está na tecla *insert*. Dispõem de duas portas USB (com a excepção dos teclados *bluetooth* e os antigos teclados ADB que tinham uma porta ADB para a ligação do rato.

Inicialmente, os teclados da Apple dispunham de uma tecla *power*, que era usada para ligar o computador. A tecla *power* estava junto das teclas F mas foi removido com os teclados USB em 2001 porque a tecla não conseguia forçar o reinício do sistema que devido à limitação do USB e também porque os modernos Mac normalmente nunca se desligavam.

Os teclados USB da Apple são compatíveis com os computadores *Windows*, as suas teclas de comando trabalham como teclas do *Windows* e a tecla de ajuda como tecla *insert*. As teclas de volume funcionam como no *Macintosh* e a tecla de ejectar não tem qualquer função. O teclado USB da Apple pode ser usado, inclusive, em consolas de jogos da *Playstation II*. Entretanto, é necessário uma extensão quando se usa o teclado preto ou branco, ou outras cores dos primeiros *iMac*.

Antes de 1998, os teclados da Apple tinham todos a cor beges. Com a chegada dos primeiros *iMac* surgiram então com um *design* inovador em plásticos coloridos semi-translúcidos que seriam então usados até 2001. Porém, quando a Apple apresentou o *G4 Cube* em 2000, desenvolveram um teclado grande, com teclas pretas e fundo claro e foi removida a tecla *power*. Entretanto, em 2003, com introdução do teclado *bluetooth*, foi completamente redesenhado, apresentando teclas brancas e uma tecla de função F16. Este teclado foi inicialmente comercializados em conjunto com os computadores *iMac* e *eMac*, mas depois, surgiram os teclados pretos também para os *PowerMac*. A Apple continua a usar o estilo do branco opaco nos computadores *desktop* e comercializa individualmente, muitas das versões *wired* e *wireless* (*bluetooth*).

Em 2007 foram lançados com o novo *iMac* dois novos teclados, a *Apple Keyboard* e a *Apple Wireless Keyboard*. Seguindo a linha do *iMac* em alumínio ultra-fino, o *Apple Keyboard* apresenta apenas 0.33 polegada de espessura e elegantes contornos em alumínio, Apenas conecta-se por USB e possui teclas de baixoperfil. Trás um *layout* ampliado com teclas complementares, incluindo teclas de controlos de navegação, *keypad* numérico, e teclas de funções especiais para as características do Mac tais como o brilho, volume, ejectar, *play/pause*, etc. O outro teclado opcional, *wireless* de Apple, por seu lado, oferece um *design* compacto e lustroso. A sua conexão é feita com base na tecnologia *wireless bluetooth*, permitindo, deste modo, uma maior liberdade aos utilizadores

3.11. TECNOLOGIAS *WIRELESS* E *BLUETOOTH* [1998]

As tecnologias como o *wireless* e o *bluetooth*, as portas USB introduzidas nos últimos anos bem como outras importantes inovações resultantes sobretudo das preocupação ergonómicas, a par de importantes estudos realizados sobre o efeito dos teclados na saúde e bem-estar das pessoas e as doenças causadas pelos teclados, assim como todas grandes mudanças que têm havido com o impacto do fenómeno da miniaturização dos dispositivos tecnológicos e a emergência dos novos teclados de telemóveis, PDAs e computadores portáteis e o próprio o fenómeno do *messeging* e dos *sms*, têm trazido, de facto, algumas importantes alterações nomeadamente, na disposição das teclas, no *layout* e na própria arquitectura dos teclados, com introdução de novas teclas e novos símbolos. As grandes companhias como a IBM, a Microsoft, a Apple, tem surgido sempre com novos teclados, sempre que lançam novos computadores alguns com alterações consideráveis. Podemos salientar a Microsoft, e as várias versões do *Windows* e os seus teclados, a Apple com as suas novas versões e o tipo de teclados que trazem, assim como as importantes inovações introduzidas por grandes marcas de periféricos como a Logitech, a *TypeMatrix* etc.

O ano de 1998, deu-se um marco importante, o início de uma nova era, a génese de uma nova categoria de produto com a introdução da *Logitech Cordless Desktop* no mercado, que pela primeira vez, incorporava a tecnologia *wireless RF* num pacote com *cordless mouse-and-keyboard*. A empresa Logitech regista a marca e desenvolve logo uma família inteira de produtos *Cordless Desktop*, com diversos modelos e recursos para ajudar os utilizadores a melhor desfrutar do computador e a melhorar a experiência de navegar de forma eficiente na *internet*. Em 2001, a linha *Kinesis keyboard* foi alargado com a introdução do *Kinesis Evolution*. O modelo de teclado *Track-mounted Evolution* oferecia uma grande flexibilidade com módulos completamente ajustáveis, integralmente programáveis e sem nenhum *software* externo.

A nível da indústria dos jogos, podemos salientar que os jogos de computador têm vindo a ter cada vez mais opções a nível do controlo em consolas de jogos de qualquer plataforma. *Ergodex DXI*, *Zboard*, *MERC* e *FANG*, são apenas alguns exemplos de teclados que oferecem muitas opções genéricas de controlo para jogos e aplicações com especial destaque para os teclados com *design* personalizado para jogos específicos como apresenta a *Zboard Key-Sets* da empresa Ideazone.

Para finalizar, podemos dizer que a nível das tecnologias desenvolvidas destacam-se o controlo do cursor integrado, *wireless*, *touch-tone*, as tecnologias ópticas, o teclado com teclas de navegação na *internet* e teclas multimédia de controlo áudio e vídeo (*media player*) incluindo ajuste de volumes, teclado de *layout* com curva de conforto, teclas programáveis com *hot keys*, teclas pré-programadas para funções como abrir pastas, executar calculadora, ler *e-mails*, abrir páginas *web*, procurar arquivos etc., que vieram, melhorar o teclado a nível da facilidade de aprendizagem e uso dos dedos, das mãos e dos braços, da destreza de alcance às teclas mais usadas, no conforto e na comodidade de uso e manuseamento.

4. LAYOUT E DESIGN DO TECLADO

Utilizadores de todo o mundo usam essencialmente o mesmo tipo de teclado, embora as suas matérias de entrada estejam em alfabetos tão diversos que as letras tem frequências e combinações de diferentes formas. Deste modo, os utilizadores são obrigados a realizar um esforço enorme com o teclado cujo *layout* das letras e dos comandos negligencia as propriedades da linguagem que eles processam e a própria geometria das mãos humanas. Esta incompatibilidade é, porém, um produto da história do teclado universal, que constitui o descendente directo da máquina de escrever manual inventada na América há mais de um século atrás.

O teclado convencional, reproduz o *layout* das letras e os sinais de pontuação tal como as primeiras máquinas de escrever *Remington* de 1878. Na verdade, este teclado americano foi adoptado como um *standard* internacional em 1888, e foi aceite pelos países europeus com apenas pequenas modificações de modo a poder resolver as necessidades de línguas diferentes. Assim, no teclado alemão, o *ö* e *ä* aparecem do lado direito da coluna de *home* e o *y* e *z* são trocados porque o uso de *y* é extremamente raro.

Determinados critérios tem sido adoptados a nível do *design* do teclado, nomeadamente, a velocidade da entrada, a taxa de erro, taxa de aprendizagem, a fadiga, a tensão muscular e a preferência do utilizador. A velocidade de entrada é a frequência com que os caracteres podem ser escritos, normalmente expressa em unidade de caracteres por segundo ou por minuto, ou em palavras por minuto. A nível da velocidade de entrada, os utilizadores são classificados em três categorias diferentes: principiante que corresponde ao utilizador com pouca ou nenhuma experiência de dactilografia. O aprendiz, que se refere ao utilizador que confortavelmente faz uso do teclado e que já conta com uma boa experiência e por fim, o *expert* ou especialista, com uma velocidade bastante elevada de entrada de texto e que se encontra muito bem treinado. A taxa de erro se refere, no entanto, ao número de erros, que geralmente é dado em termos de erros por centenas ou milhares de caracteres. A taxa de erro é mais constante entre o nível de experiência do que entre a velocidade de entrada. A taxa de aprendizagem mede a rapidez com que se pode aprender a escrever no teclado e é normalmente calculado em termos de números de horas que o utilizador passou numa etapa inicial. A fadiga corresponde ao cansaço que o utilizador tem durante as horas de sessão a escrever no teclado e pode ser calculado em termos do tempo que o utilizador pode trabalhar antes do aumento da taxa de erro. A tensão muscular é analisado com base na tensão arterial ou pressão sanguínea ou então em termos de lesões e refere-se à localização e a quantidade de tensões nos músculos. Enfim, a preferência do utilizador é o critério mais importante e o mais difícil de quantificar. Pode ser medido em termos de facilidade que um utilizador pode ser persuadido a trocar o seu antigo dispositivo por um novo.

Durante várias gerações, os investigadores têm procurado corrigir as deficiências do teclado *standard*, têm proposto, por exemplo, a colocação de letras mais usuais directamente sobre os oito dedos de ambas as mãos de forma a reduzir o movimento dos dedos. Defendem ainda, filas de teclas curvas que se ajustam às mãos e teclas do topo levantadas para compensar as diferenças no comprimento dos dedos. A divisão do teclado em dois, e a mudança da tecla shift para o centro do teclado, de modo a poder ser operado pelo dedo polegar ou pelo quarto dedo.

O teclado *standard* normalmente tem um *design* assimétrico, com a parte alfabética à esquerda e o *keypad* numérico à direita. Assim, se o utilizador alinhar o centro do teclado com o centro do seu corpo, tenderá a escrever mais com a mão direita porque a parte alfabética do teclado estaria à esquerda do seu corpo. Assim sendo, a primeira coisa que o utilizador que utiliza de forma intensiva o teclado deve fazer é alinhar a parte alfabética do teclado com o seu corpo.

Muitos teclados inclinam-se para cima e de frente para trás, o que leva o utilizador a torcer um bocado as mãos para cima quando escreve no teclado. Esta postura, designada de extensão do pulso, é conhecida como sendo uma das principais causas dos riscos de lesão do pulso. Apenas a mão é estendida num ângulo de mais de 15° para cima, levando a um aumento significativo da compressão do nervo mediano e de outras estruturas do interior do pulso. Assim, se torna extremamente importante digitar com as mãos mais planas possíveis.

A melhor forma de obter este resultado com um teclado *standard* é manter o teclado a uma altura ajustável, voltada para cima e com uma base de encosto. Esta disposição permite ao teclado ficar numa posição ligeiramente mais baixo que a altura do cotovelo e uma posição ideal seria de uma ou duas polegadas acima do fémur do utilizador. Com uma base de teclado com ângulo um pouco para cima, seguindo o ângulo do fémur, o utilizador pode colocar as suas mãos no teclado enquanto mantém o pulso numa posição plana. Tendo a postura correcta sobre o teclado pode-se reduzir a fadiga e o cansaço dos olhos e resultar numa significativa melhoria na performance da escrita no teclado. Deve-se assim, serem colocadas o topo do monitor alinhado com o topo da cabeça, ter o monitor a uma distância de um braço, com o cotovelo dobrado a 90°, os pulsos a coluna rectos.

Em 1994, foi adoptado o *layout standard* internacional de teclado — ISO/IEC 9995 de Tecnologia de Informação que define o *standard* de *layout* de teclado de texto e sistemas de escritório, contendo as mais detalhadas informações sobre o *layout* do teclado. Este *standard* define um teclado com tendo três grupos de teclas separadas: O grupo 1 que é a camada básica com uma base e *shift* (maiúsculas e minúsculas); O grupo 2 correspondente à camada nacional com uma base e *shift*. e o grupo 3 que permite a entrada de caracteres suplementares, o único sem o uso do *shift*.

Com as recentes pesquisas sobre a entrada de texto nos telemóveis, foram detectadas inúmeras deficiências das entradas de texto no computador tidas como padrão ou *standard* e as enormes falhas que tais sistemas suportam. No entanto têm havido uma enorme discussão em torno do *layout* do teclado que tem gerado muita polémica e o surgimento de diversos *layouts* alternativos.

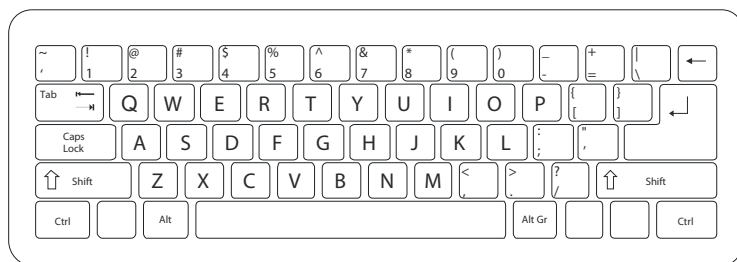
4.1 PRINCIPAIS *LAYOUTS* DE TECLADO

4.1.1 Teclado Qwerty

O mais popular de todos os *layouts* de teclado QWERTY cujo nome deriva das seis primeiras letras do topo da coluna. O design deste teclado foi ditado pela mecânica das primeiras máquinas de escrever. Com a era digital as limitações mecânicas foram desaparecendo (Olsen, 2007). Tem sido considerado por vários autores de pouco eficiente (Noyes, 1983, p. 269), um dos piores layouts possíveis para escrever com teclas (Noyes, 1983, p. 267), o *standard* errado (Gould, 1987, p. 23), e um dinossauro tecnológico (Gopher & Raij, 1988, p. 601). No entanto este *layout* que data de 1868 (Yamada, 1980) com o seu *design* bastante obsoleto, é extremamente eficaz a nível do seu desempenho, e não parece poder ser facilmente suplantado por novos *layouts* de teclados, tecnologias de reconhecimento da fala, ou mesmo por outras técnicas que possam então surgir.

O moderno método de escrever no teclado QWERTY foi originalmente popularizado por L. V. Longley e F. E. McGurrin, na última metade do século XIX (Cooper, 1983). Apesar deste tempo todo, QWERTY e as técnicas de Longley e McGurrin mantêm-se inalteradas (Matias, E., MacKenzie, I. S., & Buxton, W. 1996).

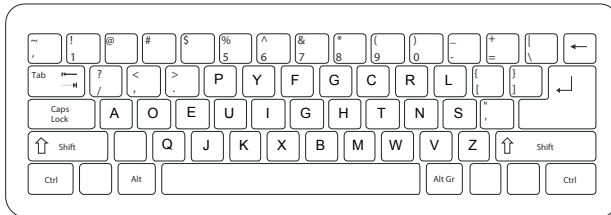
Os teclados convencionais exigem que o utilizador faça um ou dois gestos por cada carácter (um para a letras minúsculas e dois para caracteres maiúsculas). Cada gesto corresponde a uma selecção de um das aproximadamente 80 teclas. Entretanto, a entropia do texto inglês é aproximadamente de um bit por carácter, assim os teclados existentes têm ineficiências na ordem de seis. Esta insuficiência manifesta-se no facto de ao digitar, os utilizadores cometerem erros que não tem propriamente a ver com a língua.



4.1.2. Teclado Dvorak

Em contrapartida, tem sido propostos *layouts* de teclas mais eficientes. O mais corrente é designado Dvorak. Este *layout* tem os caracteres mais frequentes colocados na mesma coluna, reduzindo-se assim o movimento dos dedos. Foi concebido de modo a que teclas com mais probabilidade de serem sucessivas, se ocorressem em mãos alternadas. Esta inovação tornou a entrada mais rápida e produz menos fadiga. Com um teclado *standard* QWERTY, um teclista pode executar cerca de 60 palavras por minuto. No entanto, até ano de 2005, o recorde

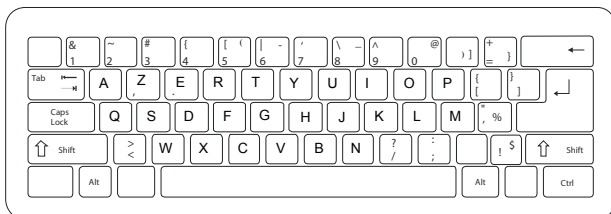
mundial era de 150 palavras por minuto usando o teclado Dvorak (Olsen, 2007).



4.2. OUTROS LAYOUTS TECLADO

4.2.1. Teclado AZERTY

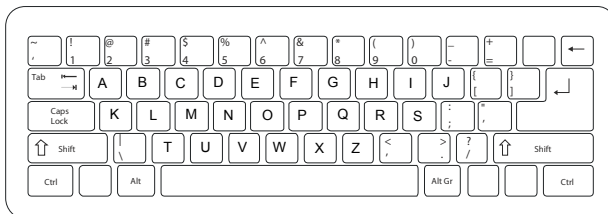
AZERTY é um layout de teclado usado, sobretudo, em França, Bélgica e alguns outros países de expressão francesa. Este *layout* permite satisfazer os padrões para o idioma francês, porém é impossível produzir caracteres É, Ç, ou aspas francesas («» e «»). O teclado AZERTY Belga foi desenvolvido a partir do francês e alguns dos símbolos (? ! @ - _ + = §) estão em posições diferentes.



4.2.2. Teclado ABC ou Alfabético

No teclado alfabético a organização das teclas é dada por ordem alfabética. As teclas são simplesmente organizadas alfabeticamente fazendo com que a escrita seja mais fácil para os aprendizes e todos aqueles que têm dificuldades em aprender. É um teclado que apresenta algumas desvantagens para os profissionais pelo simples facto de ser mais lento.

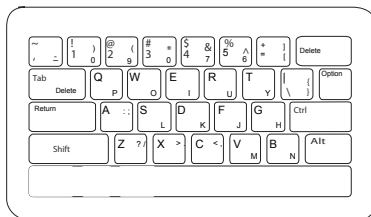
O *layout* alfabético não é uma ideia recente. Porém, já Norman & Fisher (1982) tinham estudado um *layout* do teclado físico estritamente alfabético para uma máquina de escrever. Pretendiam, então inferir se, os utilizadores inexperientes conseguiam dactilografar de forma mais rápida que num teclado QWERTY convencional, embora sem resultados positivos. O problema principal encontrado tinha a ver com o facto de as suas teclas serem colocadas sequencialmente em filas múltiplas, sendo que, a posição de uma tecla estava dependente do comprimento da fila.



4.2.3. Half-QUERTY

Muitos teclados de uma mão são de acordes⁸. O Half-QUERTY, porém, não é. Foi concebido com base em dois princípios fundamentais: A habilidade do utilizador em digitar no teclado standard QWERTY e o facto de as mãos humanas serem simétricas – uma mão é praticamente o espelho da outra. Um teclado Half-QUERTY é concisão de todas teclas usadas do teclado *standard* QWERTY para serem usadas apenas com uma mão. Por conseguinte, quando a barra de espaço é pressionada, as letras omitidas são mapeadas dentro da própria tecla de forma invertida. Deste modo, todos movimentos análogos da outra mão serão feitos pela mão que tecla. Por exemplo, na escrita com duas mãos, a letra *J* é escrita usando o dedo *index* (indicador) da mão direita na fila do *home*. Usando técnica de Half-QUERTY, *J* seria escrita com a mão esquerda pela pressão da barra de espaço e carregar na tecla *F* (como dedo *index* da mão esquerda na fila do *home*). Nota-se que em ambos os casos o dedo *index* está na fila do *home* para escrever *J*.

Este tipo de *layout* permite às pessoas com limitações ou não usar, apenas uma mão para escrever de uma forma fácil e natural. Importa realçar ainda, que tanto o síndrome do túnel de carpal como outras lesões causadas pelo uso do teclado normalmente não costuma ocorrer quando se utiliza apenas uma mão.



⁸ Num teclado de acordes, o utilizador escreve pressionando um ou mais teclas simultaneamente. Por exemplo: ao pressionar a tecla A, escreve A, a tecla B escreve B, ao carregar simultaneamente ambas as teclas, digita algumas das outras letras arbitrárias. Assim, um teclado de acordes de apenas 5 tecla pode gerar 31 diferentes caracteres..

5. ASPECTOS ERGONÓMICOS

A tecnologia tem actualmente um grande impacto na vida do ser humano e particularmente na maneira como as pessoas trabalham. A ergonomia ou estudo dos factores humanos é a disciplina científica relacionada com a compreensão das interacções entre as pessoas e os outros elementos do sistema. É também a profissão que se preocupa em otimizar o bem-estar das pessoas e o desempenho global no trabalho através da aplicação de princípios teóricos, dados e métodos de concepção necessários para otimizar o bem-estar humano e o desempenho global do sistema.

A ergonomia⁹ surgiu logo após a Segunda Guerra Mundial, devido às falhas ocorridas na interface humano-máquina. Segundo Robert Arndt (1997): “O princípio básico da ergonomia é projectar o ambiente de trabalho que satisfaça as necessidades do trabalhador”. O seu objectivo é aplicar a ciência no local de trabalho de forma a maximizar a produtividade e reduzir a fadiga e desconforto (Dul et al. 2004:1). Baseia-se em conhecimentos de outras áreas científicas, como antropometria, biomecânica, fisiologia, psicologia, toxicologia, engenharia, *design* industrial, electrónica e informática. Toda a singularidade da ergonomia se encontra justamente na sua *praxis* que integra não só pesquisas sobre os humanos, como também estudos tecnológicos como a protecção e a avaliação de sistemas, interfaces e componentes, com base em variáveis fisiológicas e cognitivas humanas e segundo critérios que privilegiam o conforto, a segurança e o bem-estar dos humanos.

Nos anos 80, devido à propagação rápida de uso dos computadores e a sua popularização, começou a surgir quase que como epidemia, pessoas com problemas nos braços devido a movimentos repetitivos, traumas como lesão por esforço repetitivo e síndrome de túnel de carpal causada pelo uso dos teclados. Para resolver o problema um número significativo de teclados alternativos começou então a ser desenvolvido. Estes incluíam desde teclados curvados para aliviar o stress e até pedais para certas teclas ou teclas de funções. Cada vez mais as pessoas passam mais tempo em frente aos computadores, com um crescente risco de doenças músculo-esqueléticas¹⁰.

A ergonomia do teclado aborda, particularmente, as questões do conforto, da eficiência e da produtividade do teclado e tem, sobretudo, a ver com o formato das teclas, a distância entre as teclas, a pressão necessária, a posição das teclas mais “importantes”, o tamanho do teclado, etc. Determinadas normas tem sido, deste modo, criadas visando permitir não só aumentar significativamente o desempenho do computador como também ajudar a manter o corpo saudável nas longas sessões de trabalho com o teclado. No entanto, um dos principais problemas dos teclados convencionais tem a ver com a postura das mãos no acto de escrever, ou seja, com o facto de as pessoas curvarem em demasia as mãos para fora, quando estão a escrever no teclado. Esta curva lateral das mãos é designada de desvio ulnar.

9 O termo ergonomia é derivado das palavras gregas *ergon* (trabalho) e *nomos* (regras, normas). Este termo foi adoptado nos principais países europeus, foi fundada em 1959 a Associação Internacional de Ergonomia (IEA), que actualmente representa as associações de 40 países, com um total de 19 mil membros (DUL et al., 2004:1). A IEA realizou o seu primeiro congresso em Estocolmo, em 1961.

10 Cerca de 9 vezes maior no utilizador que fica 4 horas por dia frente ao computador do que naquele de apenas 1 hora por dia.

Criar um local de trabalho mais saudável e reduzir a fadiga, o desconforto e o risco de lesões como o sindromal do túnel de carpal, assim como, permitir um melhor posicionamento das mãos são os principais benefícios do teclado ergonómico. Alguns investigadores e especialistas afirmam que longos períodos de movimentos repetitivos numa área de trabalho inadequada, posição corporal incorrecta e hábitos de trabalho desconfortáveis podem estar associados ao mal-estar físico e traumatismo nos nervos, tendões e músculos. Com efeito, os ergonomistas concordam que a forma mais saudável de escrever no teclado é manter as mãos tão direitas e planas possível numa postura a que se designa de postura neutral. Todavia, para que o utilizador possa maximizar o conforto e diminuir as possibilidades de traumas, é necessário seguir determinadas orientações como: colocar o teclado e o monitor directamente à sua frente, ajustar a altura da cadeira e da mesa para que o teclado e o rato fiquem na altura ou abaixo do cotovelo, Ter os pés bem apoiados e os ombros relaxados; Se o utilizador tiver um apoio para os pulsos, deve usa-lo entre as tarefas com o teclado, não enquanto estiver a digitar. Usá-lo ao digitar pode aumentar a pressão contra a mão e a possibilidade de traumatismo.

Na verdade, um dos principais aspectos que se deve ter em conta em termos ergonómicos num teclado é a sua inclinação em relação ao plano horizontal. Desde os primeiros teclados das máquinas de escrever se percebeu a importância dessa inclinação. Hoje a maior parte dos teclados possui pés ajustáveis para regular a inclinação do teclado o que permite diminuir consideravelmente as dores nos pulsos, pois o ângulo com que as mãos actuam sobre o teclado torna-se mais adequado quando o teclado está inclinado.

Diversos estudos sobre os dispositivos de entrada têm centrado a sua abordagem nos teclados alternativos, como os teclados ergonómicos, os teclados exibidos no ecrã, os teclados com *pen-touch*, os teclados virtuais e outros dispositivos de como o rato ou o *trackball*. Nesses estudos são analisados os factores que determinam a produtividade, a facilidade de uso e de aprendizagem, dando particular importância para as questões da usabilidade, da sensação de *feedback*, das características das teclas e do *layout* no desempenho dos teclados. Critérios de *design* e ergonomia são assim aplicados com o objectivo de apontar as implicações do uso do teclado na postura, saúde e no conforto dos utilizadores e assim encontrar modelos que melhor se adaptam às pessoas, minimizando assim os efeitos do teclado.

Estudos efectuados nas mais diversas áreas têm conduzido a um conjunto de dados relevante no que diz respeito às teclas, ao teclado e às características dos utilizadores. Os mais recentes e importantes artigos têm sido constantemente discutidos e analisado e as conclusões possíveis são feitos de forma geral no sentido de auxiliar e facilitar a concepção de novos teclados. Deste modo, o teclado ergonómico QWERTY permite uma maior habilidade por parte do utilizador em digitar. Este teclado de ângulo curvo e partido não é o mais rápido, contudo, pode ajudar a manter uma postura neutral do pulso, e assim evitar o desvio ulnar que tem sido associado ao aumento de casos de Síndrome do Túnel de Carpal (Putz-Anderson, 1988; Rempel, Bach, Gordon & tal, 1998).

5.1. ESTUDOS SOBRE A ERGONOMIA DO TECLADO

As primeiras abordagens ao design e ergonomia no teclado surgiram com o trabalho de Klockenberg & Kroemer. Em 1926 o alemão Klockenberg publicou um livro que visava o *design* e a concepção da máquina de escrever. Ele descreveu como o *layout* de teclado obrigava o utilizador a ter uma determinada postura da coluna, cabeça, ombros, braços, e mãos que não eram naturais, mas sim bastante desconfortáveis e fatigantes. Klockenberg sugeriu então determinadas melhorias no *layout* do teclado, algumas das quais continuam válidos actualmente. Provavelmente, a sua proposta mais relevante terá sido a de separar as secções do teclado, permitindo assim, à mão esquerda e à mão direita aliviarem a tensão no ombro e nos braços do utilizador. Kroemer (1972) viria a publicar então um estudo demonstrando que o *layout* proposto por Klockenberg produzia de facto melhores resultados (Bailey, 1982, p.301).

Em 1960, porém, Cramer & Trumbo apresentam um estudo em que foram analisados numa experiência, cinco pessoas a quem foram dados durante três períodos diferentes, uma das cinco posições dos teclados durante um período de 20 dias consecutivos. Este estudo trouxe uma descoberta surpreendente de ponto de vista prático que tem a ver com o desempenho relativamente pobre do teclado vertical. Este teclado, tinha oito teclas da posição inicial da máquina de escrever, articulado no meio. A direcção dos movimentos de digitar podia variar de horizontal para vertical. A tarefa consistia na simples alternância tanto dos dedos como das mãos. Os valores apresentados apontavam para a melhor posição intermédia entre o teclado horizontal e o vertical e os erros diminuam da posição do teclado horizontal para vertical.

Alden, Daniels & Kanarick, em contrapartida, apresentaram um trabalho importante sobre o teclado standard que foi publicado em 1972¹¹. Segundo os autores, as entradas coordenadas podem ser mais rápidas que as entradas sequenciais. Ferguson & Duncan (1974), por seu turno, relatam um estudo publicado com o objectivo de explorar o efeito do *design* nos utilizadores e examinar como o *layout* podia ser alterado de modo a poder minimizar os seus efeitos adversos. O trabalho foi baseado em estudos anteriores sobre descoordenação muscular e dor (cãibra e mialgia) nos telegrafistas que revelaram que o layout do teclado QWERTY e conferia uma distribuição desnivelada para os dedos. Parecia que o *layout* afectava também a postura do utilizador e demonstrava a forma como podia estar ligado à ocorrência dos sintomas. Vários telegrafistas afectados e não afectados foram analisados neste estudo, que colocou uma ênfase especial na distribuição do trabalho entre os dedos dos telegrafistas. Os autores sugeriram neste estudo a alteração das letras nas teclas, e um novo *layout* das teclas como forma de reduzir o desvio ulnar. Foram ainda referenciados trabalhos como o de Klockenberg (1926) e Kroemer (1972), e se confirmaram os valores ergonómicos de um teclado dividido.

¹¹ No que se refere ao diâmetro das teclas o estudo revela que os valores mais comuns eram de 1,27 cm e o centro de espaço com valores de 1,81 cm. A força e deslocamento apresentam valores que variam entre 0.9 a 5.3 oz. de força e 0.13 a 0.64 cm de deslocamento como os preferidos pelos utilizadores. A inclinação da superfície apontava para 10 a 35 graus como os números aceitáveis para a inclinação da superfície de trabalho.

O primeiro teclado ergonómico para o VDU moderno foi apresentado ao público em Abril de 1983 em Zurich (Buesen, 1984). Este teclado partido foi resultado de um programa de pesquisa levada a cabo pelo Departamento de Higiene e Trabalho e Trabalho Fisiológico, ETH, Zurich. Os aspectos ergonómicos deste teclado foram bastante convincentes tanto para a imprensa, fabricantes de computadores, como para os utilizadores. As fases dos modelos deste teclado até ao produto final e os problemas encontrados a nível do *design* e de engenharia foram bem resolvidos. Terá sido um importante contributo para compreender o tempo distinto entre os resultados científicos de pesquisas e a disponibilidade do produto no mercado.

Brigham. e Clark, por sua vez, apresentaram um estudo em 1986 cujo objectivo era utilizar o ISSO para determinar se o teclado ergonómico ISSO¹² para determinar se o teclado ergonómico STR¹³ estava em conformidade ISO¹⁴. Vinte teclistas experientes participaram no estudo. Tinham 20 minutos de prática com teclado. Digitaram durante sete sessões de vinte minutos separadas por 5 minutos. O autor reporta: O desempenho no teclado standard é claramente melhor que no teclado ergonómico antes de 2.5 horas de uso. Nenhuma das pessoas teve melhor desempenho no teclado ergonómico que no teclado *standard*, no entanto, depois de 2.5 horas, o desempenho no teclado ergonómico continuava a aumentar enquanto no teclado *standard* decaía de nível. O que talvez surpreende terá sido o nível elevado de aprendizagem que acontecia no teclado *standard*.

Num estudo publicado por Douglas & Happ (1993), nove empregados de uma agência temporária participaram numa experiência em que usaram três teclados, teclado *standard* IBM PS/2 (*IBM Enhanced keyboard*) e dois teclados divididos comercialmente disponíveis (referidos como teclados AR e AD). Os participantes começaram por treinar dias antes da sessão experimental iniciar. Durante os treinos, eles disseram ter tido demonstrações em que usavam todos os três teclados. Os testes tiveram lugar durante três dias, os participantes escreviam em cada um dos teclados durante uma hora, um de três textos fornecidos. Posteriormente, a ordem dos teclados era então alterada e em cada dia, usavam todos os três textos. Depois do segundo e da terceira sessão de cada dia, os participantes descansavam durante 10 minutos. A cada 20 minutos de uma sessão os participantes paravam e indicavam num mapa do corpo a região do seu desconforto, usando um rácio de escala de *Borg* para quantificar a intensidade do desconforto de cada região. Os resultados indicavam que os participantes teclavam significativamente mais rápido com o teclado convencional que com o teclado dividido. Os teclistas faziam expressivamente poucos erros com o teclado *standard*. O teclado AD teve cerca de 10 vezes mais erros que o teclado *standard*, e o teclado AR teve, cerca de sete vezes mais. Não havia diferenças significativas relativamente aos valores de desconforto entre os três teclados.

Fundamentalmente, o efeito principal da sessão não foi significativo, ainda assim, valores mais satisfatórios dos participantes preferiram o teclado convencional. O resultado deste estudo

12 *Draft Proposal Standard for the Assessment of the Ease of Use of Alphanumeric Keyboard* -TC 159/SC4.

13 A versão comercial do teclado desenvolvido por Nakaseko et al., 1885.

14 Desempenho igual ao do teclado *standard*, em conformidade com as normas ISO.

foi, contudo, similar a um outro estudo protagonizado por Brigham & Clarj (1986), cujo resultado conclui que os participantes tiveram piores desempenhos com os teclados partidos e a grande maioria preferiu o teclado *standard*. Armstrong, Foulk, & Martin (1994), analisaram a forma como a saúde no trabalho dos profissionais podia estar ligada à força exercida pelos utilizadores de teclado e a possível relação entre essa força e as forças de deslocamento das teclas. Primeiro, três teclados de computadores pessoais com *layout standard* QWERTY, foram testados como descrito pela ANSI/HSF 100–1988¹⁵ para determinar o pico de força, 0,47 — 0,89 N, deslocamento inicial, registo da força que as teclas reconhecem 2.0 — 2.5 mm e o total de deslocamento das teclas de 3.3 — 4.3 mm. Segundo, a força de reacção do teclado foi gravada enquanto 10 pessoas digitavam 4 frases alfanuméricas no teclado. Foram detectadas que o pico de força correspondente a cada *keystroke* era de 2.5 a 3.9 vezes necessária à força de activação, indicando que os sujeitos consistentemente deslocaram as teclas para os seus limites. Foi então concluído que a reacção das forças do teclado pode ser usada como um índice de força dos dedos no acto de teclar. Entretanto, mais estudos são necessários para avaliar o relacionamento entre forças de reacção do teclado e fadiga muscular crónica.

Embora, o *design* do teclado alternativo tenha sido proposto em décadas anteriores (notavelmente por Klockenberg em 1926, Kroemer nos anos 60 e Grandjean nos anos 70), eles foram baseados em propostas de *design* que nunca foram manufacturados (Lueder & Grant, 1997). Uma configuração alternativa, o *Maltron*, tem sido, no entanto, comercializado desde 1975, tendo aumentado consideravelmente a partir dos anos 80 e muitos novos e inovadores teclados tem sido comercializado nos Estados Unidos e um pouco por todo o mundo. Outros são descritos como protótipos, embora nunca produzidos. Nesta medida, muito dos alicerces das recentes inovações no domínio do teclado tem sido atribuído às adversas consequências subjacentes ao próprio acto de digitar, desde um conjunto de efeitos de fadiga e desconforto até aos mais sérios problemas médicos muitas vezes referidos como trauma cumulativo de desordem, como por exemplo as desordens crónicas incluindo síndrome de túnel de carpal, tendinites, *tenniselbow* e outras doenças.

5.2. FACTORES DE RISCO

Antes de mais, é preciso ter a consciência que o trabalho que envolve o uso frequente dos computadores requer o desempenho de muitas centenas de digitação por dia o que leva com que existam vários factores de riscos. Destes factores podemos apontar o esforço estático, a postura forçada, o trabalho repetitivo, a força exercida e a tensão mecânica. Porém, a presença de qualquer destes factores de riscos podem aumentar o impacto dos outros. Por exemplo, uma posição adversa do pulso pode aumentar o impacto da posição estática ou um alto nível de repetição. Todas as situações de esforço estático ou isométrico levam à fadiga muscular. Aquela que é bastante comum nos utilizadores é o de manter esforços estáticos de pequena

¹⁵ American National Standards for Human Factors Engineering of Visual Display.

intensidade, porém durante um grande período de tempo.

As recomendações mais importantes para minimizar o impacto do esforço suportado incluem o aumento do suporte da postura e em relaxar os grupos dos músculos associados. (Lueder & Grant, 1997). O trabalho muscular dinâmico permite contrações e relaxamentos alternados dos grupos musculares, que estão a executar a função manual, localizada no antebraço, mão e nos dedos. Quando este trabalho é realizado a uma grande velocidade, sem períodos de repouso, pode provocar a lesão dos tendões, caracterizando um quadro de dor, fadiga, crepitação, sensação de peso e calor local. Por outro lado, o trabalho muscular estático é realizado pelos grupos musculares de suporte localizados na coluna cervical, cintura escapular, ombro, braço e se caracteriza, essencialmente, pela contração continuada, a fim de manter o membro superior na posição ideal para realizar o trabalho. Apenas 60% da contração muscular máxima prolongada é suficiente para determinar um aumento da pressão interna e o conseqüente colapamento dos capilares.

O esforço muscular estático consome três vezes mais energia que o dinâmico, é considerado desnecessário aos movimentos repetitivos. A eliminação ou a diminuição do trabalho muscular estático permitiria um melhor desempenho do trabalho muscular dinâmico, através da melhoria do fluxo sanguíneo. A ergonomia propõe uma organização metódica do trabalho, em função do fim proposto e das relações entre o ser humano e a máquina. Dessa forma, o uso de apoio diminuiria o trabalho muscular estático dos membros inferiores e dos superiores.

A postura no trabalho deve pautar em manter a flexibilidade na realização dos movimentos ou equilibrar as forças na postura estática. O *design* de teclados alternativos tem predominantemente ajudado a melhorar a postura do pulso, dos cotovelos e do braço. O trabalho que envolve posturas forçadas compreende necessariamente um esforço suplementar. As posturas incorrectas dos membros inferiores como pescoço excessivamente estendido, pescoço demasiadamente flectido, braços elevados acima do nível dos ombros, membros superiores suspensos por bastante tempo, flexão ou extensão exagerada do punho e o desvios laterais da mão, podem forçar, comprimir, ou até pressionar tendões, nervos ou outros tecidos. Podemos assim considerar que promover uma postura natural como sendo o mais desejável, particularmente no que se refere às posturas que envolvem situações extremos (Lueder & Grant, 1997).

O esforço repetitivo constitui um factor de risco ocupacional quando a frequência da repetição excede a habilidade dos tecidos em recuperar o esforço. Considera-se trabalho repetitivo quando o ciclo de trabalho é menor que 30 segundos e quando 50% da jornada de trabalho é ocupada com apenas um tipo de movimento. O trabalho que envolve o uso frequente dos computadores requer o desempenho de muitas centenas de digitações por dia. Normalmente, as soluções recomendadas para certos tipos de repetições incluem a incorporação de pausas ou mudanças de actividades no processo de trabalho, a redução de necessidade do número de digitação, ou então encurtar o tempo da duração da tarefa repetitiva (Lueder & Grant, 1997). Nesta medida, quanto maior for o número de movimentos repetitivos realizados pelo trabalhador na sua jornada de trabalho, maior é a frequência do mesmo vir a ter as LER.

Embora a eliminação de movimentos possa ser uma solução para a excessiva repetição, pos-

turas fixas também podem ser desagradáveis. A força exercida tornou-se num factor de risco quando excedem às capacidades musculares. Poucas actividades de escritório requerem grandes forças, Todavia, alguns especialistas apontam que o esforço exigido para pressionar uma tecla centenas de vezes no trabalho diário aumenta consideravelmente a sua força. Normalmente, é recomendada soluções como a redução de força necessária para o trabalho do teclado incluindo alterações no sentido de reduzir o esforço necessário na activação de uma tecla. (Lueder & Grant, 1997). Por fim é necessário ter em conta a tensão mecânica que resulta da pressão de superfícies externas, como as formas e os contornos de um teclado. Pressionar pode afectar a função e o estado dos nervos e tendões. Os ergonomistas geralmente recomendam suavizar as superfícies duras de modo a facilitar o contacto com as áreas vulneráveis, particularmente os pulsos, antebraço, e cotovelos.

5.3. TECLADOS ALTERNATIVOS

Da grande variedade de teclados existente no mercado, o mais comum, é o teclado IBM PC de 101 teclas. Este consiste num *keypad* básico, uma fileira com teclas de funções, um *keypad* de cursor, e um *keypad* numérico. O seu *layout* foi introduzido pela IBM em 1984 e continua ainda a ser usado como *standard*. No entanto as deficiências deste teclado têm-se tornado cada vez mais evidentes. Tem sido repetidamente criticado na Europa porque as suas origens americanas negligenciam as diferenças linguísticas continentais. As línguas europeias não podem assim, ser processadas de forma eficiente nesses teclados. Na Alemanha, por exemplo, 46% dos sucessivos movimentos das palavras são realizados basicamente com a mesma mão, próximo dos valores aleatórios das palavras. Muitas dessas sequências requerem três ou quatro movimentos com a mesma mão e são mais lentos e mais difíceis de completar que os movimentos alternados das mãos. Essas falhas têm por outro lado a ver também com a complexidade dos modelos de movimentos dos dedos e sobretudo com o facto de o *layout* ser direccionado para mão esquerda quando na realidade se usa predominantemente a mão direita nas tarefas comuns. A mão direita executa os movimentos mais difíceis porque é a mão mais ágil. Aproximadamente 2700 palavras comuns podem ser digitadas pela mão esquerda mas apenas 300 pela mão direita. Muitos dos dígrafos mais comuns precisam ser digitados pelo mesmo dedo. Movimentar teclas sucessivas com o mesmo dedo torna-se bastante lento visto que os dedos não podem preparar para o segundo movimento enquanto o primeiro está a ser realizado.

Para as pessoas com dificuldades na utilização do teclado no seu formato normal, existe uma grande diversidade de teclados alternativos que se adaptam às necessidades de cada utilizador, e às mais diversificadas situações. Os teclados alternativos mais habituais são os teclados planos, sensíveis ao tacto, que permitem configurar mediante o uso de um *software* de controlo diversas configurações de teclados diferentes. Os modelos originais de teclados alternativos separavam o teclado lateralmente para permitir as pessoas escrever com a mão direita. Embora podemos encontrar uma grande variedade de diferentes tipos de teclados alternativos disponíveis, a sua escolha depende, em grande medida, das necessidades do

utilizador.

Geralmente os teclados alternativos estão categorizados da seguinte forma:

5.3.1. Teclado Dividido [Split Keyboard]

O teclado dividido é o teclado em que as teclas são partidas em duas partes com o ângulo entre cada parte ligeiramente aberto para fora.

5.3.1.1. Kinesis Maxim [1997]

Este teclado ergonómico dividido e ajustável permite um alargamento do ângulo de 0 a 30 graus. Mais pequeno que os teclados *standards* (15”) incorpora ainda um *keypad* numérico. O desvio vertical é feito também ao meio mas com o ângulo de 0,8 ou 14 graus, permitindo as mãos estarem numa posição natural e confortável. [<http://www.kinesis-ergo.com/max-spec.htm>].

5.3.1.2. Goldtouch [2000]

Desenvolvidos pela firma KeyOvation, os teclados *Goldtouch* são teclados ergonómicos ajustáveis e divididos com ligação USB, ajuste do pulso no plano horizontal: 0° a 30°, variável. Ajuste do pulso inclinação vertical de 0° a 30°, continuamente variável. Facilmente ajustável, pequeno, com o *layout* alfanumérico *standard* (QWERTY), em tamanho grande, e teclas de *feedback* tátil com soft end-stop. O *Goldtouch* permite assim ajustar as duas partes alfanuméricas tanto na horizontal e como na vertical de modo a se adaptar melhor às exigências individuais do corpo. Isso ajuda a manter uma postura mais natural e a melhorar o conforto e a produtividade no uso do computador. O teclado *Goldtouch* é ajustável e permite dar forma a postura natural dos pulsos. [http://www.ergodirect.com/product_info.php?products_id=451].

5.3.2.3. Kinesis Evolution [2001]

O teclado *Kinesis Evolution* consiste em dois módulos conectados somente por um cabo, desta forma cada módulo pode ser ajustado independentemente. Trata-se de um teclado dividido com *touchpad* integrado. O dispositivo encontra-se completamente separado em 2 metades e permite até 150 centímetros de separação entre as duas metades. Com a largura da metade esquerda de 24 centímetros e a largura da metade direita de 38 centímetros. Permite ao utilizador escolher se o *touchpad* fica do lado esquerdo ou direito ou em ambos os módulos. Os benefícios para o utilizador incluem uma maior produtividade e exactidão, a redução da tensão nas mãos, pulso e antebraços e um reduzido tempo de adaptação. A *Kinesis Evolution Track-Mounted* é o primeiro teclado que combina o controlo absoluto sobre a altura e a atitude dos módulos esquerdos e direitos, oferecendo uma escala de movimento completo

em todos os três planos para cada módulo. Também importante é a habilidade de deslocar completamente o teclado sob a mesa para o armazenamento sem mudar os ajustes do utilizador. Tem seu legado nas interfaces de teclado, originalmente desenvolvido por profissionais médicos e produzido por Cramer, Inc, na cidade de Kansas. Inclinação lateral independente de cada módulo entre 0-90 graus, separação dos módulos de teclado esquerdos e direitos de 8”a 17.5”. O teclado ergonómico *Kinesis Evolution* oferece assim todo um conjunto de novas características ergonómicas. [<http://www.kinesis-ergo.com>]

5.3.1.4. Comfort Ergomatic [2004]

O *Confort Ergomatic* é um teclado ajustável dividido em três secções separadas que podem ser colocadas de acordo com cada secção de ajuste diferente ângulos na horizontal. Tem no total 105 teclas. Ao deslocar as secções para fora à largura dos ombros, os pulsos não precisam de dobrar-se a fim de colocar os dedos, assim o desvio ulnar é reduzido. Cada uma das secções pode rodar até 360° e inclinar até 90° verticalmente, assim as palmas das mãos do utilizador não necessitam de estar sempre voltadas para baixo, o que resulta na redução da pronação. A rotação e o desvio tridimensional permitem literalmente as opções de posicionamento infinitas para cada uma das três secções: podem ser inclinadas, rodadas, dobradas, flexionadas ou torcidas. Essencialmente, o utilizador pode adaptar o teclado às suas mãos de forma a ter uma posição mais natural e neutra e não torcer ou rodar o pulso e encolher os seus ombros como acontece no uso do teclado padrão.

5.3.2. Teclado Curvado

O teclado curvado tem as teclas colocadas em curvas que melhor se adaptam a posição natural dos dedos. Isso reduz a distância dos que os dedos têm de percorrer quando se escreve.

5.3.2.1. Teclado Microsoft *Natural* [1995]

O teclado *Natural* da Microsoft foi introduzido em 1995. Este teclado foi dividido e cada metade separada e inclinada para cima e para baixo a partir do centro. Esta disposição das teclas foi concebido de forma ergonómica para prevenir o síndrome do túnel de carpal e outras lesões de esforço repetitivo associadas a digitação durante longos períodos de tempo. O teclado ajuda ainda a ter uma postura correcta em frente ao computador. Embora não tenha sido o primeiro teclado ergonómico, foi o primeiro a ser amplamente divulgado a um preço bastante acessível. Este teclado ganhou muita popularidade. Em 1999 a Microsoft introduziu os teclados *Natural Pro* e *Natural Elite*. Concebeu em 2004, o teclado *Wireless Natural Multimédia*, que introduzia uma coluna de botões personalizados por cima das teclas de funções para abrir aplicações ou fazer o controlo da música. Finalmente em Setembro de 2005 a Microsoft desenvolveu a *Natural ErgonomicKeyboard 4000*.

5.3.2.2. Kinesis Contoured [2003]

Baseados em dois anos de pesquisas o teclado *Kinesis Contoured* foi desenvolvido para reduzir não só os factores de riscos associados as lesões de esforço repetitivo como também fornecer uma base mais confortável de que outros teclados. O seu *design* curvado único reduz a força e o *stress* da postura que contribui para o desconforto e limita a produtividade. Cerca de 41cm de comprimento separa as teclas côncavas de cada mão. As teclas usadas com mais frequência se ajustam ao polegar. O excelente *design* separa as mãos, coloca os braços do utilizador à mesma largura dos ombros, com os pulsos na posição recta e as mãos para que os polegares fiquem aproximadamente 20° mais elevado que os outros dedos. Desde 1992, o teclado *Kinesis* tem realizado testes extensivos independentes e tem provado que a sua preeminência face aos teclados tradicionais e outros teclados alternativos.

5.3.2.3. Adesso Tru-Form [2004]

O teclado *Adesso Tru-Form* tornou-se num dos teclados ergonómicos *standards*. As suas características de *design* de teclas ergonómicas curvadas e divididas asseguram o melhor conforto para os utilizadores. O seu *touchpad* inovador inclui teclas esquerda e direita do rato e um suporte para o pulso. O *touchpad* integrado elimina a necessidade do rato, dando mais espaço na mesa. O *Tru-Form* oferece ainda teclas multimédia que o tornam mais confortável. O *design* curvado permite que as mãos e os antebraços descansem num ângulo natural e o *design* das teclas partidas move os cotovelos delicadamente afastando do torso o que alivia a tensão no pescoço e nos ombros. O suporte para o pulso estende sob o cursor e o *keypad* numéricos. O *layout* de 108 teclas separa o *keypad* numéricos e do cursor. [<http://www.adesso.com>].

5.3.3. Teclados Especiais

5.3.3.1 Teclado Vertical

O teclado vertical representa sem dúvidas uma mudança bastante significativa a nível do teclado de computador tradicional. Embora, mantenha o *layout* QWERTY, este teclado é dividido em duas metades perpendiculares à base. O que quer dizer que, ao digitar no teclado vertical, o polegar fica para cima, e não na posição horizontal. As mãos ficam também ao lado do corpo, e não à frente, foi pensado para eliminar dores nos ombros e os braços estão ajustados à largura do ombro. Os primeiros testes como o teclado vertical foram realizados pela Cornell University em 1999 para resolver os problemas ergonómicos do teclado convencional e tiveram resultados bastantes promissores tendo sido iniciado em 2003 a sua comercialização. Foi pensado sobretudo para os utilizadores que sofrem de síndrome do túnel do carpal, devido às longas horas de secções de trabalho com o teclado. De ponto de vista ergonómico, os seus benefícios tem demonstrado serem efectivos, permitindo reduzir de forma significativo o túnel do carpal.

5.3.4 Teclados de uma Mão

5.3.4.1 Teclado de Acordes

Os teclados de acordes usam menos teclas que os teclados tradicionais e são operadas através do uso de combinações de teclas. Este processo reduz o número total de *keystrokes*. E como os dedos geralmente permanecem nas mesmas teclas e assim os dedos e as mãos não precisam deslocar muito, o que ajuda sobremaneira a reduzir a lesão por esforço repetitivo (LER). Os teclados de acordes ou *multipress*, são teclados com os quais os utilizadores escrevem ao pressionarem mais do que uma tecla simultaneamente. Um exemplo de um acorde no teclado convencional QWERTY é o uso simultâneo da tecla *Shift* e uma tecla de letra de forma a escrever em letras maiúsculas. O que distingue, de facto, estes teclados de acordes é que a actividade de acordes constitui neles a regra e não a excepção (Buxton, 2002).

Os acordes permitem que poucas teclas sejam usadas para escrever. Podem assim, substituir os teclados convencionais, normalmente, têm entre seis a oito teclas. Os teclados de acordes são fisicamente mais pequenos, alguns modelos suportam a escrita com apenas uma mão¹⁶, as suas operações são sempre alternadas, com sequência de *shift* para especificar algo como letras maiúsculas/minúsculas, numeração, controlo de caracteres, etc. (Buxton, 2002)

Ao contrário da entrada por *stylus* e dos teclados convencionais, são um dos poucos métodos da entrada de texto que podem ser realizados em movimento ou na presença da vibração, como ao andar, ou num comboio. Esta é uma outra razão pela qual o seu estudo é relevante para os interessados em computadores portáteis (Buxton, 2002).

Os primeiros estudos neste domínio remontam a 1942 (Conrad e Longman, 1965). Uma revisão extensiva da literatura é dada por Martin (1980), Noyes (1983). Seibel (1972) com pesquisas relevantes a nível da ergonomia. Investigaram o efeito do número das teclas, o número das cordas, o número das mãos, e a dificuldade relativa de combinações diferentes. Em 1968 Engelbart e English apresentam um relatório de uso de teclados de acorde na interacção do humano-computador, tendo alcançado velocidades de 35 palavras por minuto dactilografando com sua mão direita, e 25 palavras por minuto com sua mão esquerda em experiências de aproximadamente 10 horas (Noyes, 1983).

¹⁶ Este é um benefício para utilizados deficientes, assim como aqueles que querem ocupar a outra mão em alguma outra tarefa, tal como apontar (Kirschenbaum, Friedman, & Melnik, 1986).

5.3.4.2 Twiddler [2000]

O *Twiddler* é um dispositivo *wearable* que faz a combinação do teclado e do rato numa única unidade e que pode ser manejada ordenadamente tanto com a mão direita como com mão esquerda. Combinando as principais inovações na tecnologia do ponteiro e do teclado, o *twiddler* foi desenvolvido para estimular o uso do computador e assim, atrair novos utilizadores.

O *Twiddler* incorpora um teclado radicalmente novo com um *keypad* ergonómico projectado especialmente para entradas coordenadas. Cada combinação de teclas gera um carácter ou um comando único. Com 12 teclas de dedo e 6 teclas de polegar, o *Twiddler* pode rivalizar-se com facilidade as 101 teclas do teclado convencional. O dispositivo se ajusta às palmas da mão e permite uma velocidade de até 60 palavras por minuto. [<http://www.handykey.com/site/twiddler2.html>].

5.3.5. Teclados Compactos

São teclados semelhantes aos *standards*, mas normalmente com teclas mais pequenas, menos teclas de opções ou um *layout* mais compacto. Podem, no entanto, ser uma melhor opção para mãos mais pequenas ou para pessoas com alcance de movimento limitado e normalmente têm entre 65 a 90 teclas.

5.3.5.1. Frogpad [2000]

Este pioneiro *standard* a nível de entrada de dados foi lançado pela firma norte-americana FrogPad, Inc. sediada em Houston, o teclado de uma mão com apenas 19 teclas de tamanho normal, *FrogPad* quebra com o código antigo QWERTY que tem mais de um séculos. Ao contrário do QWERTY, cujo *design* resultou das limitações tecnológicas da máquina de escrever do século XIX, o *FrogPad* oferece um algoritmo lógico patenteado e um *design* que estimula a postura ergonómica correcta. Adicionalmente, com as teclas em tamanho normal, Oferece aos utilizadores de dispositivos de computação móvel uma efectiva alternativa às plataformas de teclados baseadas em *scripts*, mini polegares ou teclados dobrados disponíveis.

Possui uma interface consistente que cruza o *desktop* e o ambiente móvel, sem a necessidade de aprendizagem de um novo método de entrada quando se faz o *upgrade* do dispositivo. Após uma série de treinos e práticas de 10–20 horas, muitos utilizadores conseguem valores de entrada superiores a 30–40 palavras por minuto, quando comparado com os baixos valores de 10–20 palavras por minuto dos mais rápidos teclistas de polegar. Mede apenas 3” x 5”, É um teclado funcional e portátil de baixoperfil, com teclas em tamanho normal para uma fácil, rápida e acessível entrada de dados. [<http://www.frogpad.com>].

5.3.5.2. Littlefingers [1999] & Smartboard [2001]

Desde da sua fundação em 1985, a Datadesk Tecnologias, Inc., tem desenvolvido alguns dos avançados dispositivos de entrada digitais. O teclado *LittleFingers* (1999), foi o primeiro teclado concebido e patenteado especialmente para as mãos das crianças. Este teclado foi reduzido de modo a realçar a habilidade das crianças em aprender a computar de forma adequada. Tem apenas 30 cm de comprimento, trás teclas de funções programáveis e um trackball de 3 botões.

O teclado *SmartBoard* (2001) por seu lado, foi concebido de forma ergonómica para permitir uma posição mais confortável e natural aos utilizadores. A sua disposição única designada de *SmartKey* foi criada para aliviar os problemas de tensão dos pulsos e dos dedos associados com o uso frequente do computador. O *SmartKey* dispõe as teclas alinhadas em colunas que assim permitem uma melhor utilização dos dedos. O *SmartBoard* caracteriza-se ainda pelo seu *error-free touch* e pelas chamadas teclas de resposta táctil. [www.data-desktech.com].

5.3.5.3. Mini Teclados

Estes teclados reduzidos têm teclas especialmente concebidos para pessoas com limitações físicas. Têm incorporado um sistema de apontamento que substitui a utilização do rato, o que faz com que pessoas com alcance muito limitado possam utilizar a maior parte das potencialidades de um computador.

5.3.6. Outros Teclados

5.3.6.1. Maltron Keyboard [1977]

O teclado *Maltron* surgiu em 1977, tem um visual diferente e um formato ergonómico que ajuda a prevenir a tendinite. Com um teclado normal, é usado apenas 8 dedos para digitar, mas o *Maltron* permite usar até 10 dedos, pelo que teoricamente que se pode digitar mais rápido. O teclado *Maltron* usa *switches* de tecla *cherry MX* considerados os melhores do mercado, e que duram até 50 milhões de cliques por tecla. Eles se activam quando a pressão chega na metade do botão, tornando mais suave digitar. A união entre materiais de qualidade, tecnologia e *design* faz dele um excelente teclado. [<http://www.maltron.com>]

5.3.6.2. Big Keys Lx

BigKeys LX é um teclado com teclas grandes e coloridas, concebido especialmente para crianças ou adultos com necessidades especiais. Cada tecla equivale a um quadrado de 2.5 cm o que corresponde a 4 vezes o tamanho das teclas de um teclado *standard*. O *BigKeys LX* tem um conjunto de 101 grandes teclas especiais para pessoas que precisam de teclas

grandes para poder localizar e fazer o processamento de texto, cálculos e aceder à Internet. O teclado tem de medidas de 17,5 por 47,5 cm, com 60 teclas grandes e não necessita de nenhum *software* adicional [www.bigkeys.com].

5.3.6.3. Alphagrip [2000]

Tecnologia de escrita por toque, patenteada pela empresa AlphaGrip Inc., para dispositivos portáteis como PDA, telemóveis, controladores de jogos e controlos remotos de TV que permite aos utilizadores uma entrada de texto superior a 50 palavras por minuto com teclas de tamanho normal. O seu modelo mais recente AG-5, tem essa designação por ser a quinta geração desde da criação do protótipo original. *AlphaGrip* constitui assim, uma alternativa para os teclados ergonómicos e teclados de jogos. É um modelo de teclado coordenado simples com um *trackball* integrado que permite uma funcionalidade completa de teclado, do rato, num único dispositivo. Embora, apresenta para os novos utilizadores uma curva de aprendizagem mais longa, para os utilizadores médios permite melhorar bastante a eficiência da computação. Das principais características da *AlphaGrip* se destacam: orientação vertical das mãos, botões em tamanhos normais localizados na parte de trás do dispositivo, *trackball*, teclas programáveis, *design 3D* orgânico [www.alphagrips.com].

5.3.6.4. Orbitouch

O teclado *OrbiTouch* é uma solução ergonómica revolucionária de teclado sem teclas que elimina a barreira colocada pela combinação tradicional de teclado/rato. As pessoas que podem beneficiar são aquelas com os LER tais como o síndrome de túnel carpal, outras lesões das mãos e dos dedos e outras dificuldades físicas e cognitivas. O design confortável do teclado ergonómico sem teclas do *OrbiTouch* torna-o numa ferramenta ideal para o uso do computador e da *internet*.

O teclado *OrbiTouch* cria um *keystroke* quando se desliza as duas abóbadas numa das suas oito posições respectivas. Se digita os caracteres diferentes deslizando as abóbadas para criar letras e números. Tem também um rato integrado, assim que mover as abóbadas dá-lhe todas as potencialidades do rato e do teclado. A sua interface permite ao utilizador digitar todos os caracteres alfanuméricos e as teclas especiais de um teclado e fornecem um integrado com quatro botões através de dois abóbadas ergonómicos esculpidos. [http://www.keybowl.com/]

5.3.6.5. Logitech

Fundada em 1981 em Romanel-sur-Morges na Suíça, a Logitech é actualmente líder no mercado de dispositivos periféricos de computador projecta, fabrica e comercializa periféricos pessoais que permitem às pessoas trabalhar, jogar e comunicar no mundo. Os teclados da Logitech destacamos os seguintes:

O *Cordless MX Duo* combina o rato óptico sem fio recarregável *MX700* com o *Cordless Elite*. Com base na tecnologia *Fast RF*, o desempenho do rato *MX700* assegura um alto desempenho a nível de precisão e eficiência, enquanto o seu elegante *design* do teclado permite navegação avançada na *internet* e a central de media inteligente oferece total controlo facilmente nas pontas dos dedos. O teclado sem fio, que completa o pacote, combina estilo e conforto com uma zona de navegação inteligente e controlos de multimédia especializados.

O *design Zero Degree Tilt* oferece perfil ultra fino para maior conforto ao digitar. A zona de navegação inteligente facilita o *scrolling*, o *zoom* e o acesso instantâneo aos sites favoritos da *web* e aos centros de actuações no computador. O *layout* familiar da central multimédia permite controlo exacto e imediato sobre vários os formatos media executados no computador. Para proteger a transmissão de suas informações entre o teclado e o computador, os teclados sem fio da Logitech incorporaram um recurso de privacidade e o código ID de segurança de 12 *bits*. A criptografia patenteada da Logitech fornece um nível de conforto adicional com a tecnologia sem fio, em uma época de muita preocupação com questões de segurança. O algoritmo de criptografia assegura que cada pressionamento de uma tecla alfanumérica no teclado seja executado aleatoriamente antes de ser transmitido do teclado. O *hardware* receptor captura os dados e descodifica-os para a tecla original que foi pressionada.

Todos os periféricos sem fios da Logitech para *desktop* baseiam-se na comprovada tecnologia de rádio digital, que assegura desempenho confiável dentro de um alcance de 1,86 metros do receptor, sem necessidade de manter o campo de visão. A nova tecnologia *Fast RF* oferece ainda um maior desempenho sem fio com um nível de resposta igual ao obtido de um rato com fio. A tecnologia *Fast RF* confere avanços nas três áreas que mais desafia o rato sem fio: taxa de resposta, velocidade de transmissão e latência. Aumentando a taxa de resposta sem fio para 125 relatórios por segundo, a tecnologia *Fast RF* consegue se igualar à taxa de uma conexão de cabo USB. Isso, em combinação com maior velocidade de transmissão e latência reduzida confere a suavidade e a precisão dos ratos com fio.

Lançado em 2006, *diNovo Edge* é o primeiro teclado recarregável que permite aperfeiçoar o estilo de trabalho do utilizador, tornando-o mais rápido, mais móvel e mais elegante. Com um *design* ultra delgado, incorpora a tecnologia *bluetooth 2.0*. Com um inovador *design*, este teclado da Logitech tem as teclas em forma de onda e a superfície macia que incentiva uma posição relaxada para longas sessões de trabalho. Tem controlo de multimédia, teclas *F* programáveis, teclas de tamanho uniforme e arredondadas, proporcionando uma posição das mãos a nível ergonómico mais correcta.

5.3.6.6. Zboard [2003]

Introduzido em Março de 2003 por Oren Kramer da firma Ideazon, o *Zboard* é um teclado modular e personalizado, composto por uma base na qual são encaixados módulos de teclas, vendidos separadamente, que podem ser facilmente trocados. Cada um deles tem um *layout* único de teclas de fácil acesso. A base do *Zboard* possui o encaixe para usar qualquer *keyset*. Não é necessário instalar nenhum *software* adicional para isso, basta trocar de *keyset*.

O módulo padrão é baseado no teclado tradicional de 108 teclas, para ser acoplado no *Zboard*. Conta com diversos recursos para o *Windows*, *Messenger*, *Microsoft Office*, para *internet*, acesso rápido a funções do sistema. Trás um conjunto de nove teclas rápidas pré-programadas para funções como abrir pastas, aceder à calculadora, ler *e-mails*, abrir páginas de *internet*, procurar ficheiros, etc. Existem ainda módulos temáticos exclusivos para jogos.

Os módulos *gaming keyset* oferecem a melhor experiência de jogo, com adição de um belo visual e vantagens em cada tecla. Na verdade, este teclado surge da necessidade de oferecer um teclado específico aos amantes dos videojogos.

Adaptado aos principais jogos do mercado, as teclas mais usadas nos jogos são destacadas e ficam confortavelmente ao alcance das mãos. Deste modo as vantagens nos jogos *multiplayer* são enormes, desde maior conforto para as mãos devido a posição das teclas. Cada módulo pode ser trocado sem se desligar o computador. O *keyset* do *Dom III* por exemplo é ilustrado com personagens a cores do jogo e o nome de cada arma está inscrito na sua respectiva tecla. O *Zboard* inclui ainda as *keyTips*, uma aplicação interactiva de ajuda que permite ao utilizador, testar e verifique facilmente as diferentes teclas de função do *Zboard*. [www.idealzone.com].

5.3.6.7. Lomak [2005]

Lançado em Maio de 2005, foi criado por Mike Watling, na Auckland University of Technology em Auckland, Nova Zelândia. *Lomak* é um teclado revolucionário operado por luz de um modo inovador. Concebido sobretudo para pessoas que com dificuldade no uso do teclado convencional, possibilita operar facilmente e eficazmente um computador às pessoas com deficiências físicas, como o síndrome de paralisia cerebral, do quadriplegia e de túnel de carpal. Usando um teclado especialmente projectado conjuntamente com a tecnologia mais avançada de sensores, um ponteiro de mão ou da cabeça controla um feixe de luz que entra, confirma a tecla ou a função do rato. Confirmando cada tecla ajuda a assegurar a selecção correcta que é inserida, reduzindo os erros e aumentando a velocidade de operação.

Com suas formas e cores sóbrias, LOMAK é apropriado tanto para o uso profissional ou uso doméstico. É um teclado intuitivo e fácil de aprender, simples, leve, robusto e portátil, não necessita de nenhum *software* especial, pode ser usado tanto nos computadores *Mac* como PC. Disponíveis nas versões operadas pela cabeça ou ponteiro de mão. Permite, sobretudo, o acesso ao mundo das tecnologias de comunicação modernas para pessoas que nunca acreditaram poder usar um computador com tal facilidade. Os utilizadores de LOMAK variam de idade entre 7 a 78 anos e têm uma escala das inabilidades que inclui a esclerose múltipla, esclerose lateral, amiotrófica, paralisia cerebral, as artrites e lesão repetitiva da tensão. [<http://www.lomakkeyboard.com>].

5.3.6.8. Dx1 Input System [2005]

Desenvolvido pela Ergodex Corporation, *DX1 Input System* em 2005, é tido como um novo paradigma a nível de mecanismos de entrada. *DX1* é um dispositivo de entrada alternativo em que as teclas são soltas, podendo ser posicionadas em qualquer lugar da base, e se comunicam via sinal de rádio com a mesma. O utilizador tem a liberdade total de criar suas próprias configurações para diferentes jogos, e pode até mesmo gravar macros para a utilização em diferentes programas.

Este teclado modular permite aliviar o *stress* associado ao teclado convencional, permitindo aos utilizadores posicionarem as teclas em qualquer lugar na superfície. As suas teclas são completamente adaptáveis, tanto em termos de função como a nível da sua disposição e reprogramáveis. O *DX1 Input System* possui uma base na qual as teclas devem presas e, através de um *software*, programa-se o que cada uma das teclas vai fazer. Para facilitar a identificação das teclas, a base sobre a qual são dispostos tem capacidade de exibir uma imagem personalizada.

5.3.6.9. Optimus Maximus [2006]

O teclado *Optimus Maximus* foi desenvolvido pelo estúdio russo Art Lebedev e trouxe um conceito bastante inovador, bastante aclamado, que permite adaptar-se com facilidade a qualquer linguagem ou *layout*. Para as pessoas cujas barreiras linguísticas constituem um grande problema, este teclado é literalmente uma solução ideal. Com um *design* sóbrio e elegante, as teclas são facilmente removíveis e substituíveis para finalidades da limpeza e como os ecrãs estão encaixadas em cada tecla são móveis.

O *Maximus* tem 113 teclas com ecrãs a cores autónomos em cada tecla que mostra a função que esteja associada a ela. Os ecrãs têm a dimensão de 10.1mm² e uma resolução de 48x48 pixels. A partir de um *software* especialmente criado o utilizador pode alterar as imagens no ecrã OLED a cores de acordo com o programa que esteja a utilizar. [<http://www.artlebedev.com>].

5.3.6.10. Typematrix Ez-Reach [2006]

Desenvolvido pela TypeMatrix, Inc.¹⁷, o teclado *EZ-Reach* apresenta-se como uma nova ferramenta no combate das lesões causada pelas Lesão Por Esforços Repetitivos (LER) e que promete reduzir o desconforto dos utilizadores de teclado. Trata-se do teclado pequeno e plano com apenas meia polegada de uma da polegada altura, com teclas lisas cinzentas e brancas e com revestimento em alumínio, que tem como característica ergonómica principal o facto de todas as teclas estarem alinhadas na vertical ou seja estarem dispostas em filas e em colunas, o que permite diminuir o esforço de movimentos feitos pelo utilizadores, assim para alcançar uma tecla, não é necessário torcer os pulsos, que são mantidos rectos. Para

¹⁷ Firma de *design* de dispositivos periféricos sediada em Santa Barbara, CA nos Estados Unidos.

além de proporcionar grande habilidade e eficácia, este teclado apresenta vantagens como força de pressão das teclas ergonómicas, *feedback* tátil e o auditório; superfície da batida dos *keycaps* de tamanho e forma ergonómica. [<http://www.typematrix.com>].

5.3.6.11. Teclado de Estenógrafo

O teclado do estenógrafo é um teclado alternativo frequentemente usado em programas televisivos e reportagens. Este teclado é caracterizado por usar uma espécie de caracteres coordenados orientados pelos fonemas. Para dar uma sílaba a gravar terá que pressionar múltiplas teclas em simultâneo. O que permite uma entrada muito mais rápida (255 palavras por minuto com treino) mas não se produz entrada de texto exacto. Muitos estenógrafos não conseguem ler a entrada do outro sem esforço porque as entradas são fonéticas e mais sugestivas que propriamente representação de palavras (Olsen, 2007).

5.4 ENTRADA DE TEXTO PARA PESSOAS INCAPACITADAS

Existem diversos problemas na utilização de teclados, nomeadamente quando se trata da utilização por parte de pessoas com alguma incapacidade. A utilização de teclados *standards* (QWERTY) por parte destes utilizadores por vezes torna-se extremamente difícil. Contudo existem algumas alternativas ao teclado normal e também alguns suportes, quer a nível de *hardware*, quer a nível de *software*. O teclado convencional pode ser adaptado utilizando aplicações de acesso, que ajudam os utilizadores com incapacidades visuais ou motores. Existem várias técnicas como filtros, teclados virtuais, predição de palavras etc. Os filtros modificam a resposta do teclado de modo a eliminar as repetições de letras e normalmente já vêm pré-instalados com os sistemas operativos mais recentes e podem ser ajustados às necessidades de cada utilizador. Por outro lado diversos utilitários de usabilidade que permitem ajustar o teclado ou o rato, são incorporados nos próprios sistemas operativos. Existem, no entanto, vários teclados com teclas reduzidas incluindo teclados coordenados com usos especiais.

5.4.1. Teclado *Braille*

Para os invisuais o uso do teclado padrão pode constituir um sério problema, embora em muitos casos conseguem facilmente adaptar-se através da memorização das posições das teclas. No entanto diversos géneros de teclados em *braille* foram concebidos para colmatar esta situação. O teclado *braille* foi também concebido para combater o desenvolvimento do síndrome do túnel de carpal, síndrome de movimentos repetitivos e outras lesões causados pelos teclados convencionais. O teclado *braille* mais vulgarmente conhecido é o teclado de 8 teclas de acordes em *braille*. Permite uma posição ergonómica mantendo o braço na melhor posição e os pulsos relaxados enquanto se escreve. É constituído por uma parte do teclado da máquina de escrever composta por 8 teclas. O método para inserir os dados através de oito teclas de acordes é, todavia, fácil de aprender e rápido no uso pode servir como alternativa à comunicação em *braille* pela comunidade dos invisuais.

5.4.2. Teclado Grande

Os teclados grandes podem ajudar em situações onde é difícil encontrar exactamente um *tecla-top* feito sob medida normal. O tamanho maior dá uma área de visão maior. Se um utilizador for incapaz de suportar inteiramente o peso de seu braço, as teclas ficam então mais abaixadas em relação à superfície do teclado.

5.4.2.1. Concept Keyboard

Uma variação no teclado alfabético grande é o *Concept Keyboard* que foi desenvolvido especialmente para o uso das crianças pequenas e dos adultos com deficiências. Estes tecla-

dos são geralmente não-alfabéticos e usam figuras e gráficos para representar acções ou palavras e, tem despertado o interesse dos especialistas.

5.4.3. WiViK [1991]

WiViK¹⁸ é um *software* de teclado de ecrãs (teclado virtual) desenvolvido por Bloorview Kids Rehab em 1991, especialmente para pessoas incapacitadas. Este teclado permite que qualquer dispositivo apontador seja usado para inserir o texto em qualquer aplicação. O dispositivo apontador pode ser um rato, um *touchpad*, um *trackball*, um *joystick*, ou um *eye-tracker*.

5.4.4. Reconhecimento da Voz

Os sistemas do reconhecimento da voz são quase tão rápidos quanto os teclados convencionais, mas nem sempre são socialmente aceitáveis e os utilizadores podem também sofrer da fadiga da voz.

5.4.5. Eye-Tracking

A entrada de texto com *eye-tracking* pode ser feita através de um teclado QWERTY no ecrã de computador usando o tempo de interrupção como uma técnica da selecção. Por exemplo, o teclado WiViK pode ser usado desta forma. Um carácter é produzido quando o olhar do utilizador permanece numa tecla por um período de tempo pré-determinado. O tempo de interrupção é uma combinação entre a entrada rápida e a entrada errada. Se o tempo de interrupção for demasiado curto, o sistema irá gerar a entrada quando o utilizador está a olhar ou está a realizar a varredura do teclado sem a intenção de seleccionar uma tecla. Se o tempo de interrupção for demasiado longo, o utilizador começa a ficar frustrado porque leva muito tempo a obter uma resposta do sistema.

Esta técnica básica da entrada pode ser melhorada de muitas formas. Uma das melhorias é o uso de vários esquemas da conclusão da palavra ao reduzir o número das teclas imprensas protocolo do tempo de interrupção usando um interruptor físico, como o piscar de um olho, uma tecla física, ou a actividade do EMG medida por um músculo da cara. O sistema *Quick Glace* é um sistema de *eye-tracker* desenvolvido pela empresa Eyetech Digital Systems¹⁹ desde 1996. Os *designers* estimam uma velocidade máxima da escrita de um carácter por o segundo (12 palavras por minuto) ao usar o *eye-tracker* com o teclado de WiViK. Assim os teclados de ecrã constituem um método ainda dolorosamente lento para a entrada de texto usando *eye gaze*.

18 F. Shein, G. Hamann, N. Brownlow, J. Treviranus, M. M. Milner, and P. Parnes. WiViK: A Visual Keyboard for Windows 3.0. In Proceedings of the 14th Annual Conference of RESNA, pages 160-162, 1991. [<http://www.wivik.com>].

19 www.eyetechds.com

5.4.6. Alteração da Resposta do Teclado

Existe ainda uma série de programas de *software* que podem ser usados para alterar a forma como o teclado se comporta e servir assim, às necessidades especiais do utilizador. Algumas das funções principais são: as teclas de atalho que permitem operar as teclas *shift*, *control* e *alt* com um único dedo (o modificador de teclas é mantida para baixo até que a tecla seguinte esteja pressionada); a alteração da frequência de repetição das teclas, que terá um tempo que a tecla necessita para ser mantido descido antes que um outro carácter esteja pressionado e as teclas do rato que permitem que o ponteiro seja movido com o uso das teclas numéricas do *keypad*.

6. ENTRADA DE TEXTO NOS TELEMÓVEIS

O surgimento dos telemóveis remonta ao início da Segunda Guerra Mundial quando a necessidade de comunicação à distância, levou a firma Motorola nos EUA a criar um equipamento designado de *Handie Talkie HI2-16* que permitia o contacto com as tropas via ondas de rádio. Contudo somente começaram a proliferar no início dos anos 80 nos países asiáticos com a introdução dos telefones “celulares”, inventado em 1972 por Marty Cooper com tecnologia analógica que utilizavam ondas de rádio para transmitir uma comunicação baseadas em redes celulares com estações múltiplas localizadas próximas umas das outras. O primeiro celular da história é a *Motorola Dyna TAC 8000X* e apareceu pela primeira vez no ano de 1983 e os primeiros utilizadores eram negócios, executivos e outras pessoas de grande poder de compra.

O desenvolvimento das novas tecnologias, faz com que cada vez mais se verifica uma redução significativa de tamanho dos dispositivos de telecomunicações, como por exemplo PDAs e telemóveis. Como efeito directo, a dimensão dos teclados, quer físicos quer virtuais, torna-se cada vez menor, como tal existem alguns problemas na utilização destes dispositivos, nomeadamente a ocorrência de erros. Alguns dados apontam que recentemente a necessidade de escrita de texto no papel com uma caneta tem diminuído. Uma razão para este facto é sem dúvida a emergência de vários dispositivos portáteis de computação e comunicação. Cada dispositivo normalmente tem o seu próprio método de entrada de texto, alguns baseados em teclado em miniatura enquanto outros usam o *stylus* (Isokoski, 1999).

O teclado dos telemóveis com letras alfabéticas é um caso específico da funcionalidade do teclado porque a utilização de um conjunto de 12 teclas para escrever mensagens de textos muito grandes pode ser uma tarefa bastante árdua e mesmo o sistema de reconhecimento automático de palavras apresentado por alguns telemóveis resolve apenas parte do problema pois oferece um vocabulário padrão muito limitado.

O grande sucesso das comunicações entre telemóveis por via de mensagens de texto sms provavelmente se deve a discrição que esta forma de comunicação permite, e não propriamente a conveniência do seu uso. Nesta forma de atribuições e funções múltiplas das teclas, é bastante vantajosa ter sempre visível no ecrã todos os caracteres que são representadas por uma determinada tecla quando a tecla é pressionada. O tamanho do teclado surge como segundo factor mais importante depois do tamanho do ecrã na determinação do tamanho global dos dispositivos portáteis como os telemóveis, Muitas vezes o conforto e a facilidade no uso são sacrificados pela miniaturização destes dispositivos. As teclas actuam como área de exposição, que afecta consideravelmente a interacção do utilizador com o dispositivo.

Os dispositivos portáteis pequenos tais como assistentes digitais pessoais (PDAs), *paggers*, e

telemóveis, assim como dispositivos da maior escala como *tablet computers* e *whiteboards* electrónicos, jogam agora um papel cada vez mais central na interacção humano-informação. Esta tendência geral está a se libertar rapidamente dos limites de nossos portáteis ou computadores de secretária e está a conduzir-nos a um futuro de computação pervasiva. Apesar desta tendência favorável em computar pervasiva, determinados obstáculos continuam a dificultar o desenvolvimento de aplicações eficientes para estes dispositivos. O problema mais óbvio relaciona-se à entrada de texto. A entrada de texto é ainda problemática para PDAs e outros dispositivos portáteis. Actualmente, a entrada de texto nestes dispositivos pode ser conseguida através dos teclados físicos reduzidos, de reconhecimento da escrita manual, do reconhecimento de voz, e dos teclados virtuais, mas cada uma com aspectos críticos a nível da usabilidade (MacKenzie & Soukoreff, 2002). Um dos métodos de introdução de texto é de dactilografar, o que nestes teclados torna-se bastante lento e difícil devido a seu tamanho reduzido. O outro método é usar *keypad* de número dos telefones, por meio de que cada número corresponde às letras múltiplas. A ambiguidade de letras possíveis múltiplas é resolvida geralmente pelo número de pressão consecutivas, ou por modelos lexicais.

O ecrã LCD do *tablet PC* apresenta um digitalizador de alta resolução que permite a leitura em tempo real do texto manuscrito, com um efeito que se assemelha à escrita com tinta sobre papel. Os sistemas de entrada de texto dependem quase sempre de situações físicas e contextos nos quais os utilizadores se inserem. Se um utilizador estiver sentando numa mesa o teclado está numa posição ideal para criar a palavra escrita de uma forma mais rápida e eficiente. Porém a maioria das pessoas nem sempre vivem e trabalham em frente de uma mesa ou sentada numa posição correcta.

Em particular, a computação móvel permite situações que raramente são apropriadas para o uso do teclado. Há duas principais formas para a entrada de texto sem um teclado: uso de um dispositivo pequeno com um número pequeno de teclas e o uso de uma *Pen* ou *Stylus* na superfície de uma mesa. Uma outra questão da entrada de texto móvel é a habilidade para incorporar o texto sem olhar para o teclado (Olsen, 2007).

As dificuldades em inserir textos num computador portátil ou outro dispositivo portátil e telemóveis tem levado ao surgimento de novas técnicas (MacKenzie, 2001), embora muitos deles oferecem valores de escrita apenas de 10 – 20 palavras por minuto, comparado com as aproximadamente 60 palavras por minuto da uma escrita de teclado normal.

Muitos modelos de telemóveis como o *RIM Bluckberry*, oferecem dois modelos de teclado: a principal QWERTY e uma virtual em que os pares mais comuns de letras tendem a ocorrer nas mãos opostas (MacKenzie & Soukoreff, 2002). Um estudo recente aponta que teclados de dois polegares oferecem valores de entrada de textos aproximados de 60 palavras por minuto (Clarkson, Clawson, Lyons&Staner, 2005). Estes sugerem que a entrada de texto só com uma mão são fundamentalmente limitados dado à natureza serial da entrada de caracteres (MacKenzie, et al., 2001; Wigdor&balakrishnan, 2003).

Existem, no entanto, vários tipos de teclado virtual. Uma delas é um dispositivo com a forma de luvas que reconhece e interpreta os movimentos dos dedos. Nesta concepção as letras são

projectadas pelo utilizador. Em alternativa, existe outro teclado virtual que aparece no ecrã ou é projectado numa superfície externa. Neste caso, ambas as interações com o teclado virtual depende de um elevado grau de atenção do utilizador e assim como insustentável para uso periférico. O teclado dobrável disponível para PDAs e para os *smartphones* permitem ampliar a área de interação para dimensões bastante mais confortáveis, mas também permitem que um dispositivo móvel seja colocado temporariamente numa posição estática. Embora a entrada de textos tem sido extensivamente estudado nos teclados *standards* e dedos assim como a entrada de *stylus*, não existem ainda trabalhos sobre a entrada de texto com dois dedos em teclados QWERTY em miniatura (MacKenzie & Soukoreff, 2002).

As pesquisas actuais têm dedicado significativo interesse no uso de pequenos teclados físicos. Alguns dispositivos permitem a entrada de texto com pouco mais de cinco teclas, como *AccessLink II by Glenayre Electronics* (Charlotte, NC). Outros apresentam um completo em miniatura QWERTY, como *Blackberry by Research InMotion* (Waterloo, Canada). Esses são ambos exemplos de *two-way pagers*. Enquanto a maioria dos telemóveis suportam a entrada de texto convencional via telefone *keypad*, já a Nokia tem recentemente introduzido nos modelos 5510, teclado QWERTY completo.

6.1. MENSAGENS SMS

O SMS²⁰ é o serviço de troca de mensagens de texto curtas entre telemóveis bastante popular que foi incorporada na maioria dos telemóveis. A habilidade de discretamente, assincronamente e com custos muito baixos, enviar mensagens de um telemóvel para outro tem demonstrado um sucesso estrondoso, particularmente na Europa²¹. Isto se deve basicamente à grande penetração da tecnologia GSM em vários mercados do mundo. Serviços semelhantes também existem em outras redes, como a TDMA (IS-136), CDMA (IS-95) e PDC (Japão).

O funcionamento do SMS é bastante simples. As mensagens são trocadas entre telemóveis num esquema *store-and-forward*, ou seja, um aparelho envia uma mensagem para outro, sendo que esta mensagem será recebida por um centro de controlo da operadora do serviço antes de ser transmitida ao seu destinatário final. O centro de controlo é responsável por todas as tarefas relativas ao processamento das mensagens, como planificação, cobrança e entrega das mensagens. Uma característica muito importante deste sistema é o tamanho de cada mensagem, que é limitado a 160 caracteres, se for usado o alfabeto ocidental ou 80 caracteres, no caso dos alfabetos árabe ou chinês. Este é um factor que limita as funcionalidades do SMS, mas que, ao mesmo tempo, possibilita que sejam criados serviços de baixo custo, principalmente do ponto de vista da aquisição de equipamentos na rede móvel. As mensagens SMS são introduzidas mediante o *keypad* e técnicas de entrada *multi-tap* embora outras técnicas têm emergido no mercado como *T9* da Tegic²² e *WordWise*

20 Do inglês *Short Message Service*.

21 As estatísticas mostram que o volume de mensagens por dia atinge valores perto de 1 bilião (David J. Ward, 2001).

22 URL: www.tegic.com (04/07).

da Eatoni²³. O *messaging* parece encabeçar toda uma revolução no domínio não só da comunicação escrita mas em toda a linguagem humana. Uma nova geração emerge dotada de novos vocabulários adaptados aos novos contextos de interacção e comunicação de cariz tecnológica e as suas bases são bastante sólidas (Ward, 2001).

6.2. PERSONAL DIGITAL ASSISTANT (PDA)

Os PDAs — Assistente Digital Pessoal (*Personal Digital Assistant*) são pequenos dispositivos móveis com capacidades de computação móvel para uso individual através de aplicações como calendários, livro de endereços, lista de tarefas e *e-mails*. Em 1993, *MessagePad* da Apple, mais conhecido como o *Newton*, foi o pioneiro neste campo, sendo o John Sculley CEO de Apple o inventor do termo de PDA para dispositivos baseados na *pen*.

Entretanto, o *Palm Pilot*, introduzido dois anos mais tarde, popularizou a tecnologia. Quando a *BlackBerry* trouxe o *e-mail* sincronizado em 1999, o PDA passou de certa forma a transformar-se num escritório móvel. Com os PDAs operados com *pen*, os utilizadores têm menus e podem introduzir o texto através de um teclado no ecrã, com um *stylus*. Leves, com todas teclas, podem ser conectados e usados na superfície de uma mesa.

Dadas as limitadas capacidades do telemóvel a nível da entrada de texto, as actuais tendências nas pesquisas de técnicas de entrada de texto nos telemóveis incluindo diversos investigadores e empresas procuram novas ideias para desenvolver técnicas de entrada de texto nos telemóveis ou outros produtos similares aos telemóveis que possam suportar o serviço (MacKenzie & Soukoreff, 2002). Em muitas situações, um teclado não é tão prática como outros dispositivos de entrada e uma solução que tem recebido uma atenção considerável é o uso de *stylus* ou *pen* para entrada de caracteres. Desde a sua introdução nos finais dos anos 90, os sistemas baseados em *pen* tem tido uma enorme aceitação pelos utilizadores. Entretanto, a entrada de texto com recurso à escrita cursiva não tem correspondido as expectativas dos utilizadores. Actualmente, o reconhecimento da escrita manual tem tido um desenvolvimento significativa e os PDAs baseados em *pen* não tem parado de aumentar a sua popularidade.

Podemos considerar, no entanto, quatro técnicas básicas de uso no que toca a entrada de texto nos dispositivos móveis: teclado, reconhecimento de caracteres, reconhecimento de frases e reconhecimento de escrita cursiva. Muitos investigadores têm conseguido, portanto, aumentar a velocidade de texto com *stylus* através da criação de técnicas de entrada de palavras completas com um único traço (Olsen, 2007).

23 URL: www.eatoni.com (04/07).

6.3 SISTEMAS DE ENTRADA

Em contraste com o predomínio do QWERTY convencional no mercado dos computadores, no domínio dos telemóveis nenhum sistema de entrada de texto pode ser considerado actualmente como sendo dominante. No entanto, podemos estipular para os sistemas de entrada de texto em dispositivos portáteis três grandes categorias: teclados em miniaturas e reorganizados, alfabetos gestuais e técnicas de selecção dinâmica.

6.3.1 Teclados em Miniatura e Reorganizados

Os teclados em miniatura e reorganizados apresentam o alfabeto mantendo as teclas suficientemente grandes e reduzindo frequentemente o número das teclas. O *Half-QWERTY* usa, por exemplo, apenas metade do teclado QWERTY. Assim, quando uma tecla é pressionada, o carácter que está na parte superior da tecla surge. Quando a tecla pressionada é precedida da barra de espaço, é o carácter na parte superior do lado direito da tecla que aparece. As velocidades de digitar feitas em experiências apontam para 34.7 palavras por minuto conseguidas após dez sessões, com duração de 50 minutos cada.

O teclado *Fitaly* tem uma disposição das teclas em forma de um quadrado compacto optimizado para o percurso mínimo da mão enquanto se tecla com o dedo, (MacKenzie, S. X. Zhang, and R. W, 1999).

O *T9* e os sistemas de entrada *multi-map* usam o mapeamento convencional dos 26 caracteres alfabéticos num *keypad* de telefone de 12 teclas. *Multi-tapping* requer que se pressione em múltiplas teclas por cada letra. Por exemplo, ao pressionar uma vez a tecla 2 surge a letra a; ao pressionar 3 vezes a tecla 6 aparece a letra O. Com o *T9*, o utilizador pressiona uma tecla e o dicionário ajuda a distinguir as leituras alternativas. *Fitaly* e *T9* surgem como sistemas alternativos da entrada de texto para o *Palm Pilot*.

Uma experiência realizada com 20 pessoas comparou os utilizadores mais experientes e novatos em entrada de texto nos telemóvel, (James &Reischel, 2001). Ao escrever mensagens de *chat*, os utilizadores experientes conseguiram 26 palavras por minuto com *T9*, contra 11 palavras por minuto para *multi-tap*. Os utilizadores menos experientes conseguiram 11 palavras por o minuto com o *T9* contra 10 palavras por o minuto com *multi-tap*. *T9* exige a atenção visual enquanto o *multi-tap* não. O teclado *OPTI* é um teclado matematicamente optimizado com as teclas organizadas numa grelha hexagonal.

Enquanto a velocidade predominante da entrada de texto varia entre 42 a 44 palavras por minuto, experiências recentes apontam para a velocidade de 8.9 a 9.7 palavras por minuto. Sears (1993) fez experiencias com uso de teclados QWERTY reduzidos, e touch screen com dedo. A velocidade de digitar de um *expert* após 30 minutos foi de 32.5 palavras por minuto com um teclado grande (246 milímetros de largura), descendo até 21.1 palavras por minuto num teclado muito pequeno (68 milímetros de largura).

É também possível reduzir o tamanho do teclado através um esquema de acordes com pou-

cas teclas, em que teclas múltiplas são pressionadas de uma só vez. O desempenho do *Ternary Chorded Keyboard* (TCK)²⁴ é de aproximadamente de 16 palavras por minuto após um treino de 600 minutos.

6.3.2. Alfabetos Gestuais

A maioria dos dispositivos portáteis baseados na *pen* é fornecida com o *software* de reconhecimento de caracteres de escrita manual. Os primeiros desses dispositivos como o *Newton* de Apple tentaram reconhecer a linguagem natural dos utilizadores que não requeria nenhuma aprendizagem por parte do utilizador. Os sistemas actuais como *Graffiti* para *Palm Pilot*²⁵ e *Jot* para o *Windows CE* utilizam alfabetos mais eficientes que traçam gestos simples com caracteres comuns não obstante a similaridade mnemónica. Os inventores de *unistrokes* estimam uma taxa de 40.8 palavras por minuto.

6.3.3. Selecção Dinâmica

As técnicas de selecção dinâmica têm características tanto dos teclados em miniatura como do alfabeto gestual. O utilizador ao mover a *pen* no sentido da região da selecção, irá seleccionar um carácter ou apresentar um conjunto de outras alternativas adicionais. Desses exemplos incluem o *T-Cube* e a *Quik-writing*. O *Quik-writing* encontra-se disponível no mercado para o *Palm Pilot*. O teclado de FOCL (*Fluctuating Optimal Character Layout*) reorganiza as teclas após cada *keystroke* para colocar as letras seguintes mais prováveis perto do centro. Os resultados com o teclado de FOCL foram de cerca de 10 palavras por minuto após 10 sessões de 15 minutos. Estes dispositivos de selecção dinâmica são sujeitos a um jogo de negociação entre a eficiência e a facilidade da aprendizagem. A organização da área ou a selecção das alternativas deve favorecer a escolha de caracteres comuns, mantendo a sua legibilidade.

²⁴ Teclado com um pequeno número de teclas, em que cada tecla corresponde a um dispositivo ternário de três posições possíveis. Este teclado não requer o movimento dos dedos de uma tecla para a outra, e requer apenas a habilidade e o cuidado normal por parte de um utilizador para evitar formas não desejados durante transições de um caractere para outro.

²⁵ Introduzido em 1996, o *PalmPilot* foi o primeiro modelo da família *Palm*, que iniciou uma revolução em *handheld organizers*.

6.4. TECLADO VIRTUAL

O teclado virtual em sistemas *touch-screen* tem sido um dos métodos de entrada de texto mais promissores. As estimativas em termos da sua eficiência apontam para um desempenho potencial dos modelos existentes de teclados virtuais QWERTY, FITALY, e de OPTI na vizinhança de 28, 36, e 38 palavras por o minuto respectivamente.

6.4.1 Teclado QWERTY

Porque a entrada de texto é um processo complexo e as pessoas são lentas a aprender, os *layouts* de teclados familiares dão uma melhor performance para o teclado virtual que qualquer dos outros. Essa é a razão pela qual quando se está num quiosque com *touch-screen*, o sistema de entrada de texto é mais parecido a um teclado virtual com *layout* QWERTY. Muitas pessoas hoje têm alguma familiaridade com o *layout* QWERTY e assim é um benefício para os fabricantes a usar o QWERTY (Isokoski, 1999).

6.4.2. Teclados Optimizados

O *touch-screen* e as mesas digitalizadoras, muitas vezes, permitem apenas um ponto de entrada de cada vez. Embora o utilizador não possa manter muitos dedos na teclas de um teclado virtual como é costume fazer quando se escreve num teclado físico. Esta limitação efectivamente reduz a escrita a uma tarefa em série. O paralelismo que é essencial para ganhar uma grande velocidade com o teclado físico não existe e a velocidade de escrita não pode ter a magnitude que se observa nos experientes teclistas. Para colmatar o paralelismo, o teclado virtual dá um novo valor para optimização do movimento dos dedos. A diferença na velocidade entre um *layout* não optimizado como o QWERTY e um *layout* optimizado poderá ser bastante substancial (Isokoski, 1999).

6.4.3. Teclado OPTI

OPTI é um dos teclados virtuais optimizados para a língua inglesa cujo *layout* foi adaptado de modo a corresponder a velocidade usando experiência e erros, leis de Fitts²⁶, e a frequência de caracteres e diagramas em inglês. Assim com base nas experiências e nos erros é gerado o *layout* do teclado. De acordo com os cálculos de MacKenzie & Zhang⁹⁹, o *layout* OPTI é teoricamente 35% mais rápido que QWERTY e 5% mais rápido que FITALY²⁷ (Isokoski 1998, Textware Solutions, 1998).

²⁶ A lei de Fitts permite calcular o tempo que se leva a digitar em função o número do movimento necessário e o tamanho do objecto e permite assim ter uma certa previsão a nível do performance de utilizador dado pelo *layout* do teclado.

²⁷ outro *layout* optimizado de um dedo.

6.4.4. Teclado ATOMIK

O teclado ATOMIK²⁸ é um teclado gráfico otimizado com as seguintes características: tem uma alta eficiência de movimento em digitar que os outros teclados *stylus*; foi criado a partir da aplicação do método algoritmo de *Metropolis* que permite uma enorme flexibilidade em gerar uma variedade de *layouts* em que o teclado é tido como uma molécula e cada tecla como um átomo; permite potencialmente escrever mais do que 40 palavras por minuto; usa a área de *Graffiti* de um dispositivo *PalmOS* como um teclado *touchs-creen*; o seu *layout* está especialmente otimizado para aplicações em *touch-screen* e foi alterado de modo a facilitar o processo da busca dos utilizadores inexperientes; foi ainda, introduzido características adicionais ao *layout* para que pudesse beneficiar a experiência de aprendizagem dos utilizadores²⁹.

6.4.5. Dasher

Desenvolvido em 2002 na Universidade de Cambridge, *Dasher*³⁰ é um sistema de entrada de texto para pessoas incapacitadas sem o teclado que pode ser usado com alfabetos convencionais, caracteres especiais e capitalização (Ward, 2001). Trata-se de um interface de entrada de dados com uma técnica alternativa de selecção dinâmica de fácil aprendizagem e com melhor eficiência. Funciona através do ajuste dinâmico do tamanho da área da selecção de acordo com um determinado modelo da linguagem. Este projecto *Open Sorce* foi concebido por David Mackay e David Ward do Departamento da Física da Universidade.

Esta aplicação de introdução de texto é baseada numa técnica de *zooming* e tem um sistema preditivo subjacente. Através desta sinergia, torna-se possível a escrita de texto com necessidade de apenas dois canais. Adequado para utilizadores de computador incapazes de utilizar o teclado com as duas mãos já que necessita apenas da visão, o *Dasher* pode ser controlado com um rato, um *trackpad*, um ecrã de toque, um *rollerball*, ou um *joystick* e permite uma entrada eficiente de texto sem a necessidade do teclado. Consegue-se uma escrita rápida com o mínimo de movimentos de ponteiros. *Dasher* está licenciado sobre GPL e disponível para plataformas: *Windows*, *linux* e *Pocket PC* entre outras.

²⁸ *Alphabetically Tuned and Optimized Mobile Interface Keyboard.*

²⁹ Para utilizadores inexperientes do teclado virtual, a velocidade é determinada na maior parte das vezes pela necessidade procurar e encontrar tecla de destino mais do que pela quantidade de movimento motora (Zhai Shumin, Hunter Michael and Barton A. Smith, *Performance Optimization of Virtual Keyboards*, IBM Almaden Research Center, HUMAN-COMPUTER INTERACTION, 2002, Volume 17, p. 89.)

³⁰ URL: <http://www.inference.phy.cam.ac.uk/dasher> (03/07).

7. TECLADO E OS NOVOS PARADIGMAS DA COMPUTAÇÃO

“The most profound technologies are those that disappear. They weave themselves into the fabric of everyday life until they are indistinguishable from it.”

Mark Weiser,³¹

Em *The Manual Input Session*³², Golan Levin e Zach Liberman (2004) criam uma espécie de vinhetas audiovisuais em que exploram as possibilidades expressivas dos gestos manuais e movimento dos dedos. Trata-se de um concerto realizado a partir da combinação de *software* interactivo, projectores analógicos sobrepostos e vídeo digital. Os projectores analógicos e digitais são alinhados, resultando numa qualidade invulgar de uma luz dinâmica e híbrida.

Durante a performance, o sistema de *computer vision* analisa as silhuetas das mãos dos *performers*, a forma como estes se comportam e se movem nas transparências. Desta forma os gestos das mãos e os desenhos das transparências são analisados pelo *software*. Em resposta, o *software* gera gráficos sintéticos e sons que são firmemente associadas às formas e movimentos das acções do *performer*. As respostas sintéticas são por sua vez co-projectadas juntamente com as sombras orgânicas e analógicas, resultando num jogo de formas mágicas de sombras em realidade aumentada.

Esta performance multimédia que projecta objectos físicos e gera sons a partir das formas numa espécie de animação abstracta, numa evocação explícita à linguagem inventada por Myron Krueger,³³ é bastante elucidativa das possibilidades infindáveis a nível de novas formas e processos de interacção humano-computador e o campo das artes digitais tem-no provado.

Naturalmente, perante os desafios tecnológicos e dos novos modelos de interacção com os computadores que se emergem em mutações cada vez mais aceleradas, não se figura como tarefa fácil conjecturar acerca do futuro do teclado do computador. No entanto, podemos no futuro, ter a expectância de ver o predomínio do uso de tecnologias de interacção de carácter mais intuitiva de forma a facilitar a comunicação entre as pessoas e o computador.

Assim sendo, nas próximas décadas antevemos que os computadores possam ser bastante diferentes dos actuais, sobretudo devido à rápida evolução e ao desenvolvimento de novos processadores com capacidades exponencialmente superiores, com a expansão de redes de banda larga e tecnologias *wireless* generalizada, com os dispositivos portáteis a tomarem várias direcções e a serem cada vez mais pequenos, fáceis e cómodos no uso, ao mesmo

³¹ Mark Weiser (1991) cit. Teresa Dillon, *Innovations Researcher*, Futurelab.

³² *The Manual Input Session* é um performance audiovisual e uma instalação interactiva de Golan Levin e Zachery Lieberman desenvolvido em Abril em 2004, apresentado na Ars Electrónica Festival em Setembro de 2004. Tanto Golan Levin como Zachary Lieberman são conceituados artistas e engenheiros que têm explorado o campo das novas formas de interacção. Levin tem focado no *design* de sistemas de criação, manipulação e *performance* de imagens e sons em simultâneo. Lieberman por seu lado produz instalações, trabalhos online e concertos sobre a temática da performance cinética e gestual.

³³ Referindo ao *Videoplacement* de Myron Krueger, sistema de projecção de vídeo interactivo datado de 1975.

tempo mais robustos em termos de recursos e aplicações, ligados sempre em rede, numa produção em massa e a custos bastante reduzidos.

As projecções tecnológicas apontam para uma evolução na resolução, compactação e sobretudo na redução dos custos que permitirá um grande desenvolvimento de tecnologias como o vídeo, a produção de grandes formatos e o aumento da capacidade de visualização.

Algumas investigações recentes a nível do desenvolvimento de dispositivos de entrada têm dado primazia a sistemas de capturas de dados em tempo real de forma contínua. A realidade virtual e a tecnologia de simulação irão trazer simulações cada vez mais realistas. Tudo isso irá possibilitar não só uma grande precisão a nível da simulação audiovisual mas sobretudo a inclusão de outros sentidos. Os novos dispositivos irão certamente fazer uso dos outros canais de interacção, para melhorar a utilização das mãos e potenciar as interfaces cérebro-computador.

Da mesma forma que no futuro irão ser potenciadas todas as formas possíveis de interacção humana, como a fala, os gestos, as expressões faciais e a escrita manual, a tecnologia também irá estar centrada nas pessoas e os computadores adaptados às formas humanas de interacção, capazes de aceitar entrada de dados por meio de vários canais e com suportes activos neles incorporados. A facilidade na acessibilidade de uso do toque e a aposta forte nos interfaces intuitivos serão cruciais na tomada de decisão sobre as possibilidades oferecidas pelas tecnologias de informação e comunicação que poderão ser exploradas no futuro. Por outro lado, existe uma certa tendência para se explorar comunidades virtuais e tecnologias nómadas que usam dispositivos móveis no acesso a informações independentemente do tempo e do espaço. Isso requer a cooperação e a interligação de um grande número de sistemas de informação assim como a simulação de espaços e objectos, possibilitando utilizadores espacialmente separados a trabalharem juntos.

Novas pesquisas na área da computação gráfica e interfaces tangíveis revelam uma enorme tendência para a integração de diferentes tipos de media. A nível da computação gráfica, as imagens dinâmicas modeladas poderão ser as novas técnicas que irão utilizar múltiplas câmaras de vídeo, juntamente com apropriados *softwares* de síntese, para construir continuamente e fazer actualizações. Estas técnicas estão dependentes da capacidade de processadores, *scanner* tridimensional, operações de ubiquidade e interactividade podem também produzir modelos digitais em tempo real. Assim sendo, fazer *scanning* irá ser ubíquo, adaptativo, iterativo e não uniforme. Fazer *scanning* e sintetizar serão um único processo.

A realidade aumentada, por seu lado, irá permitir que o utilizador tenha uma melhor percepção sobre o mundo real, através de uma realidade mista e o constante fornecimento de informações adicionais sobre o mundo que nos rodeia. Essa composição será feita, em tempo real, numa combinação das imagens sintéticas com imagens reais. No entanto, pesquisas a nível de sistemas de realidade tangível e interligada, combinadas apresenta algumas soluções fascinantes para fazer a separação de modelos físicos e digitais. As interfaces tangíveis dependem em grande medida dos sensores que irão rapidamente tornar mais pequenos, baratos e mais capazes. Pode afirmar-se que é um domínio do futuro.

7.1. POST-WIMP INTERFACES

A *post-WIMP* interface surge como uma nova técnica de interacção que não depende dos *widgets* clássico em 2D, como menus e ícones mas que envolve todos os sentidos, numa linguagem natural de comunicação paralela entre vários utilizadores. Os exemplos mais comuns de dispositivos de interacção *post-WIMP* comercialmente disponíveis actualmente são baseados no reconhecimento gestual através da *pen* utilizados nos dispositivos portáteis de PDAs, como a Apple *Newton* ou os *U. S. Robotic Pilot*. Estes dispositivos têm tido mais ou menos sucesso e apresentam técnicas tanto em *2D WIMP* como em *post-WIMP*. Outro exemplo instrutivo de interacção natural humano-computador que não utiliza dispositivos ou técnicas *WIMP* são os jogos arcade como os simuladores de condução com um volante e simulações de golfe. A nível da modelação em 3D, os *3D widgets* têm sido cada vez mais utilizados como parte da cena 3D e eliminaram alguns dos convencionais *widgets 2D*.

7.2. COMPUTAÇÃO UBÍQUA

Há mais de dez anos atrás, Weiser³⁴ utilizou o termo computação ubíqua para designar um ambiente de trabalho povoado com várias redes de sistemas informáticos de todos os géneros e tamanhos. Segundo o autor:

“Ubiquitous computing is the method of enhancing computer use by making many computers available throughout the physical environment, but making them effectively invisible to the user” (Weiser, 1991).

A sua visão consistia em conduzir os computadores ao extremo de tal forma que se tornava invisível o seu uso. Desde então, muitas pesquisas têm sido desenvolvidas no sentido de levar a interface para fora do ecrã e inseri-la no ambiente físico do utilizador, ou como Ishii e Ullmer (1997) salientaram: fazer do próprio mundo, uma interface.

A computação ubíqua pode-se dizer que é o oposto da realidade virtual. Na realidade virtual, a interface é eliminado, e tudo o que vemos é o que o computador colocou à frente dos nossos olhos. A computação ubíqua por seu lado, torna o mundo à nossa volta numa interface de computador. Assim, enquanto a realidade virtual reformula a qualidade imersiva dos filmes de Hollywood, a computação ubíqua aparece para nós como uma espécie de televisão interactiva que monitoriza e reorganiza o nosso mundo físico (Bolter & Grusin, 2000).

Entusiastas da computação ubíqua visionam cenários em que os nossos ficheiros, dados, aplicações e preferências seguem-nos automaticamente de computador em computador quando nos deslocamos em torno do nosso espaço de trabalho. Os dispositivos tornam-se inteligentes comunicando connosco e com os outros e antecipando as nossas necessidades.

34 Mark Weiser é considerado por muitos como sendo o pai da computação ubíqua e foi o responsável da Computer Science Laboratory em Xerox Palo Alto Research Center. Antes de trabalhar na PARC, ele foi professor de Computer science na Universidade de Maryland, ele recebeu o seu Ph.D. da Universidade de Michigan em 1979.

A computação ubíqua é uma tentativa de reformar a própria realidade criando objectos tecnologicamente de acordo com as necessidades e desejos humanos (Bolter & Grusin, 2000). Os defensores da computação ubíqua expressam com grandiloquência e desafio a ideia de uma reformulação dos medias digitais ou melhor de uma reconfiguração do mundo enquanto espaço mediado. Uma questão perdura no entanto: Irá a computação ubíqua ser a última expressão da remediação enquanto reforma, enquanto promessa?

7.3. REALIDADE AUMENTADA

A realidade aumentada tem sido cada vez mais associada às técnicas de visualização baseadas na sobreposição do virtual ao real. Trata-se da integração dos *bits* (colocados pelo utilizador) no mundo do átomo. Basicamente, consiste na extensão do uso e funcionalidades de objectos de uso comum, para a que estes contêm certos significados e conteúdos numa representação digital. No fundo, aproximar o mundo real e o virtual colocando informação electrónica associada aos objectos reais. A interacção e o modo como esta é realizada torna-se mais fácil, pois os utilizadores já estão bastante familiarizados com a manipulação dos objectos comuns e não necessitam de aprendizagem para o uso dos mesmos. (Mackay, 1998).

A realidade aumentada³⁵ se refere ao uso de técnicas de visualização com sobreposição de gráficos gerados pelo computador na visualização do mundo real. Este conceito abrange uma série de equipamentos fisicamente muito ligada a computação ubíqua e a camadas de gráficos de uma visualização de projecção ou de um a ver através de visualização. (MacIntyre, Feiner, 1996).

Um excelente exemplo é o *Digital Desk*³⁶, uma secretária munida com uma câmara de vídeo colocada por cima de forma a abranger toda a área da sua superfície e um projector que permite sobrepor imagens e que utiliza técnicas de processamento de imagem na implementação de sistema de realidade aumentada. Em muitas interfaces híbridas de realidade aumentada, o utilizador pode incorporar óculos especiais ou um capacete, pode ver o mundo físico, enquanto o capacete também apresenta gráficos de computador sobre uma parte do campo de visão (Bolter & Grusin, 2000).

35 Realidade aumentada ou ambiente aumentado por computador termo usado por Pierre Wellner, por Wendy Mackay, e pelo Rich Gold (Wellner et al. 1993) para se referir a toda a tecnologia que adiciona o poder computacional ao mundo real.

36 Este sistema tenta juntar a metáfora do *desktop*, muito utilizada nos sistemas computacionais actuais, com a manipulação directa de objectos usados habitualmente numa secretária, no mundo real (Wellner P. The digitaldesk calculator: *Tangible manipulation on a desk top display*. In UIST'91, 1991).

7.4 INTERFACE TANGÍVEL

Segundo Ullmer & Ishii (2001), na perspectiva da interacção humano-computador, o ábaco não pode ser considerado como um dispositivo de interacção na medida em que não faz a distinção entre entrada e saída. Assim, objectos como o ábaco, apenas constituem representações físicas de valores numéricos e operações. Simultaneamente estes componentes de artefactos servem como controlos físicos de manipulação directa das suas

associações subjacentes. Semelhante integração de representação e controlo difere acentuadamente os GUI dominantes dos modernos IHC. As interfaces gráficas fazem uma distinção fundamental entre dispositivos de entrada como o teclado e o rato, como controlo e gráficos dispositivos de saída como monitores e visualizadores montados na cabeça, de síntese de representação visual. As interfaces tangíveis, na tradição do ábaco, exploram o espaço conceptual aberto pela eliminação dessa distinção (Ullmer & Ishii, 2000).

Os dispositivos de interfaces habituais (teclado, rato, ecrã do toque e *pen*, etc.) para além da distinção entre a entrada e a saída serem ainda bem vinculados, a própria interacção das pessoas com os computadores está restringido a um dispositivo particular numa determinada posição dentro de uma área pequena do movimento. Portanto o desafio para a pesquisa na interacção humano-computador tem sido o desenvolvimento da interface tangível de utilizador (TUI) que permitem que a interacção seja possível através das superfícies físicas aumentadas, dos objectos e dos ambientes mediados (por exemplo parede, *tabletop* e ar), assim como fazer uma interacção natural sem a necessidade da presença de um dispositivo portátil.

O termo interface tangível do utilizador pode ser entendido como sistema que permite aos utilizadores interagir com o computador através dos objectos físicos. Os TUI são tidos como um paradigma alternativa para os mais convencionais GUI (Ullmer e Ishii, 2000). Os primeiros desenvolvimentos de TUI datam do início dos anos 80 quando Frazer explorou diferentes possibilidades paralelas de interacção físicas/digital através de dispositivos de entrada tridimensionais (Fraser, 1995). Desde de então tem sido desenvolvidos diversos sistemas. Sistemas como *Phantom Arm* (SensAble Technologies 2003), quando combinados com ambientes virtuais ou holográficas permitem um elevado nível de interacção.

Um exemplos de interface tangível do utilizador é a máquina de respostas telefónicas de berlindes de Durrel Bishop, em que cada mensagem recebida é representada por um berlinde físicos que salta para fora da máquina, para escutar as mensagens, é colocado numa coluna, para apagar a mensagem, o berlinde volta para dentro da máquina. A ideia de fazer com que objectos físicos funcionem como símbolos e representações de conteúdos digitais, tem sido explorada também por Ulmer no seu *MediaBlocks Project*³⁷. Muitos dos trabalhos em interface tangível de utilizador têm focado o uso de objectos físicos como dispositivos de entrada.

³⁷ O sistema *MediaBlocks* é um interface tangível de manipulação de um conjunto de elementos vídeo, imagens e outros medias encorporados em objectos físicos. Pequenos blocos são digitalmente ligados e também conectados dinamicamente a uma lista elementos media online (Ullmer and Ishii 2001, pp. 579-601).

As interfaces tangíveis aumentam o mundo físico através da integração da informação digital com os objectos físicos do dia-a-dia. O *design* de interfaces tangíveis permitirá não só determinar os objectos físicos e comportamentos interactivos, mas sobretudo conceber novos mundos para os utilizadores viverem nele. Em sistemas de papel aumentado, por exemplo, pode-se usar uma *pen*, o papel, ou o espaço de trabalho. O aumento do espaço de trabalho permite melhor uso de documento informal e apropriação informal de objectos em geral, assim como documentos/objectos são compatíveis com um sistema, é também mais apropriado para aumentar a ferramenta (*pen* e/ou papel) directamente, neste sentido, o sistema Anoto³⁸ é um exemplo de ferramenta de aumento (Klemmer, 2004).

Visto como um novo media, as interfaces tangíveis estão ainda numa fase embrionária tanto a nível tecnológico como no concerne ao entendimento das suas propriedades específicas enquanto media. Porém, uma das formas de explorar as suas potencialidades consiste em criar exemplos de aplicações. Muito pode ser aprendido através da construção de sistemas de demonstração, mas existe aí o perigo de focar demasiado naquilo que é tecnologicamente possível e perder o sentido do novo espaço de *design* aberto pela tecnologia.

Estamos, portanto, na presença de um novo modelo de interacção em que se baseiam na ideias de representação e controlo e não nos termos entrada e saída das interfaces de computadores tradicionais. A característica central das interfaces tangíveis conserva num conjunto de representações físicas para realçar a informação digital e modelos computacionais, por outro lado a representação física das interfaces tangíveis de utilizador também funcionam como forma interactiva de controlo físico.

7.5 COMPUTAÇÃO PERVASIVA

A computação pervasiva, surge ligada a uma integração global a todas as partes físicas da vida do sujeito; o seu telemóvel, computador portátil ou a roupa inteligente, que muda de cor conforme a temperatura do seu corpo. A computação pervasiva define-se, portanto, como o conjunto de ferramentas distribuídos dentro do nosso próprio ambiente, que permite-nos alcançar a informação a qualquer momento, em qualquer lugar (Dillon, 2006).

Porque o poder da computação se torna pervasiva numa variedade grande de ambientes, o teclado, o rato, e as interfaces tradicionais no monitor darão forma a novas formas de interacção, incluindo a linguagem natural o reconhecimento da voz e da escrita manual, o reconhecimento dos gestos, e até o reconhecimento das emoções. Como resultado a informação estaria disponível em toda a parte. Entretanto, áreas de pesquisa chaves focalizam sobretudo no desenvolvimento de sistemas, dispositivos e redes inteligentes e adaptáveis, fáceis de usar, heterogêneos, flexíveis e seguros (Dillon, 2006).

³⁸ Anoto é uma tecnologia de interface de utilizador desenvolvido pelo grupo AB Anote, na Suecia (<http://www.anoto.com>) que usa um papel especial e uma Pen. Permitir que os utilizadores escrevam no conforto de um papel ordinário transmitindo directamente dados escritos à mão a um ponto de acesso em vez do teclado.

Em 2003, a IBM³⁹ introduziu o conceito de *steerable*⁴⁰ interface no âmbito da computação pervasiva e computação ubíqua, com o potencial de oferecer radicalmente um novo e poderoso estilo de interacção em espaços inteligentes de computação pervasiva.

As investigações nesse domínio tem sido direccionada para uma perspectiva de numerosos dispositivos computacionais integrados no próprio espaço e o acesso a computação pervasiva disponível em todos os sítios. Essas interfaces orientadas propõem que em lugar dos computadores desaparecerem no ambiente físico, a interface deveria aparecer onde e como o utilizador realmente necessita dele, da forma mais apropriada a uma interacção natural.

Steerable interface é uma interface de computação que pode mover em torno de um ambiente físico para objectos ordinários ou superfícies. Em muitos casos, esta interface apenas aparece onde é necessário e quando é necessário, como uma extensão natural do ambiente físico, sem o utilizador ter que actuar qualquer acção deliberada. A interacção é causal e o utilizador não necessita de cuidados especiais nem de qualquer dispositivo. O utilizador pode assim requisitar pela interface em qualquer lugar através de acções naturais como fazer perguntas ou realizar gestos específicos. *Steerable* interfaces tem, assim, o potencial de alterar a forma como nós acedemos a informação em diferente domínios e aplicações. (Pingali, Pinhanez, Levas, Kjeldsen, Podlaseck, Chen & Sukaviriya, 2003)

7.6 NOVAS FORMAS DE INTERACÇÃO

Interessa-nos também explorar todos os contornos das novas formas de interacção, centrando num conjunto de tecnologias emergentes. Para podermos perceber de certa forma esse novo contexto, apresentamos aqui uma pequena lista com algumas das principais formas de interacção que tem sido desenvolvidos nos últimos anos que são de certa forma elucidativos do desenvolvimento tecnológico que tem havido nesse campo e que permitem apontar novas direcções.

Sensores Pervasivos

Os sensores e os dados que fornecem desempenham um papel chave na computação ubíqua e pervasiva. Os sensores se tornaram em componentes influentes nas novas aplicações, mas seus dados necessitam ainda de ser usados de forma mais inteligente para poder tirar partido do seu verdadeiro potencial. Isto requer abordagens avançadas a nível do *design* e da integração de sensores nos sistemas computadorizados, e na interpretação dos seus sinais.

Computer Vision

Muito se tem falado ultimamente sobre a *computer vision* (visão por computador). O termo é referido como sendo uma tecnologia apropriada de aplicações espacial que permite a captura

³⁹ IBM T.J. Watson Research Center.

⁴⁰ Algo que pode ser pilotado (comportamento de poder ser dirigida).

e o reconhecimento de artefactos não conectados e não etiquetados colocados pelo utilizador sobre uma superfície interactiva. Pode-se caracterizar muitos sistemas de sensores como sendo uma espécie de inteligência artificial ou variedade de *tag*. As *tags* podem frequentemente ser mais robustas, mais precisas, e/ou computacionalmente baratas, eles são apropriadas quando o mesmo objecto for utilizado diversas vezes pelo mesmo sistema. A *smartboard* é um claro exemplo de *tagging*: cada um dos quatro *stylus* permanece fixo num suporte dotado de sensor óptico que detecta quando a *pen* é retirada.

Os principais inconvenientes de etiquetar têm a ver com os custos monetários e o tempo da distribuição proporcional ao número dos objectos. Por essa razão existem barreiras para o uso de objectos com este sistema. Enquanto, pode ser menos robusta, mais intensiva a nível da computação e mais complexo para desenvolver, aí permite informalmente a apropriação de membros numa classe de objectos que estão sendo detectados devido à visualização das propriedades dos objectos, como as suas cores, tamanho ou forma (Klemmer, 2004).

Código de Barras e Glyphs

O código de barras é tido como um dos métodos mais barato e mais fácil de etiquetar objectos físicos. Tem sido usado em embalagens desde 1974. A reapropriação desta tecnologia para a interacção humano-computador, deve-se, no entanto, a Steven Johnson que introduziu a ideia de ‘papel-interface’. Este sistema imprimia o código de barras a duas dimensões em papel impresso, como um formulário, permitindo assim aos utilizadores ‘completar o documento’ e digitalmente iniciar toda a acção do fluxo de trabalho.

Existem actualmente vários sistemas de códigos no mercado: Os *glyphs* e os *cybercode*. Os *glyphs* são códigos de barra 2D altamente flexíveis. Nas suas mais recentes aplicações podem ser incorporado em textos e imagens. Mas, é necessário um *scanner* de imagens alta qualidade.

O *cybercode* é um género diferente de código de barra em 2D, mais direccionado que *glyphs* permitindo reconhecimento por *hardware* de imagens de baixo custo como as câmaras dos telemóveis. A empresa norte-americana High Energy Magic desenvolveu, no entanto, um *software* de reconhecimento de código de barra para câmaras de telemóveis designado de *SpotCode*. Este tem um formato radial de código de barras semelhantes ao *cybercode*. Assim, câmaras e *scanners a laser* podem ler códigos de barras apresentados em ecrãs de plasmas e LCD como complemento do trabalho em papel.

O uso de dispositivos de imagens e reconhecimento de código de barras poderia assim apresentar-se como solução ideal para um livro dotado de voz visto que as câmaras são pequenas, baratas em muito mais comuns que leitores de códigos de barra. Recentemente surgiram algumas investigações e sistemas comerciais que interligavam os objectos físicos (como *post-its* com códigos de barras) com recursos electrónicos. Os utilizadores poderão assim associar uma nota com uma URL, e até fazer um *scan* de notas para aceder à URL (Klemmer, 2004).

7.6.4 RFID — Identificação por Radiofrequência

Uma técnica emergente de etiquetar digitalmente os objectos é através de identificação por radiofrequência. A identificação por radiofrequência, conhecida de forma mais comum por RFID⁴¹ entrou muito recentemente num espiral de crescimento fruto das imensas aplicações que têm vindo a ser desenvolvidos. Entretanto a tecnologia já tem mais 60 anos de existência (Olsen, 2007). Foi igualmente utilizada no decorrer da Segunda Guerra Mundial uma tecnologia semelhante que permitia identificar se os aviões pertenciam ou não às forças aliadas denominada IFF (*identification Friend or Foe*). O seu desenvolvimento deveu-se sobretudo ao seu grande potencial na digitalização de bens e mercadorias. No entanto, tem uma aplicabilidade bastante variada tanto a nível de produtos como em serviços. Desde a optimização dos processos de logística, à automatização da cadeia de fornecimento, passando por medidas de protecção contra contrafacções.

Tida como uma tecnologia de referência para os anos vindouros, o RFID pode ser caracterizado como uma tecnologia evolucionária, porque o seu grande objectivo poderá ser o de, a longo prazo substituir o código de barras, tornando assim possível alcançar uma maior produtividade devido à automatização de inúmeros processos. A nível dos custos associados à implementação da tecnologia, estes têm reduzido de forma acentuada embora algumas das questões essenciais para a sua evolução tenha a ver com a uniformização de *standards* e desenvolvimento de modelos de negócios.

Interfaces Enactivas

As interfaces enactivas retractam um conceito fundamental de “interacção” que não se encontra na maioria das tecnologias de interfaces humano-computador. Tal como afirma o famoso psicólogo cognitivo Jerome Bruner, a interacção tradicional com a informação mediada pelo computador é baseada mais no conhecimento simbólico e icónico, e não no conhecimento enactivo. Enquanto na forma de aprendizagem simbólica, o conhecimento é armazenada por palavras, símbolos matemáticos ou outros sistemas de símbolos, no campo icónico o conhecimento é armazenado na forma de imagens visuais, como diagramas e ilustrações que podem acompanhar as informações verbais. Por outro lado, o conhecimento enactivo é a forma de conhecimento baseado no uso activo das mãos na tarefa de compreensão.

O conhecimento enactivo não é apenas um conhecimento multi-sensorial mediado, mas o conhecimento armazenado na forma de resposta motora e adquirida pelo acto de “fazer”. Um exemplo típico de conhecimento enactivo é constituído pelas competências adquiridas na execução de tarefas como escrever, conduzir um carro, dançar, tocar um instrumento musical, em que seria muito difícil descrever através de um ícone ou de uma forma simbólica. Este tipo de transmissão de conhecimento pode ser considerado como mais directa, no sentido de que é natural e intuitivo, desde que baseado na experiência e em respostas percentuais para os actos motores.

⁴¹ Do anglo-saxónico *Radio Frequency Identification*.

Não obstante a vasta literatura disponível que explora a interacção humano-computador, a interacção enactiva é ainda muito pouco explorada dentro das capacidades de interacção entre utilizadores e computadores. Os processos de controlo de computador relacionados com este tipo de interacção exigiriam não só máquinas muito mais rápidas e sistemas capazes de lidar com a informação muito mais complexa, mas também novos tipos de interfaces, arquitecturas, módulos e *softwares* capazes de trabalhar com os utilizadores de uma forma de representação de grau de informação muito mais complexa. Um profundo conhecimento dos sistemas, mecanismos, algoritmos e formas de representação relacionadas com este tipo de interacção é fundamental para o desenvolvimento da futura geração de “interacção humana mediada computador”.

Esta mudança no paradigma tem um certo paralelismo com a introdução dos *standards* de interfaces gráficas dos anos 70. Nessa época, a alteração do papel e da arquitectura do que se convencionou como “interface gráfica”, alterou radicalmente os *standards* a nível da computação gráfica. Após esta etapa, as interfaces gráficas foram incorporados dentro da estrutura do sistema gráfico e fizeram com que se tornassem os fundamentos básicos dos conceitos de interactividade contemporâneos ligando gráficos de ícones e entrada gestual.

No entanto, com a recente introdução no campo da robótica e ambientes virtuais de dispositivos hápticos que fortemente ligam acções e percepções, bem como o entusiasmo que isso gerou no seio da comunidade de cientistas e investigadores nessa área, demonstram que as interfaces enactivas estão a tentar participar de uma mudança importante na concepção de interfaces humano-computador e na comunicação entre as pessoas. No contexto contemporâneo de elevado grau de desenvolvimento que conduzem a interfaces “acção-icónica”, o conceito de enacção, é capaz de impulsionar ainda mais a primeira revolução de interactividade. O conceito de interface enactiva tem um papel fundamental em toda a acção motora de armazenamento e aquisição de conhecimento (interfaces de acção orientada).

As interfaces enactivas são capazes de compreender e transmitir os gestos do utilizador, de forma a dar uma resposta adequada a nível da percepção. A interface enactiva pode ser considerada como uma nova etapa no desenvolvimento da interacção humano-computador, dado que caracterizam-se por um circuito fechado entre o gesto natural do utilizador (componente eferente do sistema) e as modalidades percentuais activadas (componente aferente). Interfaces Enactivas podem ser concebidas para explorar esta ligação directa, a e a capacidade de reconhecimento de gestos complexos. As interfaces inteligentes reconhecem o gesto do utilizador no início da acção e são capazes de os interpretar (em termos de intenções, aptidões e competências) e adaptar-se a elas, a fim de melhorar o desempenho dos utilizadores. A interface enactiva é ainda um campo pouco explorado mas com muito impacto no futuro.

7.7. AS NOVAS TECNOLOGIAS EMERGENTES

Apple Ipod [2001]

Projectado pelo *designer* Tony Fadell e desenvolvido em 2004 pela Apple, o *iPod* tem tido um impacto cultural bastante significativo nos últimos anos, vendendo mais de dez milhões de unidades em apenas três anos. Já em Outubro de 2004, o *iPod* dominava as vendas de leitores digitais de música nos Estados Unidos, com mais de 92% do mercado para leitores com disco rígido e mais de 65% do mercado de todos tipos de leitores. O sucesso de Apple com o *iPod* consiste basicamente em manter seu *status*, baseado no *design* arrojado, qualidade superior e acessível às massas. Ao contrário de muitos dispositivos de mercado de massas, o *iPod* tanto atinge adapta-se a todos. Igualmente importante é a habilidade de Apple de se reinventar com sucesso o *iPod*, com melhorias constantes e a introdução de inovações que exploram até ao limite todas as suas funcionalidades e estéticas.

A navegação é caracterizada basicamente pelo movimento circular do clique do círculo que se converte num movimento vertical. O *feedback* entre a entrada e a reacção no ecrã é muito precisa tanto no círculo mecânico da primeira geração de *iPod* como na versão de *touchpad* electrónico dos modelos posteriores e permite vários níveis de navegação no contexto espacial. O prazer físico dos controlos e a rápida reacção das formas animadas no ecrã formam um contraste com a navegação rígido baseado em texto.

O *iPod Touch* foi lançado em 2007, com a inovação do *touch-screen* e a introdução de *wi-fi*, *Safari*, *YouTube* e *iTunes*. A nova tecnologia do *touch-screen* com um acelerómetro interno adicional, permite deslocar a imagem do ecrã na vertical e na horizontal dependendo da forma como o utilizador segurar o equipamento. O *iPod Touch* apresenta o mesmo sistema de *zoom&pinch* do *iPhone*, o mesmo *overflow*, botão único “*home*”, um sensor de auto-deteccção quando em modo vista de paisagens.

Tactapad [2005]

Este dispositivo de entrada designado de *TactaPad* foi criado pela empresa Tactiva (Palo Alto) em 2005 e permite interagir directamente e de forma natural com o computador com ambas as mãos através da captura da sombra das mãos que são projectadas no ecrã do computador, oferecendo uma espécie de experiência imersiva, o que nos remete para o trabalho de Krueger. Este sistema é *multi-hand* e *multi-touch*. [www.tactiva.com]

Lambdatable [2006]

Desenvolvido por Cole Krumbholz, Robert Kooima e Arun Rao na Electronic Visualization Laboratory, Universidade de Illinois em Chicago, o *LambdaTable* é o primeiro ecrã *tabletop* que combina a alta resolução da tecnologia LCD com interacção *multi-modal*, *multi-user* presentes no uso de um sistema de interface tangível do utilizador. Serve ainda de terminal

de visualização de renderização remota de séries de dados de alta resolução (500 *gigabyte* a 1 *terabyte*) através de redes ópticas de banda larga. Esta ferramenta será usada na investigação de novas formas de interacção em ambientes *tabletop* de visualização partilhada com o uso de uma grande variedade de acesso físico a dados e ferramentas de manipulação. Poderão ainda suportar modalidades alternativas como inquéritos via dispositivos de ponteiros, manipulação da dados com objectos físicos e criação de camadas com lentes (Cole Krumbholz, Robert Kooima, Arun Rao, 2006).

Tai-Chi [2006]

O sistema, designado de Tai-Chi⁴² foi desenvolvido por investigadores da Suíça, Itália, Alemanha, França e Reino Unido. A principal inovação do TAI-CHI é de desenvolver interfaces interactivas humano-computador tangíveis, tecnicamente avançados, baseados na acústica e com o uso de vários materiais de sensores acústicos. Uma das mais interessantes ideias sobre a tecnologia TAI-CHI é a possibilidade de transformar qualquer objecto numa superfície interactiva sem a necessidade de dispositivos extras para a interface, apenas sensores acústicos de contacto baratos e alguma entrada áudio para o computador é o suficiente. Uma série de sensores acústicos podem assim transformar qualquer superfície numa interface de computador sensível ao toque. O que permite criar um *touchpad* virtual, ou um teclado, sobre qualquer mesa ou parede. Construir interfaces personalizadas e baratas capazes de oferecer um elevado grau de expressividade é o grande desafio do sistema TAI-CHI. Isso abre a porta para uma vasta área de pesquisa, desde pequenos objectos ressonantes a grandes estruturas, o potencial para inventar interfaces originais é ilimitado.

Onyx [2006]

Desenvolvido pela Synaptics, trata-se de um novo conceito de ecrã táctil em que a interacção com o dispositivo é feita de uma forma diferente através de uma enorme superfície criada com recurso a uma tecnologia designada de *ClearPad* que consiste numa película *touchscreen* capacitiva ultra-fina, sensível ao toque que pode ser colocada sobre qualquer tipo de superfície viável para a entrada com o dedo, mesmo que curva, ou por baixo de protecções semi-rígidas, e que possibilita uma maior intervenção a nível do *design* uma vez que ficam ultrapassados certos constrangimentos técnicos associados aos ecrãs tácteis tradicionais.

Permite uma interface dinâmica e adaptável que elimina a necessidade de teclas mecânicas e permite que os *designers* possam aumentar o tamanho do LCD de modo a suportar o conteúdo e a funcionalidade disponíveis para dispositivos portáteis. Oferece ainda potencialidades

42 Tangible Acoustic Interfaces for Computer-Human Interaction - interfaces tangíveis acústicas para interacção humano-computador (Tai-Chi Final Report), Prof. D T Pham (cord.), Tai-Chi Consortium, MEC, Cardiff University, UK (2007). http://www.taichi.cf.ac.uk/files/Final_activity_report_public_version.pdf (10/2007).

singulares tais como a entrada com dois dedos, sensor de proximidade, entrada de texto e alta resolução da entrada com dedo que pode melhorar bastante e realçar a experiência do utilizador de *touch-screen*. *Onyx* ilustra o futuro de comunicações móveis ao combinar uma interface inteligente e adaptável a nível de *design* de interacção da próxima geração [<http://www.synaptics.com/onyx>].

Microsoft Surface [2007]

Desenvolvido pela Microsoft em 2007, este novo conceito de interacção aposta num ecrã táctil de interface simplificado. O teclado e o rato são simplesmente substituídos por um ecrã táctil de 30 polegadas colocado numa superfície horizontal, que pode ser utilizada com as mãos mas também é capaz de reconhecer objectos colocados na sua superfície. Dotada de uma tecnologia semelhante dos computadores actuais, esta mesa detecta os objectos e comandos com os dedos através de câmaras infra-vermelhos. A *Surface* permite ainda a interacção com aparelhos electrónicos, por *bluetooth* ou *Wi-Fi*. Com um telemóvel compatível, por exemplo, é possível transferir fotos e vídeos para mesa colocando apenas o aparelho sobre ela. A sua interface sensível ao toque se assemelha ao do *iPhone* e permite a interacção de várias pessoas e objectos compatíveis ao mesmo tempo. [<http://www.microsoft.com/surface/>]

Touchglobe [2007]

Desenvolvido na FIRST⁴³ em Berlim por investigadores e cientistas no campo da interacção humano-computador, tem aplicações nas áreas de navegação no espaço 3D, nos espaços virtuais e manipulação de objectos virtuais tridimensionais. *Touchglobe* é um objecto que funciona como um *desktop input device*. A esfera pode ser operada com ambas as mãos e comunica com o computador através da tecnologia *wireless* [<http://www.first.fhg.de/>].

Mental Typewriter [2007]

Berlin Brain-Computer Interface (BBCI) ou *Mental Typewriter* foi desenvolvido por cientistas de FIRST e Charité, Escola Médica de Berlin Humboldt University na Alemanha. Trata-se de um diálogo directo humano-máquina em que a actividade eléctrica do cérebro é gravada via electrocefalograma (EEG). Os eléctrodos acoplados medem os sinais eléctricos do cérebro, estes sinais são ampliados e transmitidos para o computador que os transforma em comandos de dispositivos de controlo. A actividade eléctrica reflecte intenções motoras como por exemplo uma coordenação neural da preparação dos movimentos das mãos e dos pés. [http://ida.first.fhg.de/projects/bci/bbci_official/index_en.html]

⁴³ Fraunhofer-Institute for Computer Architecture and Software Technology.

7.7.9. Apple iPhone [2007]

Desenvolvido pela Apple e dotada de uma nova tecnologia *multi-touch* que permite o controlo gestual com um ou mais dedos, o *iPhone* combina telemóvel, leitor de música e vídeo digital e acesso sem fio à internet. Tem um ecrã de 3,5 polegadas sensível, tecnologia sem fio *Wi-Fi* para acesso rápido à internet e sistema *Bluetooth* para acessórios *wireless*. Com um ecrã sensível ao toque *multi-touch*, de 3.5 polegadas com vidro de qualidade óptica especialmente desenvolvida para ser usada com o dedo. O sistema é sensível apenas ao calor emitido pela pele humana, não sendo possível o uso de uma *pen* ou *stylus*.

Para a entrada de texto, o *iPhone* trás incorporado um teclado virtual QWERTY no ecrã, um sistema de correcção ortográfica, com previsão de palavras e um dicionário inteligente que tem a capacidade de aprender novas palavras.

O seu sistema *multi-touch* permite não só executar comandos de toque no ecrã, mas deslocar listas com o simples deslizar do dedo e ampliar e reduzir imagens com o movimento de ‘pinça’ do polegar e do indicador. O ecrã é capaz de reconhecer toques simultâneos, permitindo reconhecer gestos e oferecer uma interacção bastante rica. De realçar que a tecnologia *multi-touch* da Apple tem sido explorado também por várias outras companhias incluindo a Microsoft, Hewlett-Packard e outros. O *iPhone* é um claro exemplo do recente interesse em dispositivos *multi-touch* por parte de *designers* de *softwares* a nível da experiência dos utilizadores. [<http://www.apple.com/iphone/>]

Interactive Media Wall [2007]

O *Interactive Media Wall*, desenvolvido pelo Jeff Han e a sua equipa da Perceptive Pixel Inc., é uma interface de sistema *multi-touch* que permite navegar, interagir, localizar e manipular informações simplesmente ao tocar sobre o ecrã. [http://ida.first.fhg.de/projects/bci/bbci_official/index_en.html]

Sensitive Wall [2007]

Sensitive Wall é um sistema desenvolvido em Itália pela firma IO⁴⁴, baseada em *stereoscopic computer vision* que apresenta uma biblioteca de conteúdos multimédia, organizada em interfaces especialmente construídas através de uma modalidade de interacção *touchless*. [<http://sensitivewall.com/>]

44 IO é uma firma de *design* de interacção com sede em Itália. URL: <http://ioagency.com/>

8. CONCLUSÃO

A segunda parte se articulou particularmente em torno da problemática do teclado, explorando os seus inúmeros aspectos. Ao finalizar este estudo, iremos de uma forma sintética apresentar as ideias mais significativas.

A produção da escrita tem assumido, de facto, como um dos principais usos da tecnologia do computador. No entanto, há uma tendência generalizada de associar imediatamente ao teclado quando se refere à entrada de texto. Deste modo, centra-se toda a discussão nos vários tipos de teclados existentes sem levar em conta as técnicas e tecnologias de introdução de texto alternativas. A literatura neste campo tem focado sobretudo aspectos particulares como a ergonomia, a eficácia, o desempenho, a miniaturização, a sua adaptação aos dispositivos móveis e os métodos de entrada de texto.

Em termos históricos, o que importa aqui realçar é que a máquina de escrever, inventada em 1868, assume-se como protagonista e a sua invenção pode ser considerada como ponto de partida. Também a calculadora mecânica, a máquina analítica, os cartões perfurados, o telégrafo eléctrico e as máquinas de composição tipográfica, tiveram um papel preponderante como precursores. A introdução das máquinas de escrever portáteis por volta de 1912 e mais tarde, as máquinas de escrever eléctricas foram igualmente decisivas. A passagem da máquina de escrever para o teclado de computador deve-se sobretudo ao desenvolvimento da máquina de controlo electromagnético, processador de texto e ecrã de vídeo VDT nos anos sessenta.

O mais importante avanço a nível da interacção humano-computador foi, sem dúvida, a interface gráfica do utilizador, desenvolvida em 1971 por Alan Key. Com a introdução da metáfora de secretária, a estrutura de pastas, ícones, WYSWYG e o rato deu-se início ao chamado *desktop revolution* dos princípios dos anos 80 com a *Xerox Star* e o *Macintosh* dotados já de recursos gráficos, do teclado e do rato. O teclado IBM PC tornou-se nessa altura padrão no mercado e o seu *layout* é ainda hoje usado como teclado *standard*.

A partir de 1998, a introdução de tecnologias como *wireless* e *bluetooth*, portas USB, as inovações ergonómicas, o fenómeno da miniaturização, a emergência dos novos teclados de telemóveis, PDA's, computadores portáteis e o fenómeno de *messaging*, trouxeram importantes alterações na disposição das teclas, no *layout* e na arquitectura dos teclados.

Os critérios a nível do *design* do teclado como velocidade de entrada, taxa de erro, de aprendizagem, fadiga, a tensão muscular e a preferência do utilizador, foram então sendo adoptados. Tem havido, contudo, uma grande discussão em torno do *layout* do teclado, os mais populares são QWERTY e o Dvorak. O teclado QWERTY (1868), embora obsoleto, é bastante eficaz a nível de desempenho. No entanto, os utilizadores continuam a realizar um grande esforço com este *layout* que negligencia as propriedades da linguagem e a própria geometria das mãos humanas.

As questões da ergonomia do teclado como o conforto, eficiência e produtividade, o formato, a distância entre as teclas, a pressão necessária, a posição das teclas e o tamanho do teclado, começaram, entretanto, a ganhar preponderância. Foram criadas então normas que permitem

melhorar bastante o desempenho do computador e ajudar a manter o corpo saudável no trabalho com o teclado. O desenvolvimento de uma grande variedade de teclados alternativos, que se adaptam às necessidades de cada utilizador e às mais variadas situações, veio ajudar a melhorar bastante a postura do pulso, dos cotovelos e do braço. Também o teclado convencional tem sido adaptado para ajudar os utilizados com limitações visuais ou motoras e existem actualmente diversos géneros de teclados em *braille* e sistemas do reconhecimento de voz e de *eye-tracking*.

Assistimos, nos últimos anos, à emergência de vários dispositivos portáteis de computação e comunicação, ao desenvolvimento das novas tecnologias com uma redução significativa no tamanho dos dispositivos portáteis como assistentes digitais pessoais (PDAs), *paggers*, e telemóveis, *tablet computers* e *whiteboards*.

A dimensão dos teclados, quer físicos quer virtuais, torna-se cada vez menor, enfraquecendo o desenvolvimento de aplicações eficientes e a nível da entrada de texto. Esta, porém, pode ser conseguida através dos teclados físicos reduzidos, de reconhecimento da escrita manual, do reconhecimento de voz e dos teclados virtuais, mas cada uma apresenta ainda aspectos críticos a nível da usabilidade. Embora ainda nenhum sistema de entrada de texto nos telemóveis possa ser considerado como dominante, o teclado virtual em sistemas *touch-screen* tem sido um dos métodos mais promissores.

A computação ubíqua surge, neste contexto, como o motor transformador, capaz de reformular toda a realidade, criando objectos tecnologicamente de acordo com as necessidades e anseios humanos. A interface *post-WIMP*, a realidade aumentada, a computação pervasiva e o desenvolvimento da interface tangíveis constituem os grandes desafios da interacção humano-computador. Surgiram nos últimos anos novas tecnologias e formas de interacção entre as quais destacamos as seguintes: sensores pervasivos, código de barras e *glyphs*, *RFID*, *Apple iPod*, *TactaPad*, *LambdaTable*, *Tai-Chi*, *Onyx*, *Microsoft Surface*, *Touchglobe*, *Mental Typewriter*, *Apple Iphone*, *Interactive Media Wall* e *Sensitive Wall*.

Estamos certos de que se abrem novas perspectivas para o futuro da interacção humano-computador com o uso de tecnologias de interacção de carácter mais intuitiva e natural como forma de facilitar e melhorar a comunicação. Todos estes avanços tecnológicos e o desenvolvimento de novos dispositivos obedecem sempre a uma lógica de mercado e às estratégias económicas das grandes multinacionais que dominam o mercado informático. Os fabricantes não irão criar novos dispositivos sem que haja um mercado para eles. As empresas nunca irão encomendar tais máquinas sem terem clientes que possam utilizá-las. Por seu turno, as escolas não irão ensinar um novo dispositivo sem que este esteja a ser usados pelas empresas. Ficamos nesse impasse que tem, de certa forma, bloqueado o progresso e deixado estagnar o teclado.

9. CRONOLOGIA DO TECLADO

1791

Claude Chappe demonstrou o seu sistema telegráfico óptico. A primeira linha de Paris para Lille seria construída em 1794.

1801

Joseph Jacquard, um engenheiro francês inventa um tear controlado por cartões perfurados.

1829

Francis Ronalds constrói o primeiro telegráfico eléctrico funcional.

1868

William Austin Burt inventa a primeira máquina de escrever.

1883

Tolbert Lanston lança o primeiro *Monotype* (primitiva).

1886

Ottmar Mergenthaler inventa o *Blower*, primeiro linotype.

1890

Cristopher Latham Sholes patenteou a sua máquina de escrever.

1896

Censo dos Estados Unidos utilizou cartões perfurados e máquinas de ordenação desenhadas por Herman Hollerith para controlar os dados do censo da década conforme previsto na constituição. A companhia de Hollerith viria a tornar-se posteriormente o núcleo da IBM.

1897

CRT é inventado por Karl Ferdinand Braun.

É patenteada a segunda versão da *Monotype*.

1902

Hollerith criou a *Tabulating Machine Company* que viria a tornar-se IBM.

1933

Charles L. Krum, inventa os primeiros *Teletypes*.

1933

Alan Turing, introduz o conceito de *Máquina de Turing*, a base formal dos computadores

1935

Primeira *Linotype* é controlada por cartões perfurados.

1936

O Prof. August Dvorak cria um novo *layout* do teclado *Dvorak*.

1945

IBM introduz a máquina de escrever eléctrica *Model 01*.

Vannevar Bush publica *As We May Think*, onde descreve o sistema futurista *Memex*.

1946

É patenteado o *layout* de teclado *Dvorak*.

1956

Foi terminada a construção da *ENIAC (Electronic Numerical Integrator And Computer)* por J.P. Eckert e J.W. Mauchly na Universidade da Pensilvânia, EUA. Este computador usava os cartões perfurados como entradas e saídas periféricas.

1957

Primeira caneta óptica: para um *Lincoln TX-0* no MIT.

1961

Computador *BINAC (Binary Automatic Integrator Computer)* é concluído, este computador já trazia uma máquina de escrever de controlo electromagnético para a introdução dos dados directamente numa cassette magnética (para alimentar os dados do computador) e para imprimir os resultados.

1962

Primeiras experiências de ligação directa do teclado ao computador no MIT.

É atribuída a Licklider a primeira descrição das interações sociais que poderiam ser possibilitadas através da conexão mundial dos computadores, sendo caracterizada pelo autor como *Rede Galáctica*. Mort Heilig, um cinematógrafo de Hollywood, patenteou o jogo de *Arcade* mecânico chamado *Sensorama*.

1963

IBM lança a *IBM Selectric*: um novo conceito de máquina de escrever.

Ivan Sutherland cria o *Sketchpad* (primeiro CAD, programa gráfico) para um *TX-2* no MIT, já com uma mesa gráfica.

Surge o código *ASCII (American Standard Code for Interchange of Information)*.

Douglas Engelbart estabeleceu o esqueleto para um sistema hipermedia interactivo, num artigo intitulado *A Conceptual Framework for an Argumentation of Man's Intellect*.

A RAND Corporation desenvolve a *RAND Tablet*, a primeira mesa gráfica.

1964

Teletype Corporation introduz o teclado *Model 33*, com um mecanismo de *input* para os primeiros microprocessadores.

Grafacon, um dispositivo gráfico de entrada de traço em curvas é desenvolvida pela Data Equipment Company.

1966

Bell Lab introduz o telefone *Touch-Tone*.

1968

Engelbart demonstrou o teclado coordenado de uma mão com o *NLS (oN Line System)*.

1970

Palavra “processamento de texto” começa a ser usada pela IBM.

1971

IBM lança *Selectric Composer*.

1972

Surge o primeiro vídeo terminal, o *VT05*.

Alan Kay desenvolve a *interface gráfica de Utilizador* no Learning Research Group no Xerox PARC.

1973

IBM 3270 Display Terminal, trouxe o primeiro teclado de computador orientado para o ecrã, com as teclas Enter, Ins, -Del, Home, Page Up, End e as teclas de direcção.

É lançado em Abril, o *Xerox ALTO*, o primeiro PC a reunir todos os elementos do moderno Interface Gráfico de Utilizador com editor WYSIWYG, rato de três botões e ecrã bitmap (antecedente do *8010 Star*).

1976

HP introduziu o *HP-35*, a primeira calculadora de bolso.

Media Room, uma das primeiras interfaces a permitir a combinação do reconhecimento da fala e dos gestos foi construído pela Architecture Machine Group no MIT.

1977

O *TV Typewriter*, concebido por Don Lancaster, foi o primeiro dispositivo a permitir a visualização de informação alfanumérica numa televisão normal.

1978

Roy Trubshaw e Richard Bartle desenvolvem o primeiro MUD (*Multi-User Dungeon*), um jogo de aventura com múltiplos utilizadores em interacção.

1980

A Apple Computer é criada em Califórnia por Steve Wozniak e Steve Jobs que terminam o seu computador baseado em *6502*, a *Apple I*.

Em Junho a IBM lança o *Displaywriter*, um sistema de processamento de texto com uma unidade central que incluía um software de processamento de texto, um monitor e permitia guardar documentos em disquetes.

No MIT Lab, Richard Bolt desenvolve um dos primeiros sistema de integração em ambiente multi-modal designado de *Put-That-There*.

1981

Raymond Kurzweil apresenta o *AKurzweil Reading Machine* o primeiro computador para invisuais.

1981

IBM PC, com *MS-DOS* da Microsoft.

1982

Flexible Machine Interface (Nimish Mehta, University of Toronto), o primeiro sistema *multi-touch*. Xerox introduz o computador *Star*, sucessor comercial do *Alto* com uma integração total da metáfora de *desktop*, um rato de 2 teclas, um ecrã de 17 polegadas com resolução de 1024*808 monocromático.

DCA e ARPA estabelecem o protocolo TCP/IP para a ARPANET (Internet).

1983

Apple Lisa, o computador pessoal de 32 bit com o processador *Motorola 68000*. Trazia já *WYSIWYG*, rato, ícones, ponteiro de ecrã e janelas.

Video Place / Video Desk (Myron Krueger).

1984

Apple Computer lança o *Macintosh* com uma interface gráfica do utilizador baseada no sistema da Xerox Star.

IBM introduz o seu primeiro computador pessoal com um teclado de 83 teclas com 10 teclas de funções: *NumLock*, *Esc*, *Alt*, *Ctrl*, *SysRq* e outras teclas que permitiam ao utilizador escrever e editar texto, fazer contas e armazenar dados. Trazia ainda um *keypad* numérico.

IBM lança um teclado multiplataforma, a *Model M*.

David D. Thornburg inventou o *KoalaPad*, uma das primeiras mesas digitalizadores para computadores pessoais.

William Gibson escreve o livro *Neuromancer*.

Multi-Touch Screen (Bell Labs, Murray Hill NJ) — Um ecrã *multi-touch*, integrado num CRT num terminal gráfico interactivo. Permitia manipular objectos gráficos com os dedos com um excelente tempo de resposta.

1985

Microsoft lança *Windows 1.0*.

1991

Mark Weiser propõe a ideia de computação ubíqua na *Scientific American* (Xerox PARC). A computação ubíqua concebe um mundo no qual a maior parte dos objectos do quotidiano possuem dispositivos computacionais incorporados neles. O artigo publicado por Weiser, *The Computer for the 21st Century* apareceu em Setembro na edição da *Scientific American*.

1994

Edgar Matias cria a *Wrist Computer* com o teclado *half-QWERTY*.

Para o lançamento do *Windows 95*, a Microsoft introduz o *Natural Keyboard*, o seu primeiro teclado ergonómico com três teclas extras que permitiam ao utilizador manejar no sistema operativo sem a necessidade do rato.

1996

A Nokia Lança o primeiro *Smart Phone*, o *Nokia 9000 Communicator*, um telemóvel com um teclado QWERTY que oferecia acesso a Internet e a possibilidade de enviar e receber e-mails, faxes e mensagens SMS.

1998

Logitech lança a *Logitech Cordless Desktop* que pela primeira vez introduzia a tecnologia *RF wireless* de teclado e rato sem fios.

Apple apresenta a *Apple USB keyboard* com um total de 82 teclas, incluindo 12 teclas de funções, um *keypad* numérico e um conjunto de 4 teclas de controlo do cursor.

1999

É introduzido pela Microsoft o *Internet Keyboard Pro* com USB e *Hot Key Multimedia*.

2000

Apple surge com o novo teclado a *Apple Pro Keyboard* com 108 teclas, das quais 15 de funções programáveis pelo próprio utilizador e 6 de edição e teclas de controlo.

AlphaGrip Inc. patenteou uma tecnologia de escrita por toque para dispositivos portáteis como PDA.

2001

Microsoft Office Keyboard é lançado com um *design* único, controlo bimanual e *software* integrado.

Apple lança no mercado o primeiro *iPod*.

2002

Surge no mercado o *Wireless Optical Desktop Pro*, O primeiro teclado da Microsoft com a tecnologia *bluetooth*.

Kinesis Corporation lança a *Kinesis Evolution fully-adjustable keyboard*.

Surge um novo sistema de entrada de texto designado de *Dasher* desenvolvido por David MacKay da *Inference Group* na Universidade de Cambridge.

2003

Logitech lança a *Logitech's ultra-stylish* uma combinação de rato, teclado e *media pad* que transformam um PC num Centro de controlo *wireless bluetooth*.

2004

Microsoft lança *Digital Media Pro Keyboard*.

Adesso lança o teclado ergonómico *Tru-Form*.

2005

Microsoft lança a *Remote Keyboard* para Windows *XP Media Center Edition*, a *Natural Ergonomic Keyboard 4000* e a *Wireless Laser Desktop 6000*.

TactaPad é lançado pela Tactiva (Palo Alto).

É lançado o *Lomak*, inventado por Mike Watling, e desenvolvido na Auckland University of Technology em Auckland, Nova Zelândia.

2006

Art Lebdev apresenta a *Optimus Keyboard* um novo conceito do teclado em que cada tecla é um pequeno ecrã OLED de 96 por 96 pixel de resolução com pequenas animações e imagens que pode ser alterado e configurado pelo utilizador.

Onyx — Synaptics & Pilotfish.

(Fevereiro) — Jeff Han investigador do NYU's Department of Computer Science, apresenta um novo e revolucionário sistema multi-touch computer screen.

A Microsoft apresenta o *Ultimate Keyboard - Wireless Entertainment Desktop 8000*

(Março) — A Logitech lança o teclado *diNovo Edge*.

LambdaTable é desenvolvido pelo Electronic Visualization Laboratory, na Universidade de Illinois em Chicago.

O sistema, *Tai-Chi* é desenvolvido por investigadores da Suíça, Itália, Alemanha, França e Reino Unido.

O teclado ergonómico *EZ-Reach* é desenvolvido por TypeMatrix, Inc.

2007

(Janeiro) — O *iPhone* é lançado pela Apple.

US Patent & Trademark Office publica a patente da Apple para uma aplicação intitulada *Multi-touch Gesture Dictionary*.

Microsoft lança *Surface Computing*.

(Agosto) — Foram lançados dois novos teclados pela Apple: *Apple Keyboard (USB)* *Apple Wireless Keyboard* com o novo *iMac*.

Adesso apresenta o tablet *Cybertablet Z12*. Com um ecrã digital de 10"x 6.25" foi concebido especialmente para artistas, *designers* e entusiastas de multimedia.

A Apple lança o novo *iPod touch* com uma revolucionária interface de utilizador *multi-touch* (Setembro).

Sensitive Wall um sistema *multi-touch* desenvolvido em Itália pela firma IO, baseada *Stereoscopic Computer Vision*.

O *Interactive Media Wall*, desenvolvido pelo Jeff Han e a sua empresa Perceptive Pixel Inc., *Berlin Brain-Computer Interface* (BBCI) ou *Mental Typewriter* é desenvolvido por cientistas de Fraunhofer-Institute for Computer Architecture and Software Technology FIRST em Berlin e Charité, Escola Médica de Berlin Humboldt University na Alemanha.

Touchglobe é desenvolvido na Fraunhofer-Institute for Computer Architecture and Software Technology FIRST em Berlin na Alemanha.

2008

A Apple lança *MacBook Air* com avançado *trackpad multi-touch* com tecnologia do *iPhone*.

Logitech Lança o teclado *diNovo Mini*.

Conclusão

1.1. PRINCIPAIS CONCLUSÕES

“It’s not about making a better mouse. Cinema didn’t replace live theatre, television didn’t replace cinema, video games didn’t replace television. Each created a new genre that complemented the other one”

Bill Buxton¹

Há mais de dois mil e quinhentos anos atrás, o sábio chinês Chuang-Tzu abordava a questão da interacção humano-máquina quando disse:

“Quando viajava pelas regiões a norte do rio Han, Tzu-Gung avistou um ancião a trabalhar na sua horta. Havia cavado um canal de irrigação. Descia um poço, recolhia um balde de água e despejava-o no canal. Apesar do seu grande esforço, os resultados eram bastante escassos.

Tzu-Gung disse: ‘Há um modo de irrigar uma centena de canais num só dia, e assim poderá fazer muito com pouco esforço. Não é algo que lhe interessa?’

O ancião levantou-se, olhou para ele e disse: ‘E que modo é esse?’

Tzu-Gung respondeu: ‘Apanhe uma alavanca de madeira, pesada numa ponta e leve na outra. Desta forma pode puxar água tão depressa que parecerá uma ribeira. É o que se chama um poço de monjolo.’

Então o sangue subiu ao rosto do velho e ele falou: ‘Ouvi do meu mestre que quem quer que use máquinas acabará por fazer tudo como uma máquina. Quem trabalha como uma máquina, terá o coração como uma máquina, e quem leva o coração como uma máquina no seu peito, perderá a sua simplicidade. Quem perde a sua simplicidade, tornar-se-á inseguro nas lutas da sua alma. Incerteza nas lutas da alma é algo que não está de acordo com o senso das coisas honestas. Não é que eu não saiba fazer essas coisas. É que tenho vergonha de usá-las.’”²

Esta pequena parábola é bastante elucidativa da forma como as máquinas alteram não só os hábitos de vida humana como também as estruturas do pensamento e dos valores. A história humana é também a história da técnica. Paradoxalmente, se, por um lado, os dados e o conhecimento científico aumentam, a tecnologia industrial cresce e uma sempre galopante quantidade de informação, dados e notícias sobre todos os tipos de temas e matérias é permanentemente propagada pelos media, pela educação ou por meios informáticos, chegando praticamente a toda a parte, por outro lado, o leque de técnicas, aptidões e saberes efectivamente conhecidos pelos indivíduos decresce, atingindo um nível mínimo, insuficiente para assegurar a sua existência ou do seu grupo próximo. Já se passaram mais de dois mil e quinhentos anos, as máquinas tornaram-se parte integrante da vida humana e elemento essencial em todas as suas tarefas.

Hoje notamos a necessidade premente de repensar toda a nossa relação com as máquinas, no sentido de torná-la mais simples, natural e mais humana. Como se já tivéssemos percebido finalmente o sentido das palavras do sábio chinês. A interacção constitui hoje um aspecto essencial da tecnologia humana e todas as áreas da computação estão a ser por ela modificadas. Uma nova estrutura computacional, a sociedade de informação, está a estabelecer-se por todo o globo.

¹ International World Wide Web Conference, Banff - Maio 2007, op. cit. 15-02-08, Jamielson, Jim. CanWest Interactive. URL: <http://www.canada.com/components/print.aspx?id=2d6b49ee-c665...>

² Werner Heisenberg, *The Physicist’s Conception of Nature*, op. cit. McLuhan . 1996. Os meios de comunicação como extensões do humano. Editora Cultrix Brasil. Adaptado.

Tal como aconteceu com outras mudanças estruturais anteriores, esta transformação oferece muitas oportunidades. Nas heranças do passado geram-se as novas formas de interacção. O teclado, enquanto dispositivo de entrada, terá sido sem dúvida uma das grandes invenções desta época, tendo com isso conquistado durante tantos anos o lugar de tecnologia dominante. Há sempre uma enorme dificuldade em suplantar as grandes ideias, e o teclado não é excepção. Deste modo, podemos sublinhar a importância do teclado enquanto dispositivo de entrada de texto.

Evidenciamos, neste nosso estudo, aspectos que apontam para um progressiva preponderância de dispositivos baseados em tecnologia de toque e de gestos, com uma tendência clara para a fusão de diferentes tecnologias de interacção. Os *post-WIMP interfaces*, caracterizados pela interacção baseada na realidade, abrem caminho para uma nova era na interacção humano-computador, marcada pela necessidade de uma nova linguagem, geradora de uma experiência útil, cuja naturalidade e simplicidade possa ser acessível a todos.

O surgimento de dispositivos como o *DiamondTouch* (2001), o *iPhone* (2007) e a *Microsoft Surface* (2007) mostram claramente que estamos perante uma mudança de paradigma, que irá conduzir a interface humano-computador a um outro nível. Já para não falar no *Interactive Media Wall* (2008) e no *Sensitive Wall* (2007), baseado em *stereoscopic computer vision*, os quais nos remetem para a interface holográfica da personagem de Tom Cruise no futurista filme de Steven Spielberg, *Minority Report* (2002). Vários investigadores apontam o reconhecimento dos gestos como extensão lógica da tecnologia do toque. A recente introdução de dispositivos hápticos (que ligam fortemente acções e percepções) no campo da robótica e ambientes virtuais, assim como o surgimento das interfaces inactivas são sinais que indiciam profundas alterações na concepção de interfaces humano-computador.

No entanto, se não restam dúvidas de ser esse o caminho do futuro da interacção humano-computador, tal não significa que o teclado, enquanto dispositivo de entrada de dados, irá desaparecer completamente; o que se vislumbra, na verdade, é uma gradual perda do seu primado em relação a outros dispositivos de interacção, do status quo preservado ao longo de vários anos. Nessa alvorada, percebe-se um extraordinário sentimento de inquietação, ao mesmo tempo que se vislumbra no horizonte uma nova aliança, cada vez mais adaptativa, entre as tecnologias e o humano, com a emergência de um novo modelo de interacção.

2. CONSIDERAÇÕES FINAIS

2.1. ORIENTAÇÕES PARA O FUTURO

O que propomos como orientação futura é uma abordagem mais sistemática e aprofundada dos novos conceitos da interação humano-computador, particularizando-se os dispositivos hápticos.

2.2. CONTRIBUIÇÃO

Necessariamente, as contribuições em destaque estão ligadas aos problemas e às soluções que foram propostos:

- a tese sugere mecanismos de interação inovadores, que, no seu conjunto, tornam a entrada de dados mais adequada aos novos contextos de interação;
- a tese demonstra a importância que o teclado teve como principal dispositivo de entrada de dados e mais eficiente método de entrada de texto;
- a tese apresenta novos conceitos a nível da interação humano-máquina e aponta soluções inovadoras no contexto da interação que visam a integração de dispositivos de entrada de dados numa nova realidade na esfera da computação.

GLOSSÁRIO

ASCII: (Acrônimo para *American Standard Code for Information Interchange*) que é um conjunto de códigos para o computador representar números, letras, pontuação e outros caracteres que surgiu em 1961. Um dos seus inventores foi Robert W. Bemer. ASCII é na realidade o código americano padrão (EUA) para intercâmbio de informações. Este código contém 127 caracteres correspondentes a 127 números.

ANSI: Conjunto de 256 caracteres definido pela American National Standards Institute, cujos primeiros 128 são em ASCII.

BIOS - Abreviatura para *Basic Input Output System*. Em sistemas PC executa as funções necessárias para inicialização do hardware do sistema quando o equipamento é ligado.

Braille: Sistema de escrita inventado pelo francês Charles Barbier e constituído por pontos salientes que os invisuais são capazes de ler, pelo contacto. Originalmente baseava-se em células de 12 pontos, mas o professor de invisuais L. Braille reduziu-os a seis, com um total de 63 variantes. Actualmente a escrita é de uso internacional.

Bluetooth: Protocolo de comunicação sem fios que permite a comunicação e a transferência de dados entre dois dispositivos que possuem este tipo de tecnologia. Este tipo de comunicação tem alcance de 10 metros e a transferência de informação atinge uma velocidade de 1 Mb por segundo na primeira versão.

Caixa Alta: Caracteres de letra maiúscula, que adquiriram esta denominação por estarem situados nos caixotins superiores da caixa de caracteres metálicos.

Cartões Perfurados: Dispositivo accionado por um teclado especial, usado para fazer perfurações em locais predeterminados de cartões de papelão usados para fazer entrada de dados nos primeiros equipamentos de computação.

Carácter: Letras alfabéticas que segundo as suas características são considerados como sinais gráficos. Segundo critérios étnico-linguísticos, os caracteres alfabéticos classificam-se em latinos, gregos, árabes, cirílicos, hebraicos, etc.

Codificação de caracteres: Processo de uso de código na transferência de representação de um determinado carácter numa representação diferente.

Cursor: Sinal no ecrã (geralmente estático ou a piscar) que nos indica onde no ecrã deve ser inserida a próxima informação.

Ergonomia: Disciplina científica relacionada com a compreensão das interacções entre os homens e os outros elementos do sistema. Aplica princípios teóricos, dados e métodos a serem desenvolvidos com vista a optimizar o bem-estar humano e o desempenho global do sistema.

GUI: (Graphical User Interface) Maneira gráfica de lidar com os aplicativos.

Hardware: Conjunto de material que constitui ou está integrado num dado computador.

Handheld: Computador de mão, também conhecido como PDA, Pocket PC ou Palm top. Equipamento portátil desenvolvido para servir como dispositivo de acesso.

Interação: Conceito que se aplica aos sistemas em que os seus elementos reagem entre si. Em multimédia diz-se que existe interactividade quando o utilizador pode modificar a execução através de uma acção.

Keystroke: Quando uma tecla de um teclado é pressionado.

Layout do teclado: Composição e disposição física das teclas num teclado.

LER: Abreviatura de Lesão por Esforço Repetitivo (RSI, *Repetitive Strain Injury*), representa uma síndrome de dor nos membros superiores, com queixa de grande incapacidade funcional, causada primariamente pelo próprio uso das extremidades superiores em tarefas que envolvem movimentos repetitivos ou posturas forçadas. Também é conhecido por L.T.C. (Lesão por Trauma Cumulativo) e por D.O.R.T. (Distúrbio Osteomuscular Relacionado ao Trabalho).

PDA: Assistente Digital Pessoal (*Personal Digital Assistant*), computador básico de mão tem como principal objectivo facilitar a vida diária de qualquer pessoa através de determinadas aplicações como contactos, tarefas, e-mails, notas, etc...red Audio. Master Thesis. Cambridge, Mass.: MIT, Media Lab, Speech Research Group.

Periférico: Denominação atribuída a todo o dispositivo utilizado para comunicação ou interface entre o computador e o utilizador ou entre um computador e outro computador.

PostScript: Linguagem da Adobe para criação de gráficos vectoriais, inicialmente para impressoras, que se tem convertido num padrão.

Rato: Indispensável auxiliar do teclado. Dispositivo de entrada que auxilia o manuseamento do sistema, principalmente em sistemas gráficos. O movimento que faz o rato, é reflectido no ecrã.

Sistema Operativo: Sistema (programa) que faz a comunicação entre o hardware e os demais *software*.

Síndrome de Túnel de Carpal: Doença progressiva causada pela compressão de um nervo chave no pulso.

layouts: Arranjo das letras do teclado.

Smartphone: Telemóvel que possui certas funcionalidades vulgares nos computadores e que não se encontravam anteriormente nos telemóveis mais antigos. Para além da função de telemóvel, o *smartphone* pode incluir acesso móvel a internet, *e-mail* e fax, sincronização de dados com o computador via cabo ou bluetooth e acesso remoto a computadores.

Tecla: Alavanca que se pressiona, com os dedos. Nas máquinas de escrever solta o mecanismo da escrita e no aparelho telegráfico, abre o circuito eléctrico.

Teclado: Dispositivo de *hardware* que consiste num determinado número de botões mecânicos (teclas) que o utilizador pressiona para inserir texto ou caracteres numéricos no computador.

Teclado ergonómico: Teclado concebido para reduzir o risco de lesões nos pulsos e mãos que resultam do uso prolongado ou de movimentos repetitivos.

Unicode: Padrão de codificação de caracteres desenvolvido pelo *Unicode Consortium*. Originalmente a unicode tinha 16 bits, possibilitando 65535 caracteres. Actualmente foi expandido para 32 bits, possibilitando 4 biliões de caracteres.

USB (Universal Serial Bus): Tipo de conexão entre o computador e periféricos que apresenta uma série de vantagens em relação às portas em séries e paralelas tradicionais, como a velocidade de transmissão de dados e a facilidade de instalação.

Widget - Termo sem tradução que designa componentes de interface gráfico do utilizador (GUI). Ou seja, componente de *software* que viabiliza a interação com o utilizador. Qualquer item de um interface gráfico é designado de *widget*, por exemplo: janelas, botões, menus e itens de menus, ícones, etc.

Wireless - A tecnologia Wireless (sem fios) permite a conexão entre diferentes pontos sem a necessidade do uso de cabos por meio de equipamentos que usam radiofrequência (comunicação via ondas de rádio) ou comunicação via infravermelho, como em dispositivos compatíveis com IrDA. Esta tecnologia é capaz de unir terminais electrónicos entre si devido às ondas de rádio ou infravermelho, sem necessidade de uso de cabos de conexão entre eles.

WIMP GUIs - (Windows, Icons, Menus, *Pointing device*)- Interfaces gráfica de utilizador baseada em janelas, ícones, menus, e um dispositivo para apontar, geralmente um rato.

Bibliografia

1. BIBLIOGRAFIA CITADA E REFERENCIADA

- AICHER, Otl. *El mundo como proyecto*. Editorial Gustavo Gili, Barcelona, 1994, p. 63.
- BARTHET, (1988). Marie-France. *Logiciels interactifs et ergonomie: modèles e méthodes de conception*. Paris: Dunod.
- BOLT, R. A. (1979). *Spatial Data-Management*. Principal Research Scientist, MIT.
- BOLT, R. A. (1980). “Put-that-there”: *Voice And Gesture At The Graphics Interface*. Architecture Machine Group MIT (SIGGRAPH 80).
- BOLTER, J. & GRUSIN D. (2000). *Remediation: Understanding New Media*, the MIT Press Cambridge, Massachusetts.
- BUXTON, W. (2004). *Input Devices: An Illustrated Tour*. Haptic Input. 21 October.
- BUXTON, W. (2002) *Human Input To Computer Systems: Theories, Techniques And Technology*. (unfinished book manuscript).
- BUXTON, W. (2007). *Multi-touch Systems That I Have Known And Loved*. Microsoft Research.
- CARPENTER P.A. & JUST M.A. (1980) “A theory of reading: from eye fixation to comprehension”. *Psychol Rev.* 87: 329–354.
- CENTURIÓN, J., (2000) *Las novas tecnologías*.
- COOPER, W. E. (1983). *Introduction*. In W. E. Cooper (Ed.), *Cognitive aspects of skilled typewriting*. New York: Springer-Verlag.
- COUTAZ, J. (1990) *Interfaces homme-ordinateur: conception et réalisation*. Paris: Dunod.
- DAVIS M. R. e ELLIS, T. O. *The RAND tablet: a man-machine graphical communication device, Memorandum RM-4122-ARPA prepar (1964) ed for Advanced Research Projects Agency*, The RAND Corporation, Santa Mónica, California.
- DIETZ, P. e LEIGH, D. (2001). *DiamondTouch: a multiuser touch technology*. Proceedings of the ACM UIST Symposium on User interface Software and Technology. pp. 219-226.
- DILLON, T. (2006) *Pervasive and ubiquitous computing*. Innovations Researcher, Futurelab [em linha <http://www.futurelab.org.uk/viewpoint/art71.htm/> 04-2007]
- DIX, ABOWD e BEAL, (2004). *Human Computer Interaction*, Prentice Hall.
- DRUCKREY, T. (1999) *Ars Electronica: Facing the Future*, ed., MIT Press.
- ELY, E.P. (1989). *Protocols and Processes for Promoting Interactive Cross-Cultural Media Transfer*. In Tucker, R.N. (Ed.), *Interactive Multimedia. The Human Issues*, Kogan Page, London.
- ENGLISH, W.K., ENGLEBART, D.C., e BERMAN, M.L. (1967). *Display-selection Tech-*

- niques for Text Manipulation*. Transactions on Human Factors in Electronics, HFE-8, 1, March 5-15.
- FITTS, P. M. (1951). *Engineering psychology and equipment design*. In S. S. Stevens (Eds.), *Handbook of Experimental Psychology*. New York: John Wiley & Sons.
- FURTADO, G. (2004) *Notas sobre o “Design de Interface” — designar a simbiose bio-técnica ou o desejo de desaparecimento*. In: 404nOtF0und Publicação do Ciberpesquisa. Centro de Estudos e Pesquisas em Cibercultura, ano 4, vol. 1, n.º 37, Fevereiro, 2004
- GEMPERLE, F., NATHAN O. e SIEWIOREK , D., *Design of a Wearable Tactile Display* Carnegie Mellon University .
- HARADA S., HWANG J., e LEE B. *Put-that-there: What, where, how? Integrating speech and gesture in interactive workspaces*, in UBIHCISYS 2003 Online Proceedings, 2003.
- HINCKLEY, K. (2002). *Input Technologies And Techniques in Handbook of Human-Computer Interaction*, ed. By A. Sears & J. Jacko.
- HINCKLEY, K. e SINCLAIR, M. (2006). *Touch-sensing Input Devices*. Microsoft Research.
- HUGO, M. (1995). *Uma Interface de Reconhecimento de Voz para o Sistema de Gerenciamento de Central de Informação de Fretes*, Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil, Florianópolis, (Tese de Mestrado).
- HOKE, D., (1979). *The Woman and the Typewriter: A Case Study in Technological innovation and Social Change*, Milwaukee Public Museum, BEH.
- HOOK, H. D. e NORMAN, JEREMY M. (2002). *Origins of Cyberspace. A Library on the History of Computing, Networking, and Telecommunications*, Novato, California.
- ISOKOSKI, P. (1999). *A minimal device-independent text input method*. Master’s Thesis, Department of Computer Science, University Of Tampere.
- KAY, Alan. (1989) *User Interface: A Personal View; The Art of Human-Computer Interface Design*;
- KLEMMER, S. R. HARTMANN, B., TAKAYAMA, L. *How Bodies Matter: Five Themes For Interaction Design*.
- KLEMMER, S. R.; LI J.; LIN, J.; LANDAY, J. A. (2004). *Papier-mâché: Toolkit Support For Tangible Input*. UC Berkeley Group for User Interface Research.
- KROEMER, K.H. (1972). *Human Engineering the Keyboard*, Human Factors, 14(1), 51-63.
- KRUEGER, M., W., GIONFRIDDO, T., & HINRICHSEN, K (1985). *Videoplacé. An Artificial Reality*, Proceedings of the ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI’85), pp. 35–40.

- LUEDER, R. AND GRANT, C. (1997). *Ergonomics Review: Alternative keyboard designs*. An ergonomics review of the literature for the National Institute of Occupational Safety and Health. June 16. pp. 28.
- MACKENZIE, I. S., KAUPPINEN, T., e SILFVERBERG, M. (2001). *Accuracy measures for evaluating computer pointing devices*. Proceedings of the ACM Conference on Human Factors in Computing Systems – CHI 2001, pp. 9-16. New York: ACM.
- MACKENZIE, I. S., SELLEN, A., & BUXTON, W. (1991). *A comparison of input devices in elemental pointing and dragging tasks*. Proceedings of the ACM Conference on Human Factors in Computing Systems - CHI '91, pp. 161-166. New York: ACM.
- MACKENZIE, I. S., & SOUKOREFF, R. W. (2002). “*Text Entry for mobile computing: Models and methods, theory and practice*.” In Human-computer Interaction, 17, pp147-198
- MEHTA, N. (1982), *A Flexible Machine Interface*, M.A.Sc. Thesis, Department of Electrical Engineering, University of Toronto supervised by Professor K. C. Smith.
- MOGGRIDGE, B. (2007). *Designing Interactions*, MIT Press.
- MOORE, G. E. (1965). *Cramming More Components onto Integrated Circuits*. Electronics, 38(8).
- MULTIGNER, G. (1994). *Sociedade interactiva o sociedade programada?*, in Fundesco (org.). Apuntes de la sociedad interactiva Cuenca, Espanha UIMP. p.p. 421.
- NORMAN, Donald (1988) A. *The Design of Everyday Things*, Doubleday.
- NOYES, J. (1983). *The QWERTY keyboard: A review*. International Journal of Man-Machine Studies, 18.
- OLSEN, D. R. *Principles Of Interactive Systems*. (2007). Computer Science Department, Brigham Young University. [Em linha] Disponível em <http://icie.cs.byu.edu/uibook/> [Consultado em 06/07].
- OVIATT, S. L. (2002). *Multimodal Interface*. In Jacko And A. Sears (Eds.) *The Human-computer Interaction Handbook: Fundamentals, Evolving Technologies And Emerging Applications*, Mahwah, Nj: Lawrance Erlbaum, p.p. 286-304.
- PREECE, J.; ROGERS, Y; SHARP, E.; BENYON, D.; HOLLAND, S.; CAREY. (1994) T. *Human-computer Interface*. 1994. Addison-Wesley. England.
- REKIMOTO, J.e MATSUSHITA, N. (1997). “*Perceptual Surfaces: Towards a Human and Object Sensitive Interactive Display*”, Proceedings of Workshop on Perceptual User Interfaces (PUI'97).
- SHIN, D. (2005). *Performance and Usability of Flexible Membrane Keyboards*, M. S. Thesis Virginia Polytechnic Institute.
- SHNEIDERMAN, B. (1997). *Designing The User Interface*. Addison Wesley.

- SIECKENIUS DE SOUZA, C., CAVALCANTI J., PRATES R., BARBOSA S. *Projeto de Interfaces de Usuário Perspectivas Cognitivas e Semióticas*. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. PUC-Rio, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, UFRN.
- SUTHERLAND, I. (1995) *Computer Displays*, Scientific American, Junho 1970.
- TEBBUTT, D. *In touch with tomorrow*. In PC PRO, Dennis Publication, United Kingdom.
- TORMO IBALLESTER, E. (2004). *Projecto e Narrativa Hipermedia*, Universitat de Barcelona. Barcelona.
- THRO, E. (1991) *The artificial intelligence dictionary*. The Lance. A. Leventhal Microtrend Series. San Marcos: Microtrend.
- ULLMER, B. ISHII, H. & JACOB, R. J. K. (2005). *Token+constraint Systems For Tangible Interaction With Digital Information* - ACM Transactions on Computer-Human Interaction, Vol. 12, No. 1, March 2005, pp. 81–118.
- ULLMER, B. & ISHII, H. (2000). *Emerging Frameworks For Tangible User Interfaces*. In John M. Carroll, Ed.; Human-computer Interaction In The New Millenium,. Addison-wesley, (August). pp. 579-601
- ULLMER, B. e ISHII, H. (1997). *Tangible Bits: Towards Seamless Interfaces Between People, Bits And Atoms* - MIT Media Laboratory Tangible Media Group, Published in the Proceedings of CHI '97, March 22-27, ACM.
- WARD D. J. (2001) *Adaptive Computer Interfaces*, University of Cambridge.
- WALKER, J. (1988) *Through the Looking Glass*, Autodesk, internal paper, pp. 6.
- WEISER, M. (1991). *The Computer For The 21st Century*, In *Scientific American*, 265, pp. 94-104.
- WELLNER, P. (1991) *Digital Desk*. Rank Xerox EuroPARC, Cambridge.
- WINOGRAD, A. T. (1997). *From Computing Machinery To Interaction Design*. Stanford University. Published online by permission from Peter Denning and Robert Metcalfe (eds.), *Beyond Calculation: The Next Fifty Years of Computing*, Springer-Verlag, pp. 149-162.
- WUSTER, C., (2002). *Computers: An Illustrated History*, Taschen.
- ZHAI S., HUNTER M. and B. A. SMITH, (2002). *Performance Optimization of Virtual Keyboards*, IBM Almaden Research Center, Human-Computer Interaction, Volume 17, p. 89.
- ZWICK, SCHMITZ. & KUHL. (2005). *Designing for Small Screens*, AVA Publishing, Lou-sanne, Switzerland.

2. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

Bleser, T. W. (1991). *An input device model of interactive systems design*. Doctor of Science Dissertation, Department Of Electrical Engineering And Computer Science, The George Washington University.

Bonanni, Leonardo; Lieberman, Jeff; Vaucelle, Cati; & Zuckerman, Orit. (2006). *Taptap: A Haptic Wearable For Asynchronous Distributed Touch Therapy*. Cambridge, Mass.: MIT, Media Lab (Chi06).

Bolter, Jay David & Grusin, Richard, (2000). *Remediation: Understanding New Media*, The Mit Press Cambridge, Massachusetts.

Buxton, W. (1997). *Living In Augmented Reality: Ubiquitous Media And Reactive Environments*. In K. Finn, A. Sellen & S. Wilber, eds., *Video Mediated Communication*, pp. 363-384. Hillsdale, N.j.: Erlbaum,

Carmo, H. E Ferreira M., (1998). *Metodologia de Investigação, Guia para Auto-aprendizagem*, Universidade Aberta.

Corral, Joseph Edmund. (2004). *Clique Here: Exploring the use of Mobile Multi-media To Support Connectedness*. Master Thesis Cambridge, Mass.: MIT.

Darius Miniotas. Špakov, Oleg. Tugoy, Ivan. Mackenzie, I. Scott. (2005). "Extending The Limits For Gaze Pointing Through The Use Of Speech." *Information Technology And Control*, Vol.34, No.3.

De Vries, B., H.h. Achten, M.a. Orzechowski, A.a.w. Tan, N.m. Segers, V. Tabak, A.j. Jessurun, And M.k.d. Coomans. (2003). *The Tangible Interface: Experiments as an integral part of a research strategy*. In *International International Journal Of Architectural Computing*. Multi-science Publishing, Issn 1478-0771. pp. 133-152.

Eco, U., (1997). *Como se faz uma tese em Ciencias Humanas*, Editorial Presença.

Hinckley, K. (2002). *Input Technologies And Techniques*. In *Handbook of Human-computer Interaction*, Ed. By A. Sears & J. Jacko.

Herman, Jeffrey Alan. (1987). *News Talk: A Speech Interface To A Personalized Information Agent*. Master Thesis. Cambridge, Mass.: MIT.

Hunter, Michael; Zhai, Shumin; Zhai, Barton, A Zhai. (2000). *Physics-based Graphical Keyboard Design - Short Paper*, Chi'2000, ACM.

Hunter, Michael; Zhai, Shumin; Zhai, Barton, A Zhai. (2002) *Performance Optimization of Virtual Keyboards* - Shumin. IBM Almaden Research Center In Human-computer Interaction, 2002, Volume 17, Pp. 89–xxx, Lawrence Erlbaum Associates, Inc.

Isokoski, P., & Mackenzie, I. S. (2001). “*Text Entry On Mobile Systems: Directions For The Future.*” Extended Abstracts Of The ACM Conference On Human Factors In Computing Systems – Chi 2001, P. 495. New York: ACM.

Isokoski, P. (2004). “*Performance Of Menu-augmented Soft Keyboards,*” Human Factors In Computing Systems, (Chi '04), ACM.

Isokoski, P., & Mackenzie, I. S. (2003) *Combined Model For Text Entry Rate Development.* - Extended Abstracts Of The ACM Conference on Human Factors in Computing Systems – CHI 2003, pp. 752-753. New York: ACM.

Kern, Rachel Lori. (1996). *Monkey Business: Creating Social Awareness Among Distributed Group Members, Using A Network Of Animatronic Agents* Master of Science in Media Arts and Sciences, Cambridge, Mass.: MIT.

Klemmer, Scott R., Hartmann, Björn, Leila e Takayama. (2006.) *How Bodies Matter: Five Themes For Interaction Design.*

Klemmer, Scott Robert, (2004). *Tangible User Interface Input: Tools And Techniques.* (Doctoral Thesis). University Of California, Berkeley.

Klemmer, Scott R., Jack Li, James Lin, James A. (2004). *Papier-mâché: Toolkit Support For Tangible Input* - Landay - Uc Berkeley Group For User Interface Research.

Klochek, C., & Mackenzie, I. S. (2006). *Performance measures of game controllers in a three-dimensional environment.* Proceedings Of Graphics Interface 2006, pp. 73-79. Toronto: Cips.

Mackay W. (1998). *Augmented Reality: Linking Real And Virtual Worlds. A New Paradigm For Interacting With Computers.* In Proceedings Of Avi98, ACM Conference On Advanced Visual Interfaces, New York: ACM Press.

Mackenzie, I. S. (2003). “*Motor Behaviour Models For Human-computer Interaction*”. In J. M. Carroll (Eds., HCI Models, Theories, And Frameworks: Toward A Multidisciplinary Science, pp. 27-54. San Francisco: Morgan Kaufmann.

Mackenzie, I. Scott. (2002). *Introduction to This Special Issue on Text Entry for Mobile Computing.* In Human-computer Interaction. Volume 17, pp. 141–145. Lawrence Erlbaum Associates, Inc.

Mackenzie, I. S., & Oniszcak, A. (1997). "*The Tactile Touchpad*". *Extended Abstracts Of The Chi '97 Conference On Human Factors In Computing Systems*, pp. 309-310. New York: ACM.

Mackenzie, I. Scott & Shawn, X. Zhang, (2001) *An empirical investigation of the novice experience with Soft Keyboards*. Behaviour & Information Technology, Vol. 20.

Mackenzie, I. S. (2002). *KSPC (Keystrokes Per Character) as a characteristic of text entry techniques*. Proceedings of The Fourth International Symposium On Human-computer Interaction With Mobile Devices, pp. 195-210. Heidelberg, Germany: Springer-verlag.

Mackenzie, I. S. (2002). "*Mobile text entry using three keys.*" - Proceedings of the Second Nordic Conference on Human-computer Interaction – Nordichi, 27-34. New York: ACM.

Mackenzie, I. S., & Soukoreff, R. W. (2002). "*A character-level error analysis technique for evaluating text entry methods.*" Proceedings of the Second Nordic Conference On Human-computer Interaction – Nordichi 2002, p.p. 241-244. New York: ACM.

Mackenzie, I. S. & Oniszcak, A., (2004). "*A Comparison of two input methods for keypads on mobile devices.*" Proceedings of the Third Nordic Conference On Human-computer Interaction Nordichi, pp. 101-104. New York: ACM.

Mackenzie, I. S., Chen, J., & Oniszcak, A. "*Unipad: single-stroke text entry with language-based acceleration.*" Proceedings of the Fourth Nordic Conference On Human-computer Interaction NordiCHI 2006, pp. 78-85. New York: ACM (2006).

Mackenzie, I. S., Zhang, S. X. (1999). "*The design and evaluation of a high-performance Soft Keyboard.*" Proceedings of the ACM Conference on Human Factors in Computing Systems - CHI '99, pp. 25-31. New York: ACM.

Mackenzie, I. S., Zhang, S. X. & Soukore, R. W. (1999). *Text Entry Using Soft Keyboards*. Behaviour & Information Technology, pp. 244.

Mackenzie, I. S., & Soukoreff, R. W., (2002). *A model of two-thumb text entry*. Proceedings of graphics interface. p.p. 117-124. Toronto: Canadian Information Processing Society.

Mackenzie, I. S. & Soukoreff, R. W. (2003). "*Metrics for text entry research: An evaluation of MSD and KSPC, and a new unified error metric.*" Proceedings Of The Acm Conference On Human Factors In Computing Systems – Chi 2003, pp. 113-120. New York: ACM.

Mackenzie, I. S., & Soukoreff, R. W. (2003) *Phrase Sets For Evaluating Text Entry Techniques*. - Extended Abstracts of The ACM Conference On Human Factors In Computing

Systems – Chi 2003, Pp. 754-755 New York: ACM.

Mackenzie, I. S. & Soukoreff, R. W. (2004). *Recent Developments In Text Entry Error Rate Measurements*. - Extended Abstracts Of The ACM Conference On Human Factors In Computing Systems, Pp. 1425-1428. New York: ACM.

Marion, Craig, (1999). “*What Is Interaction Design And What Does It Mean To Information Designers? News And Views.*” The Publication Of The Philadelphia Metro Chapter Of The Society For Technical Communications. May Philadelphia, USA. Url: <http://mysite.verizon.net/resnx4g7/pcd/whatisinteractiondesign.html> (03-2007)

Majaranta, P., Mackenzie, I. S., Aula, A., & Rähkä, K.-j. (2003). *Auditory And Visual Feedback During Eye Typing*. Extended Abstracts of the ACM Conference on Human Factors in Computing Systems – Chi 2003, Pp. 766-767. New York: ACM.

Marti, Stefan Johannes Walter. (1995). *Autonomous Interactive Intermediaries: Social Intelligence For Mobile Communication Agents*. Doctoral Thesis. Cambridge, Mass.: MIT.

Matias, E., Mackenzie, I. S., & Buxton, W. (1996). *One-handed Touch-typing on a Qwerty Keyboard*. In Human-computer Interaction, 11, pp 1-27.

Macintyre, B. Feiner, Steven. (2001), *Comparison of Designers using a Tangible User Interface and a Graphical User Interface and the impact on spatial cognition* (Thesis).

Mi Jeong Kim And Mary Lou Maher, (2006). *Key Centre of Design Computing and Cognition*. University of Sydney, Australia.

Pederson, Thomas. (2007). *Can Tangible User Interface Concepts Be Used For Describing Everyday Object Manipulation?* Chi2007. Workshop On Tangible User Interfaces In Context And Theory.

Ribeiro, Nuno Jorge Gonçalves de Magalhães. (2001). *Enhancing Information Awareness Through Speech Induced Anthropomorphism* (Submitted for the degree of Doctor of Philosophy) University of York Department of Computer Science.

Ribeiro, Nuno Jorge Gonçalves de Magalhães. (2000) *A Speaking Assistant For Personal Information Management* (Second Year Thesis Proposal). Department Of Computer Science University Of York.

Ribeiro, Nuno Jorge Gonçalves de Magalhães. (1999) *Conversational Assistant For Personal Information Management* (1st Year Qualifying Dissertation). Department of Computer Science University of York.

Robert J. K. Jacob, From R.J.K. Jacob. (2000). *User Interface*. In By Ralston, E. D. Reilly, And D. Hemmendinger Eds., Encyclopedia Of Computer Science, Fourth Edition, Grove Dictionaires Inc.

Rodríguez Valero, Daniel. (2006). *Tipografía Digital: Propuesta de un nuevo sistema paramétrico para el diseño y la digitalización de Alfabetos*. Tese de Doutoramento. Facultat de Belles Arts Universitat de Barcelona.

Roy, Deb K. and Schmandt, Chris. (1995). *Newscomm: A hand-held Interface For Interactive Access To Structured Audio*. Master Thesis. Cambridge, Mass.: MIT, Media Lab, Speech Research Group.

Ruth Kikin-gil. (2004). *Metaphors For Physical Interfaces*.

Schmandt, Christopher. (1987). *Understanding Speech Without Recognizing Words* - Speech Research Group, Media Lab MIT. - Proceedingsl'american Voice Input~output Society Conferencel Avios.

Schmandt, Christopher. (1983). *Spatial Input/display Correspondence In A Stereoscopic Computer Graphic Work Station* - Architecture Machine Group, MIT (Computer Graphics, Volume 17, Number 3, p.p. 253 - 261)

Silfverberg, M., Mackenzie, I. S., & Kauppinen, T. (2001). *An isometric joystick as a pointing device for hand-held information terminals*. Proceedings of Graphics Interface 2001, p.p. 119-126 Toronto, Canada: Canadian Information Processing Society.

Starkweather, Gary. *Display Technology Directions & Challenges*

Stifelman, Lisa Joy. (1997). *Pen interaction with structured speech*. Doctoral Thesis. Cambridge, Mass.: MIT.

Soukoreff, R. W., & Mackenzie, I. S., *Towards A standard for pointing device evaluation: Perspectives On 27 Years Of Fitts' Law Research in HCI*. In International Journal of human-computer Studies, 61, p.p. 751-789.

Soukoreff, R. W., & Mackenzie, I. S. (2003). *Input-based language modeling in the design of high performance input systems*. Proceedings Of Graphics Interface 2003, pp. 89-96. Toronto: Canadian Information Processing Society.

Soukoreff, R. W., & Mackenzie, I. S. (2004). *Towards a standard for pointing device evaluation: Perspectives On 27 Years Of Fitts' Law Research*. In HCI - International Journal Of Human-computer Studies, 61, p.p. 751-789.

Shun'ichi Tano, Tatsuhiro Takayama, Mitsuru Iwata And Tomonori Hashiyama, *Wearable Computer For Ubiquitous Informal Communication*. University of Electro-communications.

Japan.

Satyanarayanan, M. (2001). *Pervasive Computing: Vision And Challenges*. Carnegie Mellon University. IEEE Personal Communications. August 2001.

Sears, A. Revis, D. Swatski, J. Crittenden, R. e Shneiderman, B. (1993). *Investigating Touch-Screen Typing: The Effect Of Keyboard Size On Typing Speed*. Behaviour And Information Technology, 12: pp. 17-22.

Prof. D. T. Pham. ((2007), *Tangible Acoustic Interfaces for Computer Human Interaction (Tai-chi Final Report)*, Tai-chi Consortium, Mec, Cardiff University, UK. Disponível em [Http://www.taichi.cf.ac.uk/files/final_activity_report_public_version.pdf](http://www.taichi.cf.ac.uk/files/final_activity_report_public_version.pdf) [Consultado em 10/2007].

Gopal Pingali, Claudio Pinhanez, Anthony Levas, Rick Kjeldsen, Mark Podlaseck, Han Chen, Noi Sukaviriya. (2003). *Steerable Interfaces For Pervasive Computing Spaces*. IBM T.J. Watson Research Center. Disponível em: [Http://www.research.ibm.com/ed/publications/percom03.pdf](http://www.research.ibm.com/ed/publications/percom03.pdf) [Consultado em 10/2007].

Weiser, Mark. (1993). *Some computer science issues in ubiquitous computing*. CACM, July 1993.

Whitted, Turner. [Em linha] *Designing And Fabricating Mems Devices*. Hardware Devices Research Group. Disponível em: <http://msrweb/groups/hardware>.

Youngblut, Christine. Johnson, Rob E., Nash, Sarah H., Wienclaw, Ruth A. & Will, Craig A. (1996). *Review Of Virtual Environment Interface Technology*. Institute For Defense Analyses – IDA - Paper P-3186. [Em linha] Disponível em <http://www.hitl.washington.edu/scivw/ida/>

REFERÊNCIAS ELECTRÓNICAS

Adesso - <http://www.adeso.com> (01-07).

Antique Typewriter Collector's - <http://www.typewritercollector.com/> (01-07).

Alphagrips - www.alphagrips.com (01-07).

Apple Hardware:

<http://developer.apple.com/documentation/Hardware/hardware2.html> (01-07).

BBCI - http://ida.first.fhg.de/projects/bci/bbci_official/index_en.html (01-07).

Bigkeys - www.bigkeys.com (03-07).

Art Lebedev <http://www.artlebedev.com> (08-07).

Buxton B. *A Directory of Sources for Input Technologies* [Em linha]. Disponível em <http://www.billbuxton.com/InputSources.html> [consultado em 02-07].

Buxton B. (2007) Multi-touch systems that I have known and loved . Microsoft Research Jan 2007. [Em linha]. Disponível em <http://billbuxton.com/multitouchOverview.html> [Consultado em 03-07].

Buxton, W. (2002) Human Input To Computer Systems: Theories, Techniques And Technology. - (1994, 2002 - Unfinished book manuscript.) - <http://www.billbuxton.com/inputManuscript.html> (1-07).

Computer History & Keyboard History

<http://www.xpertkeyboard.com/computer.htm> (01-07).

Computer Keyboard Design - <http://ergo.human.cornell.edu/AHTutorials/ckd.htm>

Dasher - <http://www.inference.phy.cam.ac.uk/dasher> (01-07).

Data-desktech - www.data-desktech.com (01-07).

Dillon, T. *Pervasive And Ubiquitous Computing*. Innovations Researcher, Futurelab, Viewpoint article [Em linha] Disponível em <http://www.futurelab.org.uk/viewpoint/art73.htm> - [Consultado em 05/04/07].

Design. Niosh. [Em linha] Disponível em www.humanics-es.com/alternativekeyboards.htm [Consultado em 15/03/2007].

Freedman, A. (2001). Computer Desktop Encyclopedia, the Computer Language Company

Inc., Osborn/McGraw-Hill, 2001. [em linha]. Disponível em <http://www.techweb.com/encyclopedia/defineterm?term=pda&x=43&y=10> [consultado em 09/2007].

Frogpad - <http://www.frogpad.com> (03-07).

FingerWorks - <http://www.fingerworks.com/> (02-07).

GoldTouch - http://www.ergodirect.com/product_info.php?products_id=451 (11-07).

Handwriting Recognition System - Guoping Huang, Mark Austin Berger, Toni Ivanov (tii2) - ECE 476: Final Project - <http://instruct1.cit.cornell.edu/courses/ee476/FinalProjects/s2006/gh75/web..> (03-2007)

Haptic Symposium. [Em linha]. <http://www.hapticssymposium.org/> [Consultado em 06/09/1999].

Haptics-e [Em linha]. Disponível em <http://www.haptics-e.org/> [Consultado em 05/05/07].

Healthycomputing - [<http://www.pc.ibm.com/ww/healthycomputing/vdt8a.html>]

Iphone - <http://www.apple.com/iphone/> (01-07).

Ideazone - www.ideazon.com (01-07).

IBM history web site - <http://www-03.ibm.com/ibm/history/> (06-07).

Keybowl - <http://www.keybowl.com/> (01-07).

Lomak - <http://www.lomakkeyboard.com> (08-07).

Kinesis - <http://www.kinesis-ergo.com/max-spec.htm> (11-07).

Keytec - <http://www.magictouch.com/> (01-07).

Keyboard Research References - <http://www.tifaq.com/keyboards/references.html> (07-07).

Logitech - www.logitech.com (05-07).

Lueder, Rani (CEP Humanics) e Grant, Chris (F-One Ergonomics). Alternative Keyboard Thomas, K. The Personal Touch An Interview With Peter Humphreys, Chair, Personalised Education Now, Futurelab. Viewpoint article. [Em linha]. Disponível em <http://www.futurelab.org.uk/viewpoint/art73.htm> [Consultado em 06/04/07].

Maltron - <http://www.maltron.com> (01-07).

Microsoft Mice & Keyboards

<http://www.microsoft.com/hardware/mouseandkeyboard> (01-07).

Microsoft hardware - <http://www.microsoft.com/hardware/innovation/history.msp> (01-07).

Microsoft surface - <http://www.microsoft.com/surface/> (01-07).

MIT Media Lab. Research Group Projects And Descriptions [Em linha] Disponível em <http://www.media.mit.edu/research/ResearchPubWeb.pl?ID=0>. [Consultado em 15/03/2007].

Museu do Computador - <http://www.museudocomputador.com.br> (01-07).

Olsen Jr. Dan R.(2007). “Principles of Interactive Systems”, Computer Science Department, Brigham, Young University. [Em linha]. <http://icie.cs.byu.edu/UIBook/> [consultado em 11-07].

Oxin - <http://www.synaptics.com/onyx> (03-07).

Polivision - <http://www.softboard.com/> (01-07).

Resistance is not futile – It’s The Haptic Key to investigating 3D Worlds Merlin John, Futurelab - Viewpoint article [Em linha] Disponível em <http://www.futurelab.org.uk/viewpoint/art73.htm> [Consultado 05/04/07].

Sensitive Wall - <http://sensitivewall.com/> (05-07).

Stenograph - [http://www.stenograph.com./](http://www.stenograph.com/) (01-07).

Smart Device - <http://www.smart-device.com/> (05-07).

Safetype - <http://www.safetype.com/> (01-07).

Sony Computer Science Laboratories, Inc.Home Page. [Em linha]. Disponível em <http://www.sony CSL.co.jp/>. [Consultado em 06/09/1999].

Typematrix - <http://www.typematrix.com> (08-07).

Twiddler2 - <http://www.handykey.com/site/twiddler2.html> (11-07).

Tactiva - www.tactiva.com (01-07).

The Computer Museum History Center - <http://www.computerhistory.org/> (02-07).

User-centered Design - IBM - <http://www-03.ibm.com/easy/page/570pv>

User Interface: A Personal View; The Art of Human-Computer Interface Design; Alan Kay; 1989 (02-09-07). <http://www.artmuseum.net/w2vr/archives/Kay/Kay.html> (04-11-07) (accedido em 15-01-07).

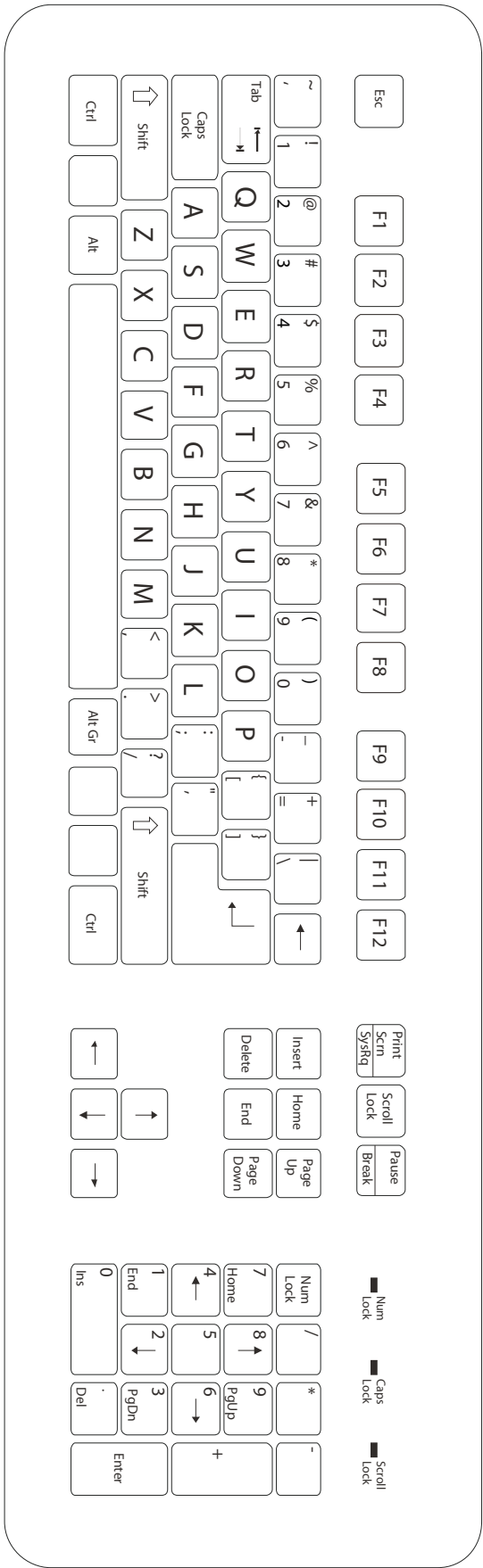
VKB - www.vkb-tech.com (01-07).

Wearable Group - <http://www.wearablegroup.org/> (01-07).

Whitted, Turner. *Designing And Fabricating Mems Devices*. Hardware Devices Research Group <http://msrweb/groups/hardware> [Consultado em 12/07/2007].

Wivik - <http://www.wivik.com>] (01-07).

Apêndice





Apple Macintosh adjustable



Apple Extended II



Apple II



Amiga 500A



Apple iMac



IBM 84



IBM 101



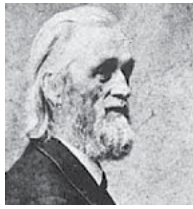
Microsoft 104



Teletype MODEL 2230



TIMELINE



[1868] Máquina de Escrever de Sholes

Cristopher Latham Sholes patenteou em 1868 a Máquina de Escrever que ainda hoje se utiliza para escrever.



[1936] Layout Dvorak

O layout de teclado DVORAK foi criado pelo prof. August Dvorak na universidade de Washigton



[1829] Typographer

William Austin Burt inventa a primeira Máquina de Escrever designada de Typographer



[1896] É criada a IBM

Hollerith criou a Tabulating Machine Company que viria a tornar-se IBM.



[1933] Electromatic

A primeira máquina de escrever eléctrica da IBM [1933]



[1873] Sholes & Glidden

A firma E. Remington and Sons, de Illion, Nova York colocam o primeiro modelo Industrial da Máquina de Escrever



[1830] Stenotype

A primeira Máquina de estenógrafo foi criado em 1830 por Karl Drais.



[1930] Telétipo

O telétipo combinava a tecnologia da máquina de escrever com o telegrafo.

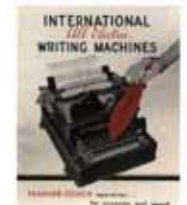
[1816] Telégrafo eléctrico

Francis Ronalds constrói o primeiro telégrafo eléctrico funcional.



[1890] Cartões Perfurados

Os Cartões Perfurados e a máquinas de ordenação desenhadas por Herman Hollerith para controlar os dados do censo dos Estados Unidos.



[1934] IBM Model 1

A IBM introduz a primeira Máquina de Escrever eléctrica completamente bem sucedida a IBM Model 01.



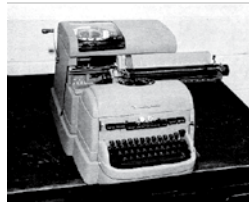
1800

1850

1900

1930

TIMELINE



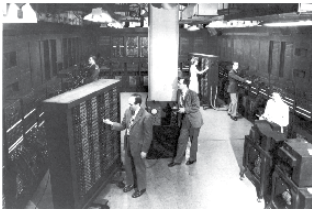
[1956] Unityper
Surge o Unityper um dispositivo de entrada usado para gravação de informação em cassetes magnéticas.



[1970] Video Terminal
Desenvolvido pela MIT, Bell Laboratories e General Electric, foram os primeiros teclados que não imprimiam no papel, mas aparecia directamente no ecrã.



[1963] Telefone Touch-Tone
A Bell Labs apresenta o primeiro telefone com as teclas touch-tone.



[1946] O computador ENIAC
Foi terminada a construção da ENIAC (Electronic Numerical Integrator Analyzer and Computer) na Universidade de Pensilvânia. Este computador ainda usava os cartões perfurados como entradas e saídas periféricas.



[1961] IBM Selectric
A IBM introduz uma revolucionária Máquina de Escrever de funcionamento electromecânico que veio a tornar-se numa das mais populares Máquinas de Escrever.

[1948] O computador BINAC
É concluído o computador BINAC que já trazia uma máquina de escrever de controlo electromecânico.



[1973] TV Typewriter
Inventado por Don Lancaster, foi o primeiro dispositivo a permitir a visualização de informação alfanumérica numa televisão normal.



[1964] Invenção do Rato
Um novo dispositivo de entrada, o rato do computador é inventado por Douglas C. Engelbart



1940

1950

1960

1964

1966

1968

1970

TIMELINE



[1981] IBM PC
A IBM lança o seu primeiro computador pessoal com um teclado de 83 teclas que tinha 10 teclas de funções e um keypad numérico.



[1996] Nokia 9000 Communicator
Nokia Lança o primeiro "Smart Phone", o Nokia 9000 Communicator, um telemóvel, que vinha dotado de um teclado completo QWARTY.



[1976] Apple
A empresa Apple Computer é criada em Califórnia por Steve Wozniak e Steve Jobs que terminam o seu computador, a Apple.



[1984] Apple Macintosh
A Apple Computer lança o Macintosh com um interface gráfico do utilizador baseado no sistema da Xerox Star.



[1984] Psion1
É reconhecido como sendo o primeiro PDA e tinha um teclado alfabético de 36 teclas minúsculas.



[1980] Displaywriter
Em Juho a IBM lança o Displaywriter um sistema de processamento de texto com um software de processamento de texto integrado.

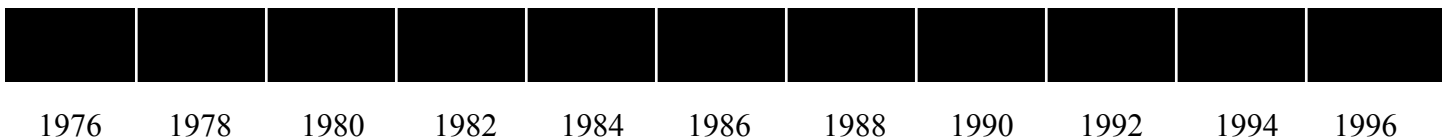


[1994] Natural Keyboard
1994 – Para o lançamento do Windows 95, a Microsoft introduz o Natural Keyboard, o seu primeiro teclado ergonómico.



[1984] IBM Model M
A IBM introduz o teclado Model M de 83 teclas que tinha 10 teclas de funções e um keypad numérico.

[1977] Microsoft
Bill Gates e Paul Allen fundam a Microsoft.



TIMELINE



[1998] Logitech Cordless Desktop

A Logitech lança no Mercado a Cordless Desktop que pela primeira vez introduz a tecnologia RF Wireless de teclado e rato sem fios.



[2003] Apple Wireless Keyboard

Apple lança o teclado Bluetooth de 108 teclas, com 16 teclas de funções programáveis pelo próprio utilizador.



Optimus Keyboard [2006]

Teclado com teclas de ecrã OLED com animações e imagens que pode ser alterado e configurado pelo utilizador.



[2003] Logitech diNovo Media Desktop

A Logitech apresenta a Ultra-Stylish, uma combinação de rato, teclado e media pad que faz do PC um Centro de controlo Wireless Bluetooth.



[2006] Wireless Entertainment Desktop 8000

A Microsoft lança no mercado o "Ultimate Keyboard" O Wireless Entertainment Desktop.



[1998] Apple USB Keyboard

A Apple lança a Apple USB keyboard de 82 teclas, incluindo 12 teclas de funções, um keypad numérico e um conjunto de 4 teclas de controlo do cursor.



[2002] Wireless Optical Desktop Pro

Surge no mercado o Wireless Optical Desktop Pro, o primeiro Teclado da Microsoft com a tecnologia Bluetooth.



[2004] Nintendo DS

A Nintendo lança nova consola de jogos equipada com dois touchscreen que estão virtualmente conectadas.



[2006] Logitech diNovo Edge

Em Março a Logitech lança o teclado diNovo Edge



[2001] iPod

A Apple lança o primeiro iPod. Este leitor de MP3 vendeu mais de dez milhões de unidades em apenas três anos.



[2005] Virtual Laser VKB

lança o primeiro Teclado Virtual Keyboard Bluetooth em Fevereiro.



1998

1999

2000

2001

2002

2003

2004

2005

2006

TIMELINE



[2007] iPhone
O iPhone é lançado pela Apple.



[2007] Touchglobe
Touchglobe é desenvolvido na Fraunhofer-Institute for Computer Architecture and Software Technology FIRST em Berlin na Alemanha.



[2008] diNovo Mini
Logitech Lança o teclado diNovo Mini.



[2007] Sensitive Wall
Sensitive Wall um sistema multi-touch desenvolvido em Itália pela firma IO, baseada *Stereoscopic Computer Vision*.



[2007] Interactive Media Wall
O *Interactive Media Wall*, desenvolvido pelo Jeff Han e a sua empresa Perceptive Pixel Inc.,



[2008] iPod touch
A Apple lança o novo iPod touch com uma revolucionario interface de utilizador multi-touch (Setembro).



[2007] Surface
Microsoft lança Surface Computing.



[2007] Mental Typewriter
erlin Brain-Computer Interface (BBCI) ou Mental Typewriter é desenvolvido por cientistas de Fraunhofer-Institute for Computer Architecture and Software Technology FIRST em Berlin



2007

2008