

# 1

## Introdução

O tema central desta tese de doutorado é o estudo de tecnologias assistidas para cegos. Para isto, é bastante discutida a utilização de interfaces e dispositivos hápticos para facilitar o acesso de deficientes visuais a computadores. Esta tese tem como principal objetivo discutir que ferramentas são adequadas para um deficiente visual ter acesso à informação em um ambiente computacional. São abordados os principais problemas de acessibilidade em interfaces gráficas, as principais questões relacionadas com a cegueira e os mecanismos de percepção através do tato e a utilidade de interfaces hápticas e interfaces assistidas para os deficientes visuais.

Como objetivos secundários, esta tese investiga a utilização de dispositivos reativos e como eles dão suporte aos deficientes visuais em tarefas simples de interação no computador. Este trabalho apresenta vários dispositivos reativos encontrados atualmente no mercado ou ainda em caráter experimental, discute suas vantagens, desvantagens, limitações e possíveis aplicações, analisa as tecnologias atuais, discute vários trabalhos relacionados com o tema. Mostra também, a partir de testes realizados com usuários cegos do Instituto Benjamin Constant, resultados que demonstram a eficiência de um tipo específico de *joystick* reativo. Além disto, este trabalho propõe possíveis aplicações dessas tecnologias no desenvolvimento de interfaces para deficientes visuais.

### 1.1 Motivações

Com a indiscutível informatização da sociedade, é inegável que o computador seja uma ferramenta de trabalho essencial nos dias de hoje. Antes do surgimento de interfaces gráficas com o usuário (GUI's), ocorrido nas décadas de 80 e 90, e a popularização do sistema operacional Windows, as aplicações e o próprio sistema operacional da época (DOS) eram baseados em interfaces puramente textuais. Tais interfaces não representavam grandes barreiras para os deficientes visuais (NCD, 1996).

Entretanto, desde o advento de interfaces gráficas, as aplicações vêm se tornando cada vez mais gráficas e interativas. Pesquisa realizada por Myers & Rosson (1992) indica que cerca de 82% das aplicações existentes na época utilizam o *mouse* como dispositivo de entrada, 55% utilizam manipulação direta de objetos gráficos e 84% empregam alguma forma de saída gráfica, seja em 2D ou 3D.

Baseadas quase que exclusivamente em metáforas visuais e manipulação direta de objetos gráficos, tais interfaces colocaram esta comunidade à margem de todo o processo de evolução da computação, pois tornou inviável a utilização de computadores (Jacko & Sears, 1998). Com a migração, na década de 90, do sistema DOS para o Windows nos escritórios e empresas, muitos deficientes foram demitidos e perderam espaço no mercado de trabalho (NCD, 1996). Infelizmente, o surgimento e a consolidação das interfaces gráficas trouxeram dificuldades quase intransponíveis para a comunidade de deficientes visuais, ocasionando assim uma grande crise no meio (Boyd et al., 1990).

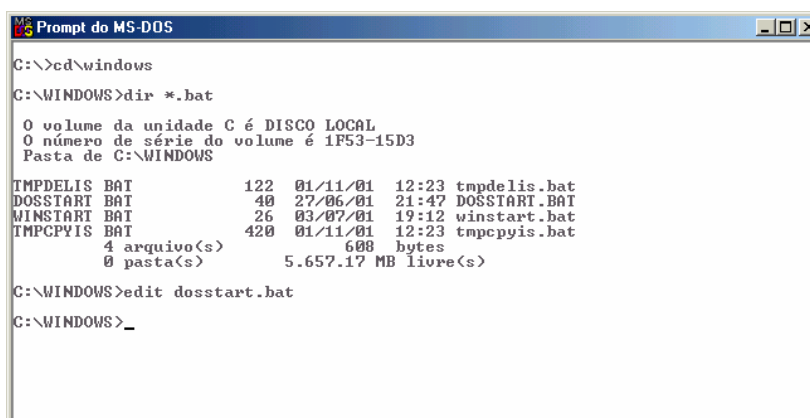
Portanto, é de extrema relevância investir em esforços que garantam aos deficientes visuais acesso à informática de forma mais igualitária possível. Não é justo que esta comunidade continue sendo excluída deste processo, perdendo cada vez mais oportunidades de trabalho e o direito ao livre acesso a informação e ao conhecimento.

## 1.2 Interface e Estilos de Interação

Segundo Moran (1981), *“a interface de usuário deve ser entendida como sendo uma parte do sistema computacional com a qual uma pessoa entra em contato física, perceptiva e conceitualmente”*. Em computação, este termo usualmente designa os componentes de *hardware* e *software* que permitem ao usuário interagir com o sistema computacional.

Estilo de interação é um termo genérico que inclui todas as formas utilizadas por usuários para comunicar ou interagir com sistemas computacionais (Preece et al., 1998). Os estilos mais comumente encontrados em interfaces são: Linguagem de Comando, Menus, Preenchimento de Formulários, Linguagem Natural e Manipulação Direta (Preece et al., 1998; Shneiderman, 1992).

Nas interfaces baseadas em linguagem de comando, o usuário envia instruções (cuja sintaxe e semântica são tipicamente específicas da aplicação em questão) para serem processados pela aplicação (Figura 1.1). Este estilo é especialmente útil para usuários freqüentes, pois permite elevado controle da aplicação e agiliza a execução de tarefas complexas. Entretanto, a taxa de erro costuma ser alta, o aprendizado é mais demorado e a retenção pode ser baixa, pois exige memorização de comandos e sintaxes.



```
MS-DOS Prompt
C:\>cd\windows
C:\WINDOWS>dir *.bat

O volume da unidade C é DISCO LOCAL
O número de série do volume é 1F53-15D3
Pasta de C:\WINDOWS

TMPDELIS BAT          122  01/11/01  12:23 tmpdelis.bat
DOSSTART BAT           40  27/06/01  21:47 DOSSTART.BAT
WINSTART BAT           26  03/07/01  19:12 winstart.bat
TMPCPYIS BAT          420  01/11/01  12:23 tmpcpyis.bat
4 arquivo(s)           600 bytes
0 pasta(s)             5.657.17 MB livre(s)

C:\WINDOWS>edit dosstart.bat
C:\WINDOWS>
```

Figura 1.1: Linguagem de Comando

Nas interfaces baseadas em menus, o usuário escolhe opções entre um determinado conjunto pré-determinado e disponibilizado pela aplicação (Figura 1.2). Quando comparado com o anterior, este estilo é mais fácil de ser aprendido, requer pouca memorização e digitação por parte do usuário. Entretanto, diminui a velocidade de operação do usuário freqüente e pode ocupar muito espaço na tela do computador.

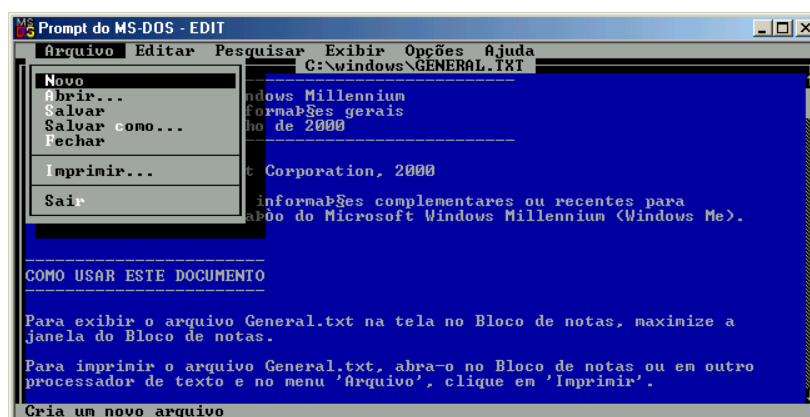


Figura 1.2: Menus

Interfaces baseadas em preenchimento de formulários são utilizadas principalmente quando há necessidade de entrada de uma quantidade maior de dados, tipicamente de forma repetitiva (por exemplo, cadastro de clientes em uma base de dados). Este tipo de interação geralmente é simples, desde que o usuário entenda corretamente o significado de cada campo no formulário.

Interfaces baseadas em linguagem natural permitem a interação com o usuário utilizando sua própria língua, seja ela inglês, português ou outra qualquer. Sua principal vantagem é facilitar a interação com usuários que não dominam a computação. Entretanto, aplicações que utilizam este estilo devem lidar com os problemas inerentes à própria linguagem natural, ou seja, construções vagas, ambíguas e contendo erros gramaticais.

Interfaces baseadas em manipulação direta (Shneiderman, 1983) são caracterizadas por suportarem ações dos usuários (tais como mover, selecionar, arrastar etc.) sobre representações visuais de objetos de interface (por exemplo, ícones), através de um dispositivo de entrada, tipicamente o *mouse*.

Além dos estilos bem definidos citados anteriormente e amplamente estudados em Shneiderman (1992) e Preece et al. (1998), pode-se citar também o estilo WIMP (*Windows, Icons, Menus, Pointers*). Este termo é comumente associado a interfaces gráficas com o usuário (GUI's). Tais interfaces utilizam representações visuais de janelas e *widgets* de interação, tais como botões e ícones (Figura 1.3). Os usuários executam ações sobre essas representações através de dispositivos de entrada, tais como o *mouse*. O WIMP não é um estilo único de interação, pois emprega diversos estilos básicos citados anteriormente, em especial menus, manipulação direta, preenchimento de formulários e linguagem de comando.

Nas interfaces baseadas no estilo WIMP, os usuários novatos aprendem mais rapidamente a utilizá-las e os usuários eventuais conseguem reter o que aprenderam com mais facilidade. Entretanto, também há vários problemas, tais como ocupação exagerada de espaço na tela do computador (requerendo, às vezes, rolagem excessiva de seu conteúdo), necessidade de conhecer o significado das representações visuais, diminuição da velocidade de operação do usuário (geralmente a utilização do teclado é mais rápido), entre outros (Shneiderman, 1992). Entretanto, tendo em vista o tema deste trabalho, o principal questionamento a ser feito com relação ao estilo WIMP, ou seja, o problema de

acessibilidade para deficientes visuais, será discutido a parte com maior profundidade.

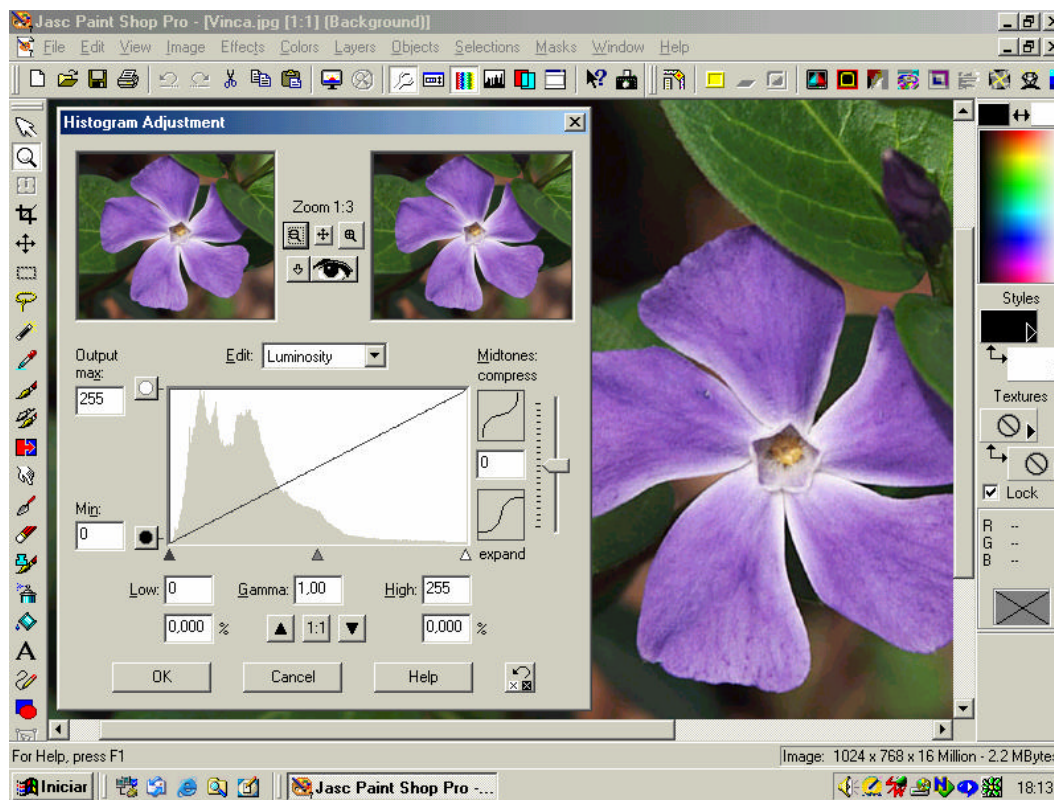


Figura 1.3: WIMP

### 1.3 O Deficiente Visual e a Interface

Na década de 80, os estilos de interação comumente empregados em interfaces eram baseados em linguagem de comandos e menus. Tais estilos não impediram o acesso de deficientes visuais a computadores, pois eles são capazes de utilizar o teclado com eficiência comparável aos videntes (Kamel & Landay, 2000) e acessar o conteúdo da tela com o mesmo nível de informação textual de um usuário vidente (Christian, 2000). Programas especiais, chamados de leitores de tela (Jaws, 2002; outSPOKEN, 2002; Window-Eyes, 2002), convertem sequencialmente todo o conteúdo da tela em voz sintética, compensando assim a deficiência.

Entretanto, na década de 90, com o surgimento de interfaces gráficas, o estilo de interação mais comum passou a ser o WIMP, trazendo, portanto, graves problemas de acessibilidade para o deficiente visual. Infelizmente, os avanços obtidos com a consolidação deste estilo não contemplaram esta comunidade

(Sjöström, 2002). Não havia uma preocupação com eles, as aplicações eram desenvolvidas especificamente para os videntes (Kamel & Landay, 2000).

Buscando contornar este problema de acessibilidade, muitos pesquisadores buscaram soluções predominantemente baseadas em síntese de voz e outros *feedbacks* sonoros (Dosvox, 1998; James, 1998; Kamel et al., 2001; Kennel, 1996; Mynatt, 1997; Mynatt & Edwards, 1992; Nomad, 2001; Pitt & Edwards, 1996; Raman, 1996; Savidis, 1996; Vanderheiden, 1996; Zajicek et al., 2000).

Esta tecnologia era muito eficiente antes do surgimento de interfaces gráficas, devido à relativa facilidade de se traduzir uma interface textual (e tipicamente seqüencial) em voz. Esta tradução, entretanto, não é trivial em um contexto contendo elementos gráficos. Além disso, a conversão em voz depende intrinsecamente da língua, dialeto e até mesmo do sotaque utilizado, não sendo, portanto, facilmente acessível a deficientes visuais de nacionalidades diferentes (Christian, 2000).

Interfaces baseadas em voz também não são adequadas em tarefas onde há necessidade de localização espacial de objetos (Kamel & Landay, 2000), embora existam trabalhos que investigam mecanismos de mapeamento de estruturas espaciais de objetos gráficos e *widgets* de interface em *feedbacks* sonoros não-verbais (Kamel et al, 2001; Mynatt, 1997; Mynatt & Edwards, 1992).

Uma possível alternativa para contornar este grave problema é a utilização de outras tecnologias. Em especial, tecnologias hápticas, por serem particularmente úteis para o deficiente visual. Entretanto, até o presente momento, não existe muita pesquisa nesta área para o caso específico do portador de deficiência visual (McLaughlin et al., 2002).

Somente em 1994, o primeiro dispositivo háptico 3D de precisão, o PHANToM, começou a ser comercializado. Por ser extremamente caro, tornou-se inviável até mesmo para pesquisa. No Brasil, apenas alguns laboratórios possuem o equipamento. Mais recentemente, surgiram dispositivos reativos a preços acessíveis para o usuário doméstico, por exemplo, o *joystick Sidewinder* da *Microsoft*. Esta tese foi em parte motivada pela possibilidade de realizar pesquisas com interfaces assistidas que pudessem ser utilizadas na prática por usuários comuns.

Além disso, os trabalhos existentes, em sua maioria, contemplam principalmente usuários de visão subnormal, atendendo de forma insatisfatória os

cegos totais (Fraser & Gutwin, 2000; Jacko, 1998; Jacko et al., 2000; Zajicek et al., 1999; Zajicek, 2000; Zajicek et al., 2000). Tais trabalhos são adaptações de ferramentas computacionais convencionais e, por não oferecerem mecanismos não-visuais de *feedback*, são úteis somente para indivíduos com resíduo visual que possa ser aproveitado. Como exemplo de tais ferramentas, pode-se citar ampliadores de tela (inLARGE, 2002; MAGic, 2002; ZoomText, 2002), sistema para reconhecimento de voz (Via Voice, 2002) e reforço de *feedbacks* visuais, tais como interfaces com textos grandes e esquema de cores de alto contraste (MSAA, 2002).

Alguns trabalhos até oferecem outras formas de *feedback* como, por exemplo o tato, porém com a função de complementação do *feedback* visual (Rorh et al., 2000). A maioria se baseia em uma interface multimodal (háptica e visual) e geralmente valorizam demasiadamente o *feedback* visual, deixando em segundo plano o *feedback* háptico (McLaughlin et al., 2002). Neste caso, é praticamente impossível um indivíduo completamente cego utilizar tais interfaces.

Existe, então, uma grande carência de ferramentas projetadas especificamente para os cegos totais, baseadas principalmente na percepção háptica do usuário, que, juntamente com a audição, é um dos sentido mais importantes para o deficiente visual (Yu et al., 2000).

Têm-se, portanto, motivos convincentes que justificam a relevância deste tema: existe pouca pesquisa sobre o assunto e o pouco que há ainda não atingiu um grau de amadurecimento satisfatório. Este trabalho tem grande impacto social pois foi desenvolvido desde o princípio especificamente para usuários totalmente cegos e utiliza recursos computacionais baratos e simples, amplamente disponíveis no mercado.

## 1.4 Resumo das Contribuições Científicas

A principal contribuição científica deste trabalho no campo da computação gráfica está na especificação e desenvolvimento de um modelo de baixo nível de interface assistida para deficientes visuais que implementa uma nova técnica de interação não-visual. Esta técnica está fundamentada em modelos matemáticos aplicados de transformadas de distância e se apóia em resultados da psicologia de percepção e visão computacional. Difere também de outros trabalhos por mesclar

a percepção gerada pelo componente cinético do tato, através da aplicação de forças reativas, com o componente cutâneo, através da simulação de texturas. Essa combinação, conforme será mostrado no Capítulo 2, estimula a percepção espacial e exploração háptica e, em especial, facilita a identificação de contornos e formas bidimensionais de objetos geométricos.

Como contribuições secundárias, no campo do desenvolvimento de software, este trabalho fornece subsídios básicos para a implementação de aplicações com interfaces espaciais reativas sem, no entanto, propor um modelo ou *framework* para o desenvolvimento de tais aplicações. No campo da Interação Humano-Computador, este trabalho fornece aos pesquisadores da área um rico material para uma análise teórica mais detalhada dos resultados obtidos pela interface assistida proposta.

## 1.5 Organização da Tese

Os demais capítulos desta tese estão organizados da seguinte maneira: o Capítulo 2 apresenta informações bastante sucintas sobre as deficiências visuais e considerações importantes sobre aspectos cognitivos da percepção háptica humana, baseados em resultados científicos da psicologia de percepção. Este capítulo tem a finalidade de contextualizar melhor o trabalho, mostrando as características e limitações do tato humano sendo, portanto, relevantes para entender como o deficiente visual percebe e interage com o mundo. Os Capítulos 3 e 4 apresentam o quadro científico atual sobre dispositivos e interfaces hápticas, respectivamente. Estes capítulos abordam especialmente a aplicação de tecnologias hápticas em pesquisas para deficientes visuais. Será mostrada também em que sentido as pesquisas atuais diferem no que será proposto nesta tese. O Capítulo 5 apresenta as questões mais relevantes a respeito do *pipeline* de *rendering* háptico e o modelo matemático de transformadas de distância. Mostra também que a relação entre ambos é importante para a implementação de técnicas de interação específicas para deficientes visuais propostas nesta tese. O Capítulo 6 apresenta uma proposta de interface assistida para deficientes visuais, levando em consideração as características perceptuais humanas (conforme apresentado no Capítulo 2) e os resultados obtidos em trabalhos relacionados (conforme apresentado nos Capítulos 3 e 4). O Capítulo 7 apresenta testes simples realizados



com um grupo de deficientes visuais, a maioria cegos totais, do Instituto Benjamin Constant. Estes testes têm a finalidade de ilustrar uma possível aplicação do protótipo de interface assistida apresentado no Capítulo 6. O Capítulo 8 mostra uma análise estatística simples dos resultados obtidos nos testes. O Capítulo 9 apresenta o significado desses resultados com relação às hipóteses de *design* e os impactos provocados nesta tese. O Capítulo 10 faz um resumo das principais conclusões deste trabalho, apresenta com mais detalhes as contribuições originais da tese e propõe possíveis trabalhos futuros.