

UNIVERSIDADE DE LISBOA

Faculdade de Ciências

Departamento de Informática



INTERACÇÃO POR TOQUE  
EM MÚLTIPLAS SUPERFÍCIES

António Ricardo Bengelsdorff Regueiras Neto

MESTRADO EM ENGENHARIA INFORMÁTICA

Arquitectura, Sistemas e Redes de Computadores

2009



UNIVERSIDADE DE LISBOA

Faculdade de Ciências

Departamento de Informática



INTERACÇÃO POR TOQUE  
EM MÚLTIPLAS SUPERFÍCIES

António Ricardo Bengelsdorff Regueiras Neto

DISSERTAÇÃO

Trabalho orientado pelo Prof. Dr. Carlos Alberto Pacheco dos Anjos Duarte

MESTRADO EM ENGENHARIA INFORMÁTICA

Arquitectura, Sistemas e Redes de Computadores

2009



# **Agradecimentos**

Agradeço ao Professor Carlos Duarte, por me ter orientado e acompanhado ao longo de todo este trabalho, por me motivar e continuar a dar ideias, quando as não tinha, e ajudar no desenvolvimento deste projecto.

Agradeço a todos os meus amigos e colegas da equipa de investigação HCIM pela constante troca de ideias, em especial aos meus colegas Luís Duarte por todos os conselhos ao longo do projecto e ao Tiago Reis pelas ideias que me deu.

Agradeço a todos os amigos e colegas da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, pelos bons momentos passados ao longo dos últimos anos.

Agradeço à Faculdade de Ciências e ao LaSIGE por todas as condições disponibilizadas ao longo do ano que me permitiram realizar este projecto.



*Aos meus Pais e à minha irmã pelo apoio incondicional.*





# Resumo

Actualmente, com o preço dos pixéis a diminuir, os ecrãs de computador tendem a aumentar de tamanho. Os ecrãs de parede e outras superfícies de interacção de grande dimensão são agora uma opção para muitos utilizadores. Esta tendência levanta várias questões a serem investigadas na área da interacção pessoa-máquina.

A aproximação simplista de transferir os principais conceitos de interacção do paradigma clássico WIMP (Windows, Icon, Menu, Pointer / Janela, Ícone, Menu, Dispositivo Apontador), baseado nos dispositivos tradicionais de entrada, rato e teclado, rapidamente conduz a problemas inesperados.

Nos últimos anos também se assistiu à emergência dos primeiros produtos comerciais a suportarem interacções multi-toque. É expectável que a tecnologia do toque se torne brevemente *standard*, o que já é visível em alguns mercados específicos, como o dos telemóveis.

Se juntarmos as possibilidades criadas pela recente “revolução táctil” e a transição a que assistimos nos últimos anos para ecrãs de grande dimensão, estamos agora em condições de explorar como a interacção gestual pode contribuir para minimizar os problemas com o paradigma clássico WIMP em ecrãs de grande dimensão.

Neste trabalho é explorado o campo da interacção gestual em ecrãs de grande dimensão. Foram conduzidos vários estudos, onde os utilizadores experimentaram interacção gestual, em várias aplicações adequadas para ecrãs de grande dimensão. Os resultados demonstram que a manipulação directa através de interacção gestual é apelativa aos utilizadores para alguns tipos de aplicações e acções, enquanto para outros tipos, os gestos não são a modalidade preferida de interacção.

Posteriormente, introduziu-se o uso da interacção gestual para cenários cooperativos, discutindo a sua adequação a algumas tarefas, e a forma como os utilizadores decidem cooperativamente que tarefas realizar baseados nas modalidades de entrada disponíveis e nas características das tarefas.

**Palavras-chave:** Gestos, Ecrãs de Grande Dimensão, Técnicas de Interacção, Ecrãs Tácteis, Estudos Centrados nos Utilizadores, Colaboração.



# Abstract

Nowadays, with pixels getting cheaper, computer displays tend toward larger sizes. Wall sized screens and other large interaction surfaces are now an option for many users and this trend raises a number of issues to be researched in the user interface area.

The simplistic approach of transferring the main interaction concepts of the classic WIMP (Window, Icon, Menu, Pointer) design paradigm, based on the traditional mouse and keyboard input devices, quickly led to unexpected problems.

In recent years we also witnessed a revolution with the emergence of the first commercial products supporting multi-touch interaction. It is expected that the use of touch technology will soon become standard, and this is already visible in some specific markets, such as mobile phones.

If we put together the possibilities opened up by the recent “touch revolution” and the transition we have been witnessing for the past few years to large screen displays, we are now able to explore how the use of gestural interaction can contribute to overcome the problems with the classical WIMP paradigm in large screen displays.

In this work we explore the field of gestural interaction on large screen displays, conducting several studies where users experience gestural interaction in various applications suited for large displays. Results show how direct manipulation through gestural interaction appeals to users for some types of applications and actions, while demonstrating that for other types, gestures should not be the preferred interaction modality.

Afterward, we introduce the use of gestural interaction for cooperative scenarios, discussing how it is more suited for some tasks, and hypothesizing on how users cooperatively decide on which tasks to perform based on the available input modalities and task characteristics.

**Keywords:** Gestures, Large Displays, Interaction Techniques, Touch Screens, User-centered Studies, Collaboration.



# Tabela de Conteúdos

Capítulo 1	Introdução.....	1
1.1	Enquadramento.....	2
1.2	Objectivos.....	3
1.3	Metodologia e Plano de Trabalho.....	4
1.4	Síntese dos Resultados e Contribuições .....	6
1.5	Organização do documento .....	7
Capítulo 2	Estado da Arte .....	9
2.1	Contexto e Conceitos.....	9
2.1.1	Quadro Interactivo – SmartBoard .....	9
2.1.2	Ecrã táctil – TouchScreen .....	11
2.1.3	Reconhecimento Gestual.....	12
2.1.4	Paradigma WIMP .....	13
2.2	Interacção com Ecrãs de Grande Dimensão .....	14
2.2.1	Rastreamento do Cursor .....	14
2.2.2	Seleção de Objectos.....	17
2.2.3	Gestão de Tarefas .....	22
2.2.4	Componentes de Controlo.....	23
2.2.5	Ecrãs Tácteis .....	25
2.3	Interacção Gestual .....	29
2.3.1	Estilo de Gestos.....	29
2.3.2	Tecnologia Envolvida .....	31
2.3.3	Domínios Aplicacionais .....	32
2.4	Sumário e Discussão.....	33
Capítulo 3	Interacção Gestual com Uma Superfície.....	37
3.1	Utilização de Gestos em Ecrãs de Grande Dimensão.....	37
3.1.1	Enquadramento e Preparação do Estudo.....	37
3.1.2	Cenários e Acções .....	38

3.1.3	Procedimento.....	39
3.1.4	Resultados .....	40
3.1.5	Discussão.....	42
3.2	Técnicas de Interação para Ecrãs de Grande Dimensão .....	44
3.2.1	Metodologias Avaliadas .....	44
3.2.2	Procedimento.....	46
3.2.3	Resultados .....	47
3.2.4	Discussão.....	48
3.3	Comparação de Modalidades de Interação .....	50
3.3.1	Descrição do Estudo.....	50
3.3.2	Resultados .....	51
3.3.3	Discussão.....	52
Capítulo 4	Interação Gestual em Cenários Cooperativos.....	55
4.1	Cooperação com várias modalidades de interação .....	56
4.1.1	A Aplicação Colaborativa .....	57
4.1.2	Descrição do Estudo.....	57
4.1.3	Resultados .....	59
4.1.4	Discussão.....	61
4.2	Cooperação através de Interação Gestual .....	62
4.2.1	Evolução da Aplicação Colaborativa .....	62
4.2.2	Descrição do Estudo.....	63
4.2.3	Resultados .....	65
4.2.4	Discussão.....	66
Capítulo 5	Conclusões e Trabalho Futuro.....	69
5.1	Conclusões.....	69
5.2	Trabalho Futuro .....	72
Bibliografia	.....	73

# Lista de Figuras

Figura 1: Calendarização .....	5
Figura 2: SmartBoard.....	9
Figura 3: Microsoft Surface .....	11
Figura 4: Apple iPhone .....	11
Figura 5: “Spotlight” .....	15
Figura 6: "Windows Mouse Trail" Vs "High-density Cursor" .....	16
Figura 7: "Bubble Cursor" .....	18
Figura 8: "Drag-and-pop" .....	19
Figura 9: "VisionWand".....	21
Figura 10: “Scalable Fabric”.....	23
Figura 11: "VisionWand" menu.....	24
Figura 12: “Dual Finger Selections”.....	26
Figura 13: “Shadow Reaching” .....	27
Figura 14: "TouchLight".....	28
Figura 15: A taxonomia gestual proposta. ....	29
Figura 16: Domínios de estudo .....	34
Figura 17: Os cinco Cenários.....	38
Figura 18: Exemplos de gestos utilizados para a acção “Colar”.....	42
Figura 19: Exemplos de gestos utilizados para a acção “Restaurar” .....	42
Figura 20: Exemplos de gestos utilizados para a acção “Imprimir” .....	42
Figura 21: Exemplos de gestos utilizados para a acção “Cortar” .....	42
Figura 22: Selecção baseada em Gestos, Selecção Um a Um .....	45
Figura 23: Confirmação baseada em Botão, Confirmação baseada em Menu .....	45
Figura 24: “Drag-and-Pop”, “Drag/ Push-and-throw”.....	46
Figura 25: Os quatro cenários .....	47
Figura 26: Aplicação de quadro branco interactivo v1.0.....	57
Figura 27: Os quatro documentos a replicar. ....	58

Figura 28: Aplicação de quadro branco interactivo v2.0 .....	63
Figura 29: Dicionário Gestual da aplicação .....	64
Figura 30: Os quatro documentos a replicar .....	65



# Lista de Tabelas

Tabela 1: Gestos Similares para o cenário Manipulação de Objectos .....	40
Tabela 2: Gestos Similares para o cenário Manipulação de Janelas.....	40
Tabela 3: Gestos Similares para o cenário Google Earth .....	40
Tabela 4: Gestos Similares para o cenário Visualização de Imagens .....	41
Tabela 5: Gestos Similares para o cenário Leitor Multimédia .....	41
Tabela 6: Acções sem padrão gestual .....	41
Tabela 7: Técnicas de Selecção preferidas para cada cenário .....	47
Tabela 8: Técnicas de Confirmação preferidas para cada acção .....	47
Tabela 9: Técnicas de Visualização preferidas para cada acção.....	48
Tabela 10: Paradigmas de Arrastamento .....	48
Tabela 11: Manipulação de Objectos.....	51
Tabela 12: Google Earth .....	51
Tabela 13: Visualização de Imagens.....	51
Tabela 14: Manipulação de Janelas .....	52
Tabela 15: Resultados dos questionários .....	66



# Capítulo 1

## Introdução

*“In five years we’ll have many tens of millions of people sitting browsing their photos, browsing their music, organizing their lives using touch interfaces.”*

*Bill Gates 07/01/2008*

Nos últimos anos assistiu-se a uma revolução com a emergência dos primeiros produtos comerciais a suportarem interação por toque, algo a que o público anteriormente só tinha “acesso” através de filmes. É esperado que em breve, a utilização desta tecnologia se torne *standard*, e isso já é actualmente visível em alguns mercados específicos, como no mercado dos telemóveis.

Com o advento dos primeiros produtos com suporte a tecnologia multi-toque, surge a oportunidade de explorar mais profundamente a interação gestual. Os gestos, apesar de serem um elemento central na comunicação entre as pessoas, têm visto a sua importância negligenciada nas interfaces tradicionais. As interfaces baseadas em reconhecimento de gestos oferecem uma alternativa ao uso dos tradicionais menus, teclado e rato, abrindo o caminho para diferentes abordagens de “manipulação de objectos”. A capacidade de especificar objectos, operações e outros parâmetros com um simples gesto é intuitiva e tem sido o foco de muitas investigações.

Este trabalho explora as possibilidades que as superfícies sensíveis ao toque oferecem, nomeadamente a combinação de várias dessas superfícies para cenários cooperativos, através de uma interface baseada em reconhecimento de gestos. A instituição de acolhimento deste trabalho foi o DI (Departamento de Informática), na unidade LASIGE (Laboratório de Sistemas de Informação de Grande Escala) e na equipa de investigação HCIM (Human-Computer Interaction and Multimedia).

## 1.1 Enquadramento

Os gestos são um meio de fornecer uma forma natural e intuitiva de interagir com os computadores, em muitos, se não em todos, os domínios aplicativos. Este trabalho procura compreender de que forma a interacção gestual pode contribuir para melhorar a interacção com ecrãs de grande dimensão, particularmente em cenários e aplicações colaborativas.

Actualmente, a interacção baseada em gestos está cada vez mais presente, devido ao aumento da disponibilidade de periféricos e dispositivos capazes de os interpretar. O primeiro segmento tecnológico a adoptar genericamente a interacção baseada em gestos foi o segmento dos dispositivos móveis. Periféricos como os “Palm”, seguidos pelos PDA’s baseados em “Windows Mobile”, foram os primeiros a oferecer capacidades de reconhecimento de gestos, que foram inicialmente utilizadas para reconhecer a escrita à mão. Os gestos eram realizados através de uma caneta, ou “stylus”, num ecrã resistivo. Os desenvolvimentos tecnológicos seguintes permitiram realizar gestos directamente com os dedos no ecrã do dispositivo. Mais recentemente o “iPhone” introduziu às massas a tecnologia multi-toque, permitindo que a interacção gestual atingisse uma audiência ainda mais vasta.

Hoje em dia, com a introdução de novos dispositivos, como a “Microsoft Surface Table”, que complementam outros já existentes, como os ecrãs tácteis de parede, existe um conjunto de dispositivos que estão a tornar a interacção gestual acessível numa nova classe de cenários, capazes de oferecer capacidades de interacção e colaboração que não eram viáveis com os dispositivos móveis pessoais.

Apesar da emergência de produtos inovadores que suportam gestos, existe ainda um grande caminho a percorrer, visto não existirem estudos nem experiências consistentes de utilização deste tipo de interacção, o que não permite desenhar interfaces para eles que tenham um nível de usabilidade idêntico ou superior ao que já foi atingido nas interfaces tradicionais. A abordagem simplista de transferir os principais paradigmas das interfaces tradicionais levou rapidamente a alguns problemas, existindo bastantes cenários em que essa adopção não se revelou correcta do ponto de vista de utilização. A usabilidade da interface gestual está associada ao contexto e cenário de utilização. A interface desenhada para dispositivos móveis, não deverá ser necessariamente a mesma interface para se interagir com uma mesa táctil, ou um ecrã táctil de parede.

Começam agora a surgir os primeiros estudos e os primeiros produtos e dispositivos que tiram partido consistentemente da interacção gestual. Para tal, numa fase inicial, é necessário perceber como é que as pessoas interagem com os novos dispositivos computacionais, nomeadamente dispositivos que disponibilizem superfícies

tácteis de grande dimensão. Algumas das perguntas a que os estudos pretendem responder são: que tipo de gestos as pessoas preferem realizar, quais os gestos que se mostram mais aptos a disparar cada acção, quais as acções mais adequadas para serem realizadas através de gestos, em que cenários os gestos mostram ser uma mais-valia face às interfaces tradicionais.

A partir desta compreensão, será possível construir uma série de recomendações para o desenvolvimento das mais variadas aplicações baseadas em toque. Isto irá permitir aumentar a maturidade deste tipo de interacção, e possibilitar aos novos produtos que suportem este tipo de interacção, uma mais agradável experiência de utilização, e uma melhor usabilidade.

No entanto, deve ser sempre mantido presente que a interacção gestual ou a interacção por toque, não é a solução óptima para todos os problemas. Todos os tipos de interacção são melhores para alguns cenários e piores para outros, sendo um erro pensar que o toque irá substituir o rato ou outra qualquer modalidade de interacção. O rato é excelente para muitas coisas, mas não para tudo. A introdução de texto, por exemplo, será sempre mais eficiente recorrendo a um teclado ou reconhecimento de voz do que através de gestos ou toque. O desafio com a entrada deste novo tipo de interacção é perceber quais os cenários onde é forte, quando as outras modalidades são fracas, servindo assim para as complementar.

## **1.2 Objectivos**

Pretende-se com este trabalho explorar as possibilidades que a interacção por toque oferece, nomeadamente quando se combinam várias superfícies, incluindo superfícies de grandes dimensões, que suportem este género de interacção. Como ferramentas fundamentais para apoiar este trabalho de exploração estão disponíveis dois SmartBoards, quadros digitais interactivos, que respondem ao toque, quer de um dedo, quer de uma caneta.

No seguimento do que foi exposto na secção anterior, a interacção gestual, principalmente com grandes superfícies, não foi ainda caracterizada em detalhe suficiente. Como tal, o objectivo inicial desta tese é contribuir para essa caracterização. Para isso, a primeira fase do trabalho irá focar-se no estudo da forma como um utilizador individual interage, utilizando gestos, com uma superfície de grandes dimensões. Vários estudos serão conduzidos com vista a atingir dois objectivos: primeiro, permitir uma caracterização da interacção sem restrições com superfícies tácteis de grandes dimensões durante a realização de tarefas típicas para cenários que envolvam essas superfícies; segundo, validar os resultados da caracterização realizada, através da implementação de um protótipo que incorpore o conhecimento adquirido.

O segundo objectivo desta tese é explorar as possibilidades de cooperação abertas com a disponibilização de múltiplas superfícies que suportem interacção gestual, partindo da base obtida com o estudo de utilizadores individuais. Este objectivo irá ser abordado da mesma forma que o primeiro. Numa primeira fase, um estudo irá contribuir para compreender como é que os utilizadores abordam a interacção num cenário cooperativo que disponibilize superfícies tácteis. Esse estudo deverá tentar identificar não só que tipos de gestos são utilizados, mas também em que actividades os gestos são mais úteis. Numa segunda fase, as técnicas de interacção apreendidas na primeira fase, serão validadas através da construção de um protótipo, que permita a colaboração entre utilizadores em superfícies diferentes.

### **1.3 Metodologia e Plano de Trabalho**

Numa fase inicial, o trabalho focou-se na interacção gestual com uma superfície. Foram conduzidos vários estudos com o objectivo de definir um conjunto de gestos que pudessem ser utilizados nos cenários mais comuns de interacção individual com uma superfície. Um dos objectivos foi a definição de um conjunto de técnicas de interacção, baseadas em gestos, que permitissem a resolução de alguns dos problemas existentes com a adopção do paradigma WIMP (*Windows, Ícon, Menu, Pointing Device*) em ecrãs de grande dimensão. Posteriormente, foram conduzidos vários estudos que exploravam as possibilidades de cooperação abertas com a disponibilização de múltiplas superfícies com possibilidade de interacção gestual.

Para atingir os objectivos propostos, planeou-se a utilização de uma metodologia iterativa, com duas fases. Numa primeira fase foca-se a interacção gestual com uma única superfície e um único utilizador, e numa segunda fase exploram-se as possibilidades de cooperação abertas com múltiplas superfícies e múltiplos utilizadores. Cada uma das fases está dividida em três sub-fases: pesquisa e investigação de material já existente, realização de um estudo sobre interacção gestual e desenvolvimento e integração dos resultados num protótipo.

A calendarização das principais tarefas executadas no decorrer do projecto é apresentada na figura 1.

ID	Tarefa	Início	Fim	Duração	2008				2009							
					Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun		
1	1ª Iteração: Interação gestual com uma superfície.	01-09-2008	15-01-2009	19,8w												
2	Pesquisa e investigação de interação gestual na literatura.	01-09-2008	20-10-2008	7,2w												
3	Realização de um conjunto de estudos focando a interação gestual com uma superfície.	06-10-2008	15-01-2009	14,8w												
4	Desenvolvimento de um protótipo simples para interação gestual com uma superfície.	03-11-2008	17-12-2008	6,6w												
5	2ª Iteração: Interação Gestual em Cenários Cooperativos.	02-01-2009	12-06-2009	23,2w												
6	Pesquisa e investigação sobre interação gestual em cenários cooperativos.	02-01-2009	27-02-2009	8,2w												
7	Realização de um conjunto de estudos focando a interação gestual em cenários cooperativos.	02-02-2009	12-06-2009	19w												
8	Integração dos desenvolvimentos anteriores num protótipo.	02-03-2009	27-05-2009	12,6w												
9	Escrita do relatório preliminar.	06-10-2008	14-11-2008	6w												
10	Escrita do relatório final.	20-05-2009	02-07-2009	6,4w												

**Figura 1: Calendarização**

## 1.4 Síntese dos Resultados e Contribuições

Deste trabalho resultaram as seguintes contribuições:

- I. Definição de um mapeamento de acções/gestos, para serem utilizados nos cenários mais comuns de interacção individual com uma superfície táctil, no contexto de interacção com um ecrã de grandes dimensões.
- II. Protótipo de uma aplicação de interacção gestual, que implementa várias técnicas de interacção com ecrãs de grande dimensão.
- III. Definição de um mapeamento de acções/gestos, que possibilite a cooperação entre utilizadores em várias superfícies tácteis e não tácteis.
- IV. Protótipo de uma aplicação de quadro branco interactivo cooperativo, com base no mapeamento acções/gestos anterior.

Durante este trabalho foram realizadas algumas contribuições para a comunidade científica na forma de artigos científicos em conferências internacionais sobre interacção Pessoa-Máquina e sistemas colaborativos. A lista de publicações de artigos científicos realizadas durante este trabalho apresenta-se de seguida:

- António Neto, Carlos Duarte. “A Study on the Use of Gestures for Large Displays”, nas actas da conferência ICEIS 2009 (International Conference on Enterprise Information Systems), Milão, Itália, 6 a 10 de Maio de 2009.
- António Neto, Carlos Duarte. “Comparing Gestures and Traditional Interaction Modalities on Large Displays”, nas actas da conferência INTERACT 2009 (IFIP TC13 Conference in Human-Computer Interaction), Uppsala, Suécia, 24 a 28 de Agosto de 2009.
- Carlos Duarte, António Neto. “Gesture Interaction in Cooperation Scenarios”, nas actas da conferência CWRIG 2009 (Collaboration Research International Workshop on Groupware), Peso da Régua, Portugal, 13 a 17 de Setembro de 2009.



## 1.5 Organização do documento

Este documento está organizado da seguinte forma:

- Capítulo 1 – Introdução

Neste capítulo é apresentado um enquadramento à interacção por toque e interacção gestual. São apresentadas a motivação e objectivos do trabalho. Posteriormente é descrita a metodologia e o plano de trabalho, assim como uma síntese dos resultados alcançados e respectivas contribuições.

- Capítulo 2 – Estado da Arte

Neste capítulo é realizada uma contextualização do trabalho, nomeadamente aos conceitos mais importantes. De seguida é apresentado o trabalho relacionado, resumindo a pesquisa e investigação efectuada sobre os ecrãs de grande dimensão e interacção gestual.

- Capítulo 3 – Interacção Gestual com Uma Superfície

Neste capítulo são apresentados os três estudos realizados sobre interacção gestual numa superfície, focando a utilização de gestos em ecrãs de grande dimensão, as técnicas de interacção em ecrãs de grande dimensão e a comparação de modalidades de interacção.

- Capítulo 4 – Interacção Gestual em Cenários Cooperativos

Neste capítulo são apresentados os dois estudos realizados sobre interacção gestual em cenários cooperativos, nomeadamente a colaboração recorrendo a gestos e a cooperação entre utilizadores em várias superfícies.

- Capítulo 5 – Conclusões

Por último, neste capítulo são apresentadas as conclusões do trabalho e as perspectivas de trabalho futuro.



## Capítulo 2

### Estado da Arte

Este capítulo apresenta uma contextualização do tema e dos conceitos em que se baseia este trabalho e um resumo da pesquisa e investigação efectuada na literatura existente, quer sobre interacção com superfícies de grandes dimensões, quer sobre interacção gestual.

#### 2.1 Contexto e Conceitos

A interacção gestual proporciona aos seus utilizadores uma experiencia natural e intuitiva de interacção com sistemas computacionais, em domínios aplicativos muito vastos. Este trabalho foca-se em particular na interacção gestual com grandes superfícies, procurando contribuir para melhorar a usabilidade onde os paradigmas tradicionais falham, nomeadamente em cenários e aplicações colaborativas. De seguida apresentam-se com maior detalhe alguns dos conceitos em que se baseia este trabalho:

##### 2.1.1 Quadro Interactivo – SmartBoard

Um SmartBoard<sup>1</sup> (Figura 2) é um quadro interactivo de grande dimensão, ou seja, é uma superfície que pode reconhecer a escrita electronicamente e que necessita de um computador para funcionar. Alguns quadros interactivos permitem também a interacção com uma imagem de computador projectada e são geralmente utilizados em escritórios e salas de aula.



Figura 2: SmartBoard

---

<sup>1</sup> <http://www2.smarttech.com/st/en-US/Products/SMART+Boards>

Os quadros electrónicos são usados para capturar apontamentos escritos na sua superfície, utilizando canetas próprias para tal, e também para controlar (seleccionar e arrastar) ou anotar uma imagem gerada por computador e projectada no quadro, vinda de um projector digital.

O SmartBoard liga-se ao computador por USB, porta série ou Bluetooth. Um projector digital é ligado ao computador e focado sobre a superfície do quadro para projectar uma imagem do computador. Na maior parte dos casos é necessário indicar ao quadro onde é que a imagem projectada está localizada, bastando para isso tocar numa ou mais localizações da superfície do quadro com a caneta digital. Este processo é denominado alinhamento ou calibração.

O quadro interactivo SmartBoard é um quadro interactivo que permite o toque directo do dedo na superfície. O nosso dedo funciona como o tradicional rato do computador, não sendo necessária qualquer caneta ou dispositivo para interagir com o quadro.

Os quadros interactivos estão disponíveis em duas formas: Projecção Frontal ou Projecção Traseira. Os quadros interactivos com Projecção Frontal têm o videoprojector à frente do quadro. A sua principal desvantagem é o facto de que quem está a apresentar ficar em frente ao quadro, o que origina uma sombra na imagem. Existem diversas formas de atenuar este problema, como, por exemplo, a possibilidade de subir ou descer a posição do quadro, adaptando-o ao tamanho do utilizador. Os quadros interactivos com Projecção Traseira têm o videoprojector localizado atrás, para que não surja nenhuma sombra sobre o ecrã. Têm também a vantagem de o apresentador não ter de olhar para a luz do videoprojector enquanto está a comunicar com a audiência. As desvantagens destes sistemas são o facto de serem geralmente mais caros que os de projecção frontal, e estes quadros serem geralmente maiores, não podendo ser afixados na parede.

Os quadros interactivos são usados em muitas escolas como substitutos dos quadros tradicionais, proporcionando aos alunos meios de visualizar material em suporte computacional (software educativo, sites, etc.). Para além disso, os quadros interactivos dão aos professores a oportunidade de guardar material didáctico criado por eles e de mais tarde mostrá-los à turma, podendo assim vir a ser utilizados pelos alunos. Isto pode tornar-se bastante benéfico para alunos repetentes que precisam de rever a matéria dada, para alunos que por motivos de saúde não puderam assistir às aulas, para alunos estudiosos e para a preparação para testes e exames. Os quadros interactivos utilizados no escritório contribuem para uma melhor utilização de aplicações interactivas, como o Microsoft PowerPoint, software CAD, etc.

## 2.1.2 Ecrã táctil – TouchScreen

É um tipo de ecrã sensível à pressão, evitando assim a necessidade de outro periférico de entrada de dados, como o teclado.

A película táctil destes ecrãs pode ser activada com a pressão de um dedo ou de uma caneta. Este tipo de ecrã é ideal para jogos, para desenho no computador, ou outras actividades pedagógicas. São especialmente utilizados em PDAs e em caixas automáticas multibanco. Mais recentemente a sua utilização está a ser expandida a telemóveis e outros dispositivos móveis.

Um ecrã multi-táctil ou multi-toque é uma tecnologia de interacção pessoa-máquina que consiste num ecrã táctil capaz de reconhecer múltiplos pontos de contacto, que são simultaneamente interpretados pelo sistema, possibilitando a vários utilizadores interagirem com o mesmo computador. Outra possibilidade é permitir gestos e interacção através de vários dedos de uma ou mais mãos, aumentando a qualidade da utilização do ecrã, e contribuindo para a manipulação directa através de gestos intuitivos. Dependendo do tamanho do ecrã, alguns dispositivos suportam mais de um utilizador no sistema simultaneamente. A técnica está presente desde 1982 com o trabalho pioneiro da Universidade de Toronto (Mehta 1982) e Bell Labs (Nakatani e Rohrllich 1983), mas só recentemente, em 2007, se tornou acessível em massa, em produtos como Microsoft Surface (Figura 3) e Apple iPhone (Figura 4).



**Figura 3: Microsoft Surface**



**Figura 4: Apple iPhone**

### 2.1.3 Reconhecimento Gestual

Reconhecimento gestual é uma área da informática que se preocupa em desenvolver algoritmos capazes de interpretar gestos. Os gestos podem ser realizados através de qualquer movimento ou estado corporal, mas geralmente são originados na mão.

As abordagens mais clássicas, realizam o reconhecimento de gestos através de entradas não-perceptuais, ou seja, através de dispositivos ou objectos que necessitam de contacto físico. Alguns exemplos deste tipo de abordagens são o rato, caneta, o toque, ecrãs com sensores de pressão, periféricos com sensores electrónicos (vestuário, luvas, objectos com sensores embebidos e interfaces tangíveis), e entrada de som.

Uma das abordagens mais comuns é a entrada de dados baseada em toque, que é similar ao gesticular directamente com dispositivos de entrada. Um dos seus benefícios chave é permitir um estilo de interacção mais natural que os dispositivos intermediários, como o rato, requerem (Gutwin e Penner 2002) (Zelevnik e Forsberg 1999). Os sensores de toque, em particular, têm sido amplamente discutidos na literatura, como entrada de gestos para dispositivos móveis (Brewster, et al. 2003)(Schmandt, et al. 2002) para *Tablet PC's* (Jin, et al. 2004)(Ou, et al. 2003), e para interacções gestuais em mesas e superfícies (Rekimoto 2002) (Wu e Balakrishnan 2003) (Rekimoto, Ishizawa, et al. 2003)(Schiphorst, Lovell e Jaffe 2002)

Existem também muitas abordagens recentes (Ullmer e Ishii 1997) (Matsushita e Rekimoto 1997) (Klemmer, et al. 2001) (Wilson 2004) que tentam fazer reconhecimento gestual através da utilização de câmaras e algoritmos de visão computacional para interpretar a linguagem de sinais.

O reconhecimento gestual pode ser visto como uma forma de os computadores começarem a perceber a linguagem corporal humana, e assim, construir uma relação mais rica entre máquinas e humanos do que as interfaces primitivas de texto, ou até que as mais recentes GUI (*Graphical User Interfaces*), que continuam a limitar a maioria da entrada de dados ao teclado e rato.

O reconhecimento gestual permite ao homem interagir naturalmente, sem qualquer dispositivo mecânico, com a máquina, e assim, potencialmente, converter os tradicionais periféricos de entrada como o rato e o teclado em periféricos obsoletos.

## 2.1.4 Paradigma WIMP

No âmbito da interacção Pessoa-Máquina, WIMP significa *Windows* (janela), *Icon*, *Menu*, *Pointing device* (dispositivo apontador) e é o paradigma de interacção clássico que utilizamos hoje em dia para interagir com os computadores. Foi concebido por Merzouga Wilberts em 1980 (van Dam 1997).

Este estilo de interacção utiliza um dispositivo físico de entrada para controlar a posição do cursor e apresenta informação organizada em janelas e representada por ícones. Os comandos disponíveis são organizados em conjuntos de menus, sendo disparados através do dispositivo apontador, o que reduz a carga cognitiva necessária para lembrar os comandos disponíveis, reduzindo o tempo de aprendizagem. Outros benefícios deste estilo de interacção incluem a sua facilidade de utilização quer para pessoas sem conhecimentos técnicos, quer para novatos, quer para utilizadores com mais experiência.

Interfaces baseadas no estilo WIMP são muito boas a abstrair espaços de trabalho, documentos e as suas acções. As várias analogias desenvolvidas dentro deste paradigma, como a de representar documentos como folhas de papel ou pastas do mundo real, fazem com que as interfaces WIMP sejam fáceis de introduzir para utilizadores novatos. Além disso, as representações básicas, como regiões rectangulares num ecrã plano 2D, fazem das interfaces WIMP uma boa opção para os programadores de ambientes de trabalho multitarefa. Isto explica porque este paradigma se tornou prevalente durante mais de 25 anos, apesar de alguns investigadores HCI considerarem a corrente falta de inovação na procura de novos modelos de interacção um sinal de estagnação no design de interfaces com o utilizador (van Dam 1997).

O paradigma WIMP apresenta alguns problemas em sistemas com ecrãs de dimensão fora do tamanho *standard* para que foi criado, ou em sistemas sem os periféricos base do paradigma: teclado e rato. Alguns dos problemas referenciados na literatura são: perder o cursor (rastrear visualmente o cursor em ecrãs de grande dimensão torna-se uma tarefa mais difícil), distorções visuais (devido às resoluções superiores), alvos inatingíveis (devido à dimensão elevada), e gestão de tarefas ineficiente (pois existe uma falta de mecanismos eficazes para gerir tarefas em ecrãs de grande dimensão, sendo que o sistema utilizado no paradigma WIMP, as janelas, não demonstra a mesma produtividade) (Robertson, Czerwinski, et al. 2005).

## 2.2 Interacção com Ecrãs de Grande Dimensão

Sempre existiu um grande desejo por sistemas com ecrãs de grande dimensão. Um exemplo dos cenários onde faz todo o sentido a sua utilização é o visionamento público de conteúdo multimédia, uma vez que abrangem um maior ângulo visual de informação.

À medida que os ecrãs se foram tornando maiores, também a sua resolução foi aumentando, para maximizar o leque de informação visual disponível. Com uma maior capacidade de visualizar informação, os ecrãs de grande dimensão tornaram-se atractivos para numerosas aplicações, tais como visualização de informação, análise visual e aplicações colaborativas.

É reconhecido que os ecrãs de grande dimensão provocam um novo conjunto de desafios aos profissionais e investigadores de Interacção Pessoa-Máquina (Robertson, Czerwinski, et al. 2005) que vão desde os princípios básicos de selecção e manipulação de objectos, até ao mais alto nível como manipulação de janelas e gestão de tarefas.

As tradicionais metáforas que encontramos na GUI (*Graphical User Interface*) do WIMP como janelas, ícones, menus e apontadores, nem sempre escalam bem para ecrãs de grande dimensão (Ni, et al. 2006). Para perceber melhor quais os factores que provocam que as técnicas de interacção clássicas falhem na transição para ecrãs de grande dimensão, identificam-se cinco grandes tópicos de usabilidade, nomeadamente: Rastreamento do Cursor, Selecção de Objectos, Gestão de Tarefas, Componentes de Controlo e Ecrãs Tácteis. Nas próximas secções apresentamos uma descrição de cada um destes tópicos, assim como um conjunto de técnicas de interacção que visam minimizar as respectivas falhas apresentadas.

### 2.2.1 Rastreamento do Cursor

Rastrear visualmente o cursor em ecrãs de grande dimensão torna-se uma tarefa mais difícil (Ni, et al. 2006) (Robertson, Czerwinski, et al. 2005). O cursor é um elemento de interface *standard* para apontar, seleccionar e manipular e assim sendo, é crucial manter a percepção visual de onde o cursor está localizado, para que outras interacções sejam bem sucedidas.

Com o aumento do tamanho do ecrã, os utilizadores tendem a empregar acelerações maiores, para atravessar o ecrã de grande dimensão com uma velocidade razoável. No entanto quanto maior for a velocidade de movimento, maiores são as hipóteses do utilizador perder o rasto visual do cursor. Nestas situações, o utilizador tem de gastar algum tempo a detectar e a readquirir a posição do cursor. Por vezes o cursor salta visualmente de uma posição para outra, a que se dá o nome de “temporal aliasing” (Dachille e Kaufman 2000). A principal causa deste fenómeno é a representação visual do cursor ser actualizada com a taxa de refrescamento do ecrã. Quando o cursor está em

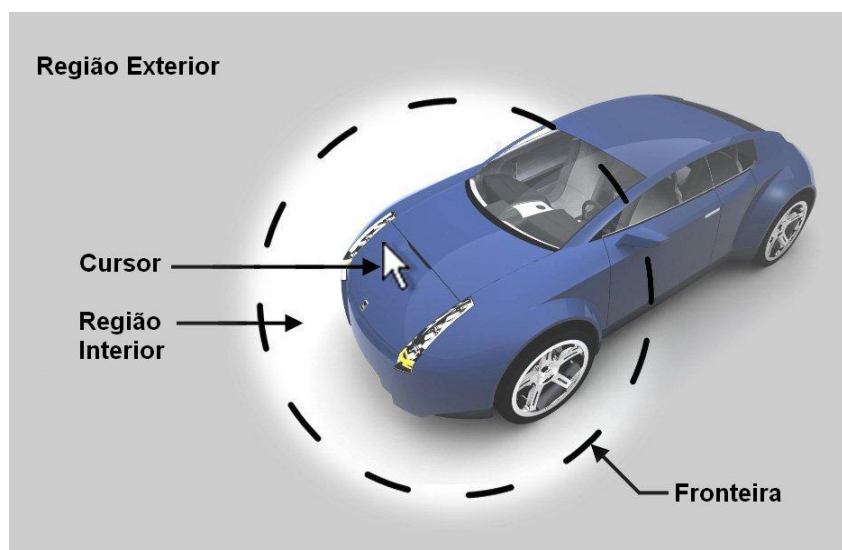


movimento a alta velocidade, a baixa taxa de refrescamento do ecrã provoca lacunas visuais no caminho, que vão ficando cada vez maiores.

Estes problemas limitam a velocidade e a confiança nas operações do rato, uma vez que é difícil ao utilizador rastrear visualmente a posição do cursor, assim como prever a sua trajectória e detectar a sua aproximação ao alvo desejado. Tem sido demonstrado que perder o cursor, enquanto se interage com um ecrã de grande dimensão, é um efeito irritante que reduz a eficiência das tarefas e a satisfação dos utilizadores (Baudisch, 2003b). As estratégias para resolver estes problemas têm sido focadas principalmente em dois campos: melhorar a detecção da posição do cursor e aumentar a previsibilidade da sua trajectória. De seguida descrevem-se duas técnicas de interacção, uma para cada tipo de estratégia: “Spotlight” (Khan, Matejka, et al. 2005), que melhora a detecção da posição do cursor, e “High-Density Cursor” (Baudisch, 2003a), que aumenta a previsibilidade da sua trajectória.

Muitas das aplicações para ecrãs de grande dimensão envolvem a apresentação de dados e resultados, a uma audiência. Numa situação dessas, o apresentador frequentemente deseja chamar a atenção da audiência para uma área específica do ecrã. Para esse fim é comum utilizar o cursor, pelo que a sua posição deve ser facilmente detectada. No entanto, num ecrã de grande dimensão o tamanho do cursor é muito pequeno, relativamente ao tamanho do ecrã, o que faz com que a audiência perca facilmente o rasto da posição do cursor.

Khan et al apresentam a técnica “Spotlight” (Figura 5) para focar a atenção da audiência numa parte do ecrã de grande dimensão (Khan, Matejka, et al. 2005). Baseia-se na metáfora dos holofotes (*spotlights*) que são utilizados nas produções teatrais.

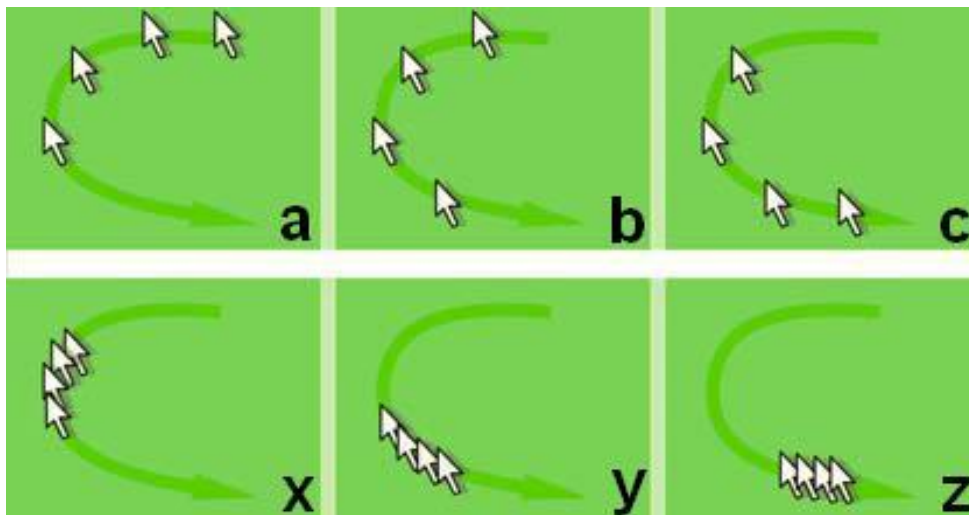


**Figura 5: Os três componentes do Spotlight: a região exterior escurecida, a região interior transparente e um cursor. (Khan A. M., 2005)**

Quando a técnica “Spotlight” estiver em utilização, o ecrã vai ser escurecido com a excepção da região do “Spotlight”. A posição do cursor é representada pela seta apresentada na maior parte das interfaces gráficas de utilizador. A região interior é um círculo totalmente transparente à volta da posição do cursor. A região exterior tem a sua luminosidade reduzida em cerca de 75%, o que chama a atenção da audiência para a área iluminada.

O rasto do cursor presente no sistema operativo “Microsoft Windows” aumenta a visibilidade do caminho do cursor. Este efeito é atingido deixando a imagem do cursor no ecrã por dois ou mais frames, o que produz o aparente efeito de uma cauda ou pegadas a seguir o cursor. O problema com esta técnica é que dá a indesejável percepção ao utilizador que o cursor não pára, mesmo quando o utilizador pára o movimento, uma vez que as imagens da cauda continuam a mover-se, o que provoca um problema de velocidade de resposta do sistema.

O “High-density cursor”, apresentado por Baudisch et al (Baudisch, 2003a), aumenta a continuidade visual entre as imagens do cursor. O rasto do “High-density cursor” ajuda os utilizadores a detectarem a posição e extrapolar o caminho com menos esforço. Esta técnica também oferece um escalamento opcional do cursor, baseado na sua velocidade. Ao contrário do “Windows mouse trail”, o “High-density Cursor” evita os problemas de velocidade de resposta do sistema, ao criar um novo conjunto de imagens para cada frame. Uma comparação das duas técnicas é mostrada na Figura 6.



**Figura 6: Três capturas de ecrã consecutivas de um movimento do rato, com o "Windows Mouse Trail" (a-c) e com o "High-density Cursor"(x-z)**

## 2.2.2 Selecção de Objectos

Ao aumentar o tamanho do ecrã, aceder a ícones, janelas e outros objectos torna-se uma tarefa mais difícil e mais demorada, uma vez que os objectos estão frequentemente mais longínquos (Bezerianos e Balakrishnan 2005)(Ni, et al. 2006) (Robertson, Czerwinski, et al. 2005). Devido a este facto, se nos limitarmos às técnicas de interacção tradicionais, é necessário arrastar o cursor transversalmente ao longo de grandes distâncias, para atingir o alvo pretendido.

Para ecrãs de grande dimensão, com capacidade tácteis ou baseados em interacções de canetas, é mais difícil aceder a informação fora do alcance do braço e é ainda mais complicado quando um utilizador tem de aceder a múltiplos objectos, dispersos ao longo do ecrã de grande dimensão.

Muitos investigadores têm tentado, simplesmente, estender ou modificar certos aspectos das interfaces WIMP, para as tornarem mais usáveis em ecrãs de grande dimensão. A maioria dos investigadores utiliza a lei de Fitt (Fitts 1954)(Mackenzie 1992) como base para as várias hipóteses. Outros procuram extensões criativas que empreguem interfaces com metáforas 2D e existem outros que “apenas” criam interfaces inovadoras. Normalmente, no que diz respeito à selecção de objectos, existem três problemas na interacção com ecrãs de grande dimensão que os investigadores pretendem resolver: selecção rápida do objecto, múltipla selecção e manipulação do objecto.

Matematicamente, a lei de Fitt tem sido formulada de várias formas diferentes. Uma forma comum é a formulação de Shannon (proposta por Scott MacKenzie e chamada assim por sua semelhança com o teorema de Shannon) para movimento sobre uma única dimensão (Mackenzie 1992):

$$T = a + b \log_2 \left( \frac{D}{W} + 1 \right)$$

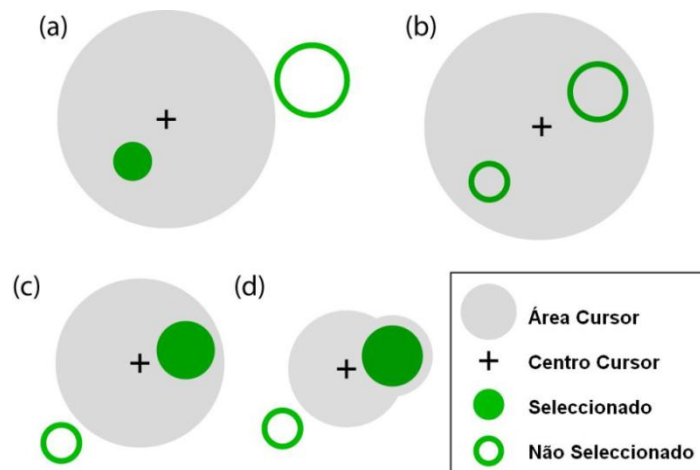
Na fórmula anterior  $T$  é o tempo médio necessário para completar o movimento,  $a$  e  $b$  são constantes determinadas empiricamente,  $D$  é a distância desde o ponto inicial até ao centro do objectivo e  $W$  é a largura do objectivo.

A partir da equação, temos um compromisso velocidade-precisão relacionado com o acto de apontar, onde os objectivos que são menores ou estão mais distantes necessitam de mais tempo para ser alcançados. Os investigadores podem então manipular os parâmetros deste modelo, para minimizar o tempo de movimento do ponteiro. Uma forma de o conseguir é aumentar a largura do alvo e estudar os seus

efeitos. McGuffin confirma que o aumento dinâmico dos alvos tem resultados de acordo com a lei de Fitt, e também que os resultados positivos da expansão do alvo continuam a verificar-se se o aumento tiver lugar só nos últimos dez por cento do movimento do cursor (McGuffin e Balakrishnan 2005).

Guiard et al. (2004) apresentam o “Object Pointing”. O problema base que esta técnica de interação visa resolver é o facto de os cursores só apontarem para um pixel de cada vez, em vez de apontarem para um objecto clicável de cada vez. O “Object Pointing” introduz o conceito de cursor com fobia ao vazio, ou seja, que não viaja entre quaisquer espaços entre objectos seleccionáveis, mas em vez disso, viaja continuamente dentro do espaço de um objecto, até ser alcançado um ponto de fronteira e aí determina qual o objecto para que deve saltar, pela trajetória actual. Após efectuarem um conjunto de experiencias no espaço 1D e 2D, os resultados demonstram que o “Object Pointing” facilita a tarefa de selecção de objectos face ao cursor tradicional, quando se trata de uma tarefa de apontar de grau de dificuldade elevado.

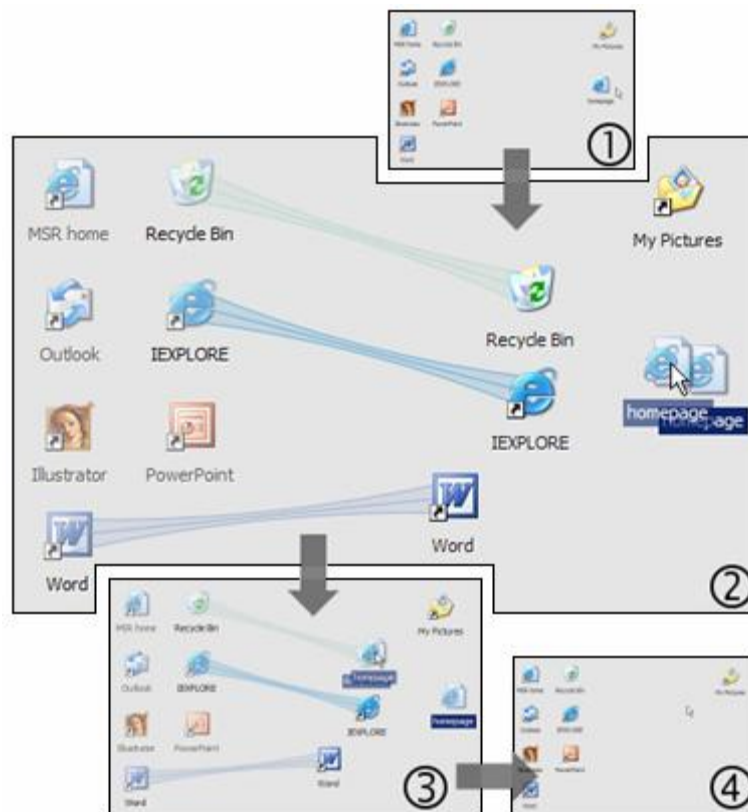
Como alternativa, Grossman apresenta o “Bubble Cursor” (Grossman e Balakrishnan, 2005), um cursor de movimento contínuo, que tenta otimizar a lei de Fitt para grandes distâncias em ecrãs de grande dimensão. Esta técnica é bastante parecida com o “Object Pointing”, pois existe sempre um objecto seleccionado. O “Bubble Cursor” (Figura 7) simplesmente aumenta a área de selecção à volta da posição actual do cursor, de forma a ser suficientemente grande para existir sempre exactamente um objecto seleccionado.



**Figura 7: "Bubble Cursor" (a) Um cursor de área facilita a selecção em relação a um cursor de ponto. (b) Isolar o alvo pretendido é difícil quando o cursor de área engloba vários alvos possíveis. (c) O “Bubble Cursor” resolve o problema ao mudar de tamanho dinamicamente, para que só o alvo mais próximo do centro do cursor seja seleccionado. (d) O cursor de área muda de forma para abranger o alvo, quando o cursor circular não consegue sem intersectar um vizinho (Grossman e Balakrishnan, 2005).**

Existem ainda outros investigadores que tentam diminuir a distância ao alvo de forma a otimizar o índice de dificuldade na lei de Fitt. Baudisch et al. (2003b) desenvolveram as técnicas “drag-and-pop/pick” de forma a trazer dinamicamente cópias dos alvos para perto do cursor. Guiard (2004) utiliza o mesmo conceito mas de forma diferente, ao utilizar um cursor “tímido”, que não passa pelo espaço do desktop que não esteja ocupado por um alvo.

Estas técnicas têm bastante potencial de usabilidade, quer para sistemas com multi-ecrãs e que suportem interações baseadas em caneta, quer para os sistemas mais tradicionais.



**Figura 8: "Drag-and-pop", o utilizador arrastar o ficheiro "homepage", localizado à direita, para a reciclagem (Baudisch, 2003b)**

A técnica drag-and-pop (figura 8) interpreta a direcção inicial do movimento do rato, enquanto se está a arrastar um objecto, e traz para próximo do cursor, uma cópia de todos os possíveis objectos destino nessa direcção. Para facilitar a associação entre as cópias e os objectos reais que eles representam, é desenhada uma linha que liga os dois. A técnica drag-and-pick é semelhante, excepto que permite escolher o objecto em vez de o arrastar. Estas técnicas exigem ao sistema que crie e exiba cópias dos itens no desktop, para cada objecto em questão, tornando a sua execução complexa. Mas, no final, estas técnicas proporcionam benefícios significativos na selecção de objectos em ecrãs de grande dimensão.

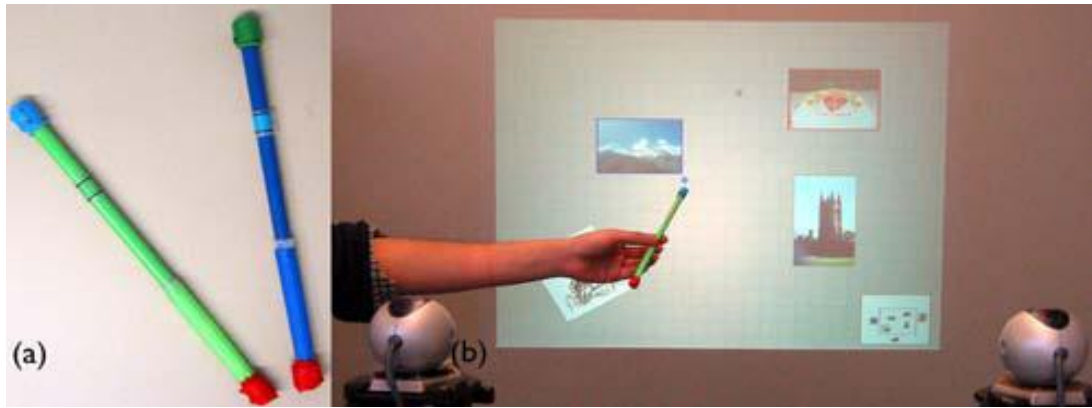
Existem alguns estudos (Bezerianos e Balakrishnan 2005) que argumentam que existem grandes lacunas nas técnicas “Drag-and-pop/pick”, nomeadamente o facto da identificação dos possíveis objectos destinos depender totalmente da exactidão do movimento inicial feito pelo utilizador, o que torna fácil este acidentalmente enganar-se a escolher a direcção e criar cópias dos objectos destinos que não são os pretendidos. Além disso, o número e o tamanho das cópias são fixos, o que torna difícil a um utilizador obter bons resultados em espaços dispersos ou densos, pois torna o espaço à volta do cursor bastante confuso e desordenado.

Bezerianos e Balakrishnan (2005) apresentam e discutem uma técnica para ecrãs de grande dimensão a que chamam “Vacuum”, que estende a ideia básica das técnicas “Drag-and-pop/pick”. Em primeiro lugar, identificam os princípios base que a concepção e design da técnica deve seguir: minimizar o movimento físico, ser previsível, coerente, transparente e flexível. O “Vacuum” é muito semelhante à técnica “Drag-and-pop/pick” no que diz respeito à criação de cópias, mas implementa algumas extensões, que tentam colmatar as lacunas previamente mencionadas. O “Vacuum” redimensiona o tamanho das cópias e as suas posições para que o espaço à volta do cursor seja menos confuso e as sobreposições sejam mínimas. É importante observar, que apesar de serem mínimas, as alterações propostas por esta técnica, em relação às já existentes “Drag-and-pop/pick”, representam melhorias significativas na sua usabilidade.

Existem outros métodos de selecção de objectos mais criativos que utilizam dispositivos apontadores, sem serem os tradicionais rato e caneta, nomeadamente periféricos de entrada como lasers apontadores, monitorização do olho e monitorização da mão. É interessante verificar que a maior diferença entre o rato e estes métodos de interacção, é que estes outros métodos permitem o chamado acesso aleatório a todas as áreas do ecrã, enquanto que com um rato e outras técnicas de posicionamento relativo, o utilizador está restringido pela posição actual do ponteiro no ecrã.

O “VisionWand” (Cao e Balakrishnan 2003) é uma técnica de interacção que utiliza a monitorização de uma varinha num espaço 3D. Esta é uma solução de baixo custo em relação a outros periféricos de monitorização, uma vez que utiliza visão computacional, através de duas câmaras de filmar normais, que proporcionam cinco graus de monitorização de movimento.

O “VisionWand” (Figura 9) é um simples periférico que simplifica o reconhecimento de gestos, pois devido à sua forma de varinha, que não se altera, é mais fácil processar e reconhecer os seus movimentos. Para seleccionar um objecto com o “VisionWand”, o utilizador simplesmente aponta o objecto com a varinha e faz um



**Figura 9: "VisionWand", (a) Varinhas, (b) Configuração do sistema (Cao e Balakrishnan 2003).**

gesto de pressionar, como se estivesse a fazer um truque de magia. No entanto, como todos os mecanismos e reconhecimentos gestuais está sujeito ao erro.

Embora exista um elevado número de trabalhos que visam melhorar a selecção de um único objecto em ecrãs de grande dimensão, muitos investigadores negligenciam a resolução do problema da múltipla selecção de objectos. Uma vez que a maioria das técnicas são projectadas para uma selecção rápida, uma correcção célere e fácil seria adicionar um modo para fazer múltiplas selecções, o que, no entanto, muitas vezes é deixado para trabalho futuro.

Além do problema da múltipla selecção, continua a existir o problema do que fazer com os objectos depois de eles terem sido seleccionados. A área da manipulação de objectos em ecrãs de grande dimensão não tem sido o foco de muita investigação.

As técnicas "Drag-and-pop" (Baudisch, 2003b) e "Vacuum" (Bezerianos e Balakrishnan 2005) focam um pouco a manipulação de objectos, ao permitir que os utilizadores arrastem alguns itens para cima de outros itens. No entanto, estas técnicas não permitem a colocação arbitrária de itens.

Para resolver a questão da manipulação, Khan et al (2004) criaram uma interface de um controlo remoto a que chamaram "Frisbee". O "Frisbee" é composto por dois "widgets": o telescópio e o alvo. O telescópio é um "widget" com que o utilizador interage, sendo meramente um portal para outra zona do ecrã, onde está o "widget" do alvo. O "widget" do alvo é simplesmente feedback visual que permite aos utilizadores poderem ver o que está remotamente a acontecer nesse espaço. O ponto mais importante do "Frisbee" é ele permitir que os utilizadores manipulem áreas remotas do ecrã. Ele funciona como se existisse uma espécie de portal ou hiperligação entre duas áreas do ecrã. A grande desvantagem desta técnica é a sua falta de velocidade, uma vez que o método para se mover os "widgets" telescópio e destino, é bastante primitivo e lento, ou seja, apesar da técnica permitir manipulação mais rápida de objectos distantes, o tempo necessário para configurar os dois "widgets" é bastante significativo.

### 2.2.3 Gestão de Tarefas

Existe uma falta de mecanismos eficazes para gerir tarefas em ecrãs de grande dimensão. De facto, a gestão de tarefas tem sido um tema estimulante de investigação na comunidade HCI ao longo de muitos anos e até nos sistemas operativos modernos como “Windows” ou “Mac OS X”, a gestão de tarefas continua a não ser bem suportada.

Uma gestão eficaz de tarefas deverá suportar meios convenientes para permitir aos utilizadores agrupar conjuntos de janelas, escolher a disposição de janelas dentro dos grupos, e a disposição dos grupos no ecrã e alternar entre grupos e janelas (Robertson, Czerwinski, et al. 2005).

Os sistemas actuais de gestão de janelas (e.g. *Apple Expos* e *Windows Taskbar*) são orientados às aplicações, em vez de orientados às tarefas. Os utilizadores conseguem, no entanto, gerir com facilidade várias tarefas no tradicional monitor de desktop, uma vez que por norma não abrem muitas janelas ao mesmo tempo. Em contraste, nos ecrãs de grande dimensão, a multi-tarefa é mais comum (Czerwinski, et al. 2003), sendo assim crítico um sistema de gestão de tarefas que seja produtivo e proporcione uma experiencia de utilização agradável.

A utilização de múltiplas janelas em ecrãs de grande dimensão é um grande desafio a enfrentar. Tomemos o exemplo da tarefa maximizar: num ecrã desktop normal é simples, mas se tivermos um ecrã de grande dimensão deve o sistema aumentar o tamanho da janela para cobrir a totalidade do ecrã ou somente parte dele? Uma técnica de interacção que apresenta uma possível solução é o “WinCuts”(Tan, et al. 2004), onde o sistema permite aos utilizadores definirem as regiões dos ecrãs como espaços de trabalho separados. Isto proporciona-lhes a liberdade de definirem a divisão de tarefas que na sua lógica estão relacionadas, melhorando a eficiência da gestão de tarefas.

A “Scalable Fabric” (Robertson, Horvitz, et al. 2004)(Figura 10) é outra técnica planeada para lidar com múltiplas janelas, permitindo ao utilizador especificar uma área de foco no ecrã, definindo marcadores de fronteiras. A qualquer altura, o utilizador pode manipular os marcadores e redimensionar a área de foco. Enquanto estiver a trabalhar dentro da área de foco, todas as janelas e funcionalidades são idênticas ao desktop *standard*, mas as janelas posicionadas ou movidas para fora da área de foco são redimensionadas dinamicamente, diminuindo quanto mais elas se afastam. Os objectos que se encontram fora da área de foco, se forem clicados, são automaticamente restaurados para a sua última posição na área de foco e, de uma forma semelhante, se um objecto for minimizado vai para a sua última posição periférica. As janelas na periferia podem ser agrupadas, permitindo ao utilizador uma organização lógica da informação.





**Figura 10: “Scalable Fabric”. (Robertson G. H., 2004)**

A grande vantagem da técnica de interação “Scalable Fabric” é ela preservar as funcionalidades a que estamos habituados nos sistemas de desktop *standards*, enquanto o resto do ecrã de grande dimensão é utilizado para informação secundária.

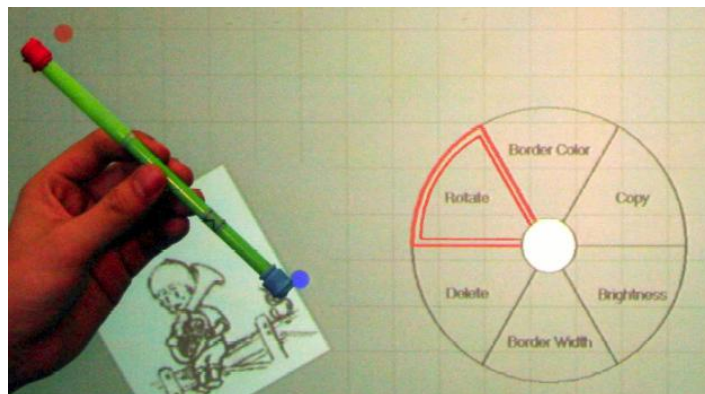
Até agora, a maioria das técnicas de gestão de tarefas, em vez de adoptarem novas metáforas, optam por tentar adaptar os métodos tradicionais do desktop para os ecrãs de grande dimensão. No entanto, até estas técnicas de interacção estarem optimizadas para ecrãs de grande dimensão, o que só irá acontecer quando se utilizarem durante vários anos, irão continuar a surgir novas abordagens,

Depois de analisarmos as várias técnicas mencionadas nesta secção, podemos extrair alguns conceitos chave. A concepção de novas técnicas de gestão de tarefas para ecrãs de grande dimensão deve responder às seguintes perguntas: O espaço de trabalho é divisível? São necessárias múltiplas janelas? Os elementos das aplicações podem ser agrupados? O utilizador tem que estar permanentemente a utilizar a totalidade do ecrã (“*fullscreen*”)? Quanta informação pode ser exibida de cada vez? Respondendo a estas questões, define-se a maioria das funcionalidades necessárias para o desenvolvimento de qualquer técnica de gestão de tarefas, para ecrãs de grande dimensão

## **2.2.4 Componentes de Controlo**

Os componentes de controlo que encontramos na interface de utilizador do desktop, já se tornaram *standard*. “*Drop-down menus*”, “*radio buttons*”, “*tabs*”, e “*check boxes*” são só alguns exemplos. Embora eles funcionem bem nas interfaces baseadas em rato e teclado, existem alguns problemas no contexto dos ecrãs de grande dimensão, especialmente quando os periféricos de entrada utilizados não são os tradicionais. Por exemplo, os “*drop-down*” menus, não são provavelmente adequados quando se interage utilizando uma varinha, uma vez que a varinha não oferece a mesma precisão que o rato.

Se um utilizador tiver que realizar uma quantidade significativa de esforço para seleccionar menus, mover objectos e realizar outras operações, irá perder muito tempo a fazer movimentos físicos, o que irá afectar drasticamente a eficiência da tarefa. Os ícones e barras de menus são muitos úteis nos sistemas desktop, porque foram optimizados para as resoluções *standard*, mas se os ícones e menus forem mapeados para ecrãs de resolução extremamente elevadas, tornam-se desajustados. Uma forma de contornar este problema é o uso de técnicas como a previamente mencionada “*Drag-and-Pop*”. Este tipo de técnicas tenta reduzir a diferença entre o software para *desktops* e a tecnologia de ecrãs de grande dimensão.



**Figura 11: "VisionWand" menu. (Cao e Balakrishnan 2003)**

Na secção de selecção de objectos apresentou-se o “VisionWand” (Cao e Balakrishnan 2003). As suas funcionalidades são baseadas em gestos; no entanto, se a totalidade das funcionalidades forem baseadas em gestos, o sistema torna-se demasiado complicado, o que leva geralmente os designers a utilizarem outros controlos para funcionalidades secundárias. No caso do “VisionWand” é utilizada um menu em forma circular (Figura 11). Neste caso, o design do controlo está directamente relacionado com o periférico de interacção. Já no “Frisbee” (Khan, Fitzmaurice, et al. 2004), apresentado previamente na secção de selecção de objectos, é utilizado um *widget* que fornece funcionalidades e feedback visual.

Os componentes de controlo são importantes para a interacção com ecrãs de grande dimensão por várias razões. Primeiro, eles podem ser desenvolvidos para qualquer novo tipo de dispositivo de interacção, criado especificamente para ecrãs de grande dimensão. Eles podem também ser concebidos para melhorar a visualização de informação nestes ecrãs. Mas mais importante ainda, os componentes de controlo podem minimizar alguns dos problemas inerentes aos ecrãs de grande dimensão, podendo, por exemplo, ser utilizados para manter o controlo de funcionalidades do sistema perto de onde o utilizador está a trabalhar. Este tipo de solução irá ajudar a resolver o problema da distância dos controlos, nomeadamente dos tradicionais no desktop, como o menu

iniciar e os botões de manipulação de janelas, que por norma se encontram em sítios distantes e fixos.

Por fim, os controlos se forem bem concebidos, podem melhorar bastante a usabilidade e o desempenho das aplicações em ecrãs de grande dimensão, o que fará com que no futuro sejam utilizados fora do contexto de investigação.

### **2.2.5 Ecrãs Tácteis**

Muitos investigadores têm trabalhado em ecrãs de grande dimensão com capacidades tácteis. Uma vantagem óbvia é facto de os utilizadores poderem trabalhar, nos ecrãs de grande dimensão, mais perto da superfície de interacção. No entanto, existem certos cenários onde a interacção à distância é a ideal, como organizar fotografias ou navegar em mapas de alta resolução, visto que frequentemente é necessária uma perspectiva geral do ecrã, e nesses casos as técnicas de interacção indirectas suportam melhor uma interacção à distância. Por outro lado, com ecrãs de grande dimensão sensíveis ao toque, emergem vários desafios de interacção. Com a actual interface de utilização e os actuais dispositivos de entrada, a transição entre a interacção à distância e a interacção a pouca distância, é pouco suportada. Também a selecção de objectos, como foi acima mencionado, é particularmente problemática em ecrãs tácteis de grande dimensão. Um exemplo óbvio de um problema ocorre quando é necessário seleccionar objectos que estejam posicionados para além do comprimento dos braços. Além destes problemas, os ecrãs tácteis de grande dimensão podem provocar fadiga, se forem utilizados por períodos extensos, uma vez que a maior parte das operações requerem uma quantidade significativa de esforço, nomeadamente das mãos, dos braços e até do movimento do corpo.

A capacidade de manipular dados directamente através do toque, sem o recurso a nenhum outro dispositivo intermediário, torna os ecrãs tácteis um dispositivo de entrada apelativo. A sua simplicidade de utilização torna-os especialmente adequados para utilizadores novatos. A rápida curva de aprendizagem e a inexistência de peças soltas, que podiam ser partidas ou perdidas, torna também os ecrãs tácteis a solução ideal para interfaces em sítios públicos.

Os pontos negativos desta tecnologia são a sua alta taxa de erros, a sua falta de precisão, e o cansaço do braço (Potter, Weldon e Shneiderman 1988). A maior parte dos dispositivos deste tipo, só permite o rastreamento de um ponto da superfície, o que limita esta técnica de interacção. Existem os dispositivos sensíveis a multi-toque, mas muitas vezes a tecnologia não está tão avançada. Os problemas com os ecrãs tácteis são mais evidentes quando, interagindo com interfaces de software desenvolvidas para uma utilização normal do rato, se torna difícil seleccionar alvos pequenos. As causas desse

problema incluem o ruído na entrada, a baixa resolução de rastreamento, e também o facto dos alvos pequenos poderem ser facilmente obstruídos pelos dedos, mãos e braços (Benko, Wilson e Baudisch 2006).

Alguns ecrãs tácteis fornecem informação da pressão exercida pelo utilizador, o que significa que eles podem reportar o nível de pressão aplicado a um ponto. Muitos outros dispositivos só conseguem detectar o contacto entre o dedo e a superfície, o que faz com só consigam reportar dois estados de interacção: toque ou não toque. Para melhores técnicas de interacção, Buxton (1985) demonstrou que era importante conseguir diferenciar no mínimo três estados: não toque, baixa pressão e alta pressão. Os estados de baixa e alta pressão são utilizados para diferenciar entre rastrear e clicar. Estados de pressão diferentes podem ser utilizados para associá-los a diferentes dedos (Benko, Wilson e Baudisch 2006).

Uma solução apresentada para o problema da obstrução é adicionar um “*offset*” ao cursor, de forma aos utilizadores conseguirem interagir com a superfície táctil, e terem “*feedback*” visual. Isto consegue-se alterando, ligeiramente, a relação directa entre a posição do contacto efectuado na superfície e a posição do cursor no ecrã. Um “*offset*” resolve o problema da oclusão, e oferece também uma forma mais confortável de apontar para áreas difíceis de alcançar do ecrã. Um exemplo é a técnica “*Take-Off*” (Potter, Weldon e Shneiderman 1988), que descreve um “*offset*” fixo, para que sempre que exista contacto com a superfície, um cursor com a forma “+”, apareça ligeiramente acima dos dedos, de forma à posição de selecção ser conhecida. Sempre que se quiser interagir com um objecto na superfície, bastará ter-se atenção à posição do cursor no ecrã, que apesar de diferente da posição do toque, está directamente relacionada, e adaptá-la até se atingir o alvo. O problema com este tipo de “*offset*” é que o utilizador tem que compensar constantemente a diferença entre o cursor e o dedo, até quando o alvo pode ser facilmente seleccionado directamente.

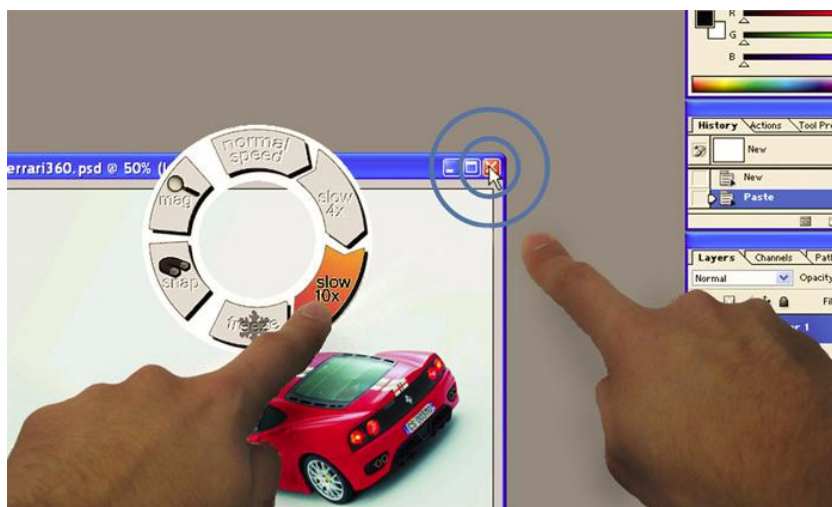
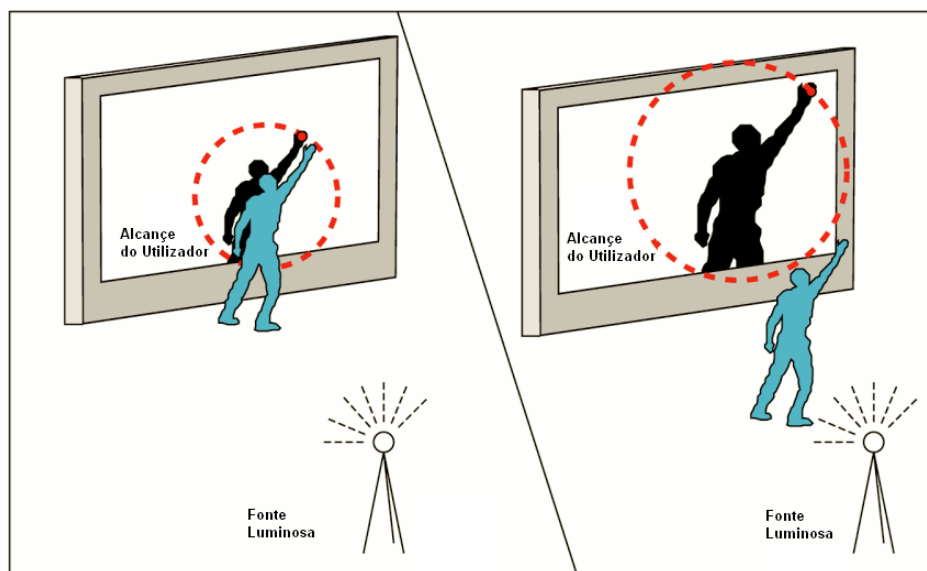


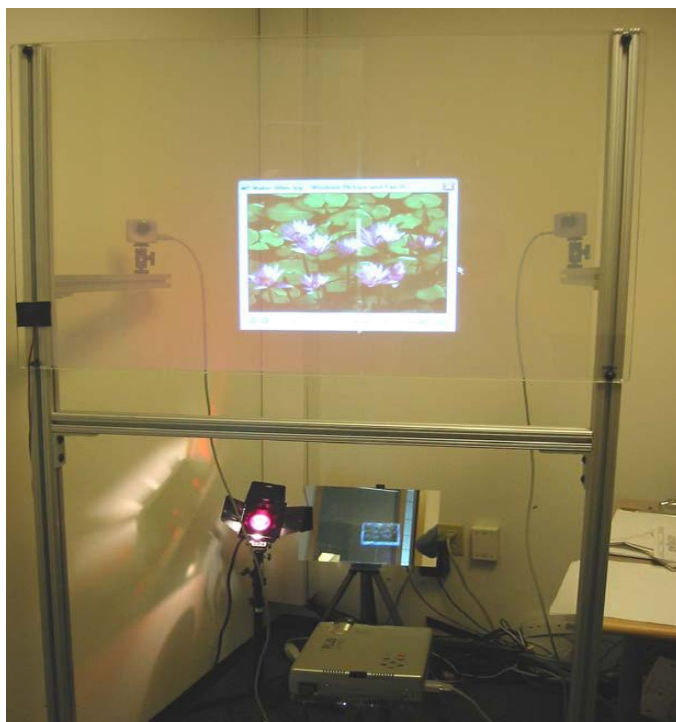
Figura 12: “Dual Finger Selections”(Benko, Wilson e Baudisch 2006).

Benko (2006) descreve um conjunto de técnicas de interacção, “Dual Finger Selections” (Figura 12), que tentam resolver o problema da precisão, recorrendo a uma técnica de interacção que utiliza dois dedos, designados dedo primário e dedo secundário, sendo o dedo secundário utilizado para ajudar o dedo primário. Nesta técnica, o problema da oclusão é resolvido através de um “*offset*” temporário que é invocado pelo utilizador. O cursor com “*offset*” não está activo por omissão. No entanto, ao colocar o segundo dedo em qualquer parte da superfície, o cursor é posteriormente deslocado em relação ao dedo primário com o montante previamente fixado. O “*offset*” é sempre colocado acima do dedo primário. De forma a suportar utilizadores destros e canhotos, o cursor é colocado à esquerda ou à direita do dedo primário, baseado na posição relativa do dedo secundário. Por exemplo, ao colocar o dedo secundário à esquerda do dedo primário, o cursor aparece à esquerda e acima do dedo primário.

Quando o ecrã táctil é de grande dimensão, outra dificuldade é o facto de nem toda a superfície do ecrã estar ao alcance do braço do utilizador. Uma possível solução para este problema é o “Shadow Reaching” (Shoemaker, Tang e Booth 2007)(Figura 13), uma técnica de interacção que faz uso da perspectiva de projecção da representação da sombra de um utilizador. Esta técnica foi concebida para facilitar a manipulação a grandes distâncias e melhorar a compreensão de configurações colaborativas.



**Figura 13: “Shadow Reaching”, um utilizador interage (esquerda) na proximidade com uma pequena parte do ecrã, e (direita) dá um passo atrás para interagir sobre distâncias maiores.**



**Figura 14: Protótipo do "TouchLight". (Wilson 2004)**

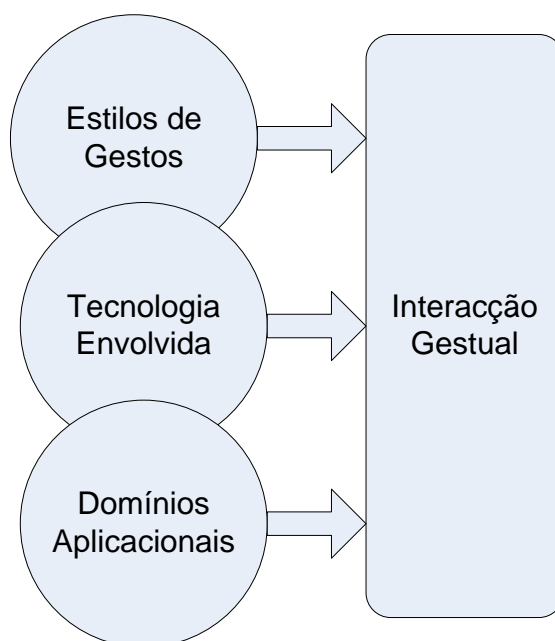
Nem todos os ecrãs de grande dimensão são dispositivos sensíveis ao toque. Através de técnicas de visão computacional e de técnicas de processamento de imagem, muitos sistemas têm sido propostos para transformar ecrãs de grande dimensão normais, em ecrãs de grande dimensão com capacidade tácteis: “MetaDesk”(Ullmer e Ishii 1997), “HoloWall” (Matsushita e Rekimoto 1997), “Designer’s Outpost” (Klemmer, et al. 2001) e o “TouchLight” (Wilson 2004) são alguns exemplos. O “Touchlight” (Wilson 2004) (Figura 14) é um exemplo de um sistema com capacidade táctil, através da utilização de um projector, e de duas câmaras, que capturam a imagem do toque e depois rastreiam e identificam os gestos realizados.

Uma das vantagens destes sistemas baseados em visão computacional, é eles serem capazes de, não só rastrear os pontos da superfície, mas também detectar as imagens completas do toque, permitindo reconhecer as várias partes do corpo (mãos, braços), o que aumenta o vocabulário gestual.

Muitas das aplicações desenhadas para ecrãs de grande dimensão dirigem-se a multi-utilizadores. Enquanto o ecrã táctil “real” não consegue associar um ponto de contacto com um utilizador específico, alguns ecrãs baseados em visão computacional conseguem facilmente fornecer esta funcionalidade (Malik, Ranjan e Balakrishnan 2005).

## 2.3 Interacção Gestual

Com o advento dos primeiros produtos que suportam a tecnologia do multi-toque, surgiu a oportunidade de utilização da interacção gestual. No entanto, a interacção gestual como meio de interagir com os computadores não é novidade, tendo sido o foco de bastante investigação ao longo das últimas décadas. Durante mais de 40 anos quase todas as formas possíveis de gestos humanos são encontradas na literatura, como meio de fornecer uma forma natural e intuitiva de interagir com computadores, na maioria, se não em todos, os domínios da informática. Além disso, quase todas as tecnologias de entrada e saída de dados foram usadas para explorar interacções baseadas em gestos.



**Figura 15: A taxonomia gestual proposta.**

Esta secção vai apresentar a interacção gestual, de três pontos de vista distintos mas complementares (Figura 15). Primeiro, são discutidos os gestos pelo seu tipo, de seguida são focadas as várias tecnologias envolvidas, com especial atenção nos ecrãs tácteis, por fim são considerados os diferentes domínios aplicativos onde os gestos têm sido utilizados, com ênfase nos domínios colaborativos.

### 2.3.1 Estilo de Gestos

Apesar de diferentes classificações poderem ser propostas, neste trabalho distinguem-se quatro diferentes tipos de gestos: deícticos, manipulativos, semafóricos e os gesticulados.

Os gestos deícticos envolvem apontar para verificar a identidade ou a localização espacial de um objecto dentro do contexto do domínio das aplicações. O primeiro exemplo do uso de gestos deícticos é o estudo “Put that there” (Bolt 1980), onde os

gestos são utilizados em conjunção com a fala, possibilitando ao utilizador apontar para uma localização específica no ecrã de grande dimensões, de forma a localizar e mover objectos. Os gestos deícticos também têm sido utilizados no domínio do trabalho cooperativo auxiliado por computador, como no trabalho de Kuzuoka (1994).

Os gestos manipulativos ocorrem quando existe uma relação directa entre o movimento real do gesto da mão ou do braço e a entidade a ser manipulada. Estes gestos têm sido utilizados em três paradigmas de interacção: na interacção com o “desktop” no espaço 2D utilizando um dispositivo de manipulação directa como o rato ou o “stylus” (Rubine 1992); em interfaces de realidade virtual como interacções 3D envolvendo movimentos de mãos vazias para simular a manipulação de objectos físicos (Wu e Balakrishnan 2003) (J. Rekimoto 2002); em interfaces tangíveis para manipular objectos físicos reais que mapeiam em objectos virtuais (Hinckley 2003)(Patel, Pierce e Abowd 2004).

Os gestos semafóricos são definidos em (Quek, et al. 2002) como um sistema gestual que emprega um dicionário, estático ou dinâmico, de gestos. Este é um dos tipos de interacção gestual mais amplamente aplicado, embora o seu conceito corresponda a uma mínima parte das interacções humanas (Quek, et al. 2002). No entanto, com o avançar para paradigmas de computação mais ubíquos, o uso de gestos semafóricos é visto como um método prático de fornecer computação à distância em salas e ambientes inteligentes (Cao e Balakrishnan 2003)(Lenman, Bretzner e Thuresson 2002) (Wilson e Shafer 2003) e como forma de reduzir a distração com tarefas primárias quando se realizam interacções de tarefas secundárias (Karam e Schraefel 2005). Os gestos deste tipo podem ser realizados utilizando as mãos (Alpern and Minardo 2003) (Rekimoto 2002), os dedos (Grossman, Wigdor e Balakrishnan 2004)(Rekimoto, 2003), a cabeça (Schmandt, et al. 2002), objectos passivos, ou periféricos electrónicos como uma varinha ou um rato (Wilson e Shafer 2003) (Moyle e Cockburn 2003). Estes gestos referem-se a movimentos ou marcas que são mapeadas em vários comandos de interface. Alguns exemplos são movimentos do rato para controlo de acções como retroceder e avançar em navegadores Web (Moyle e Cockburn 2003), controlo de avatares em aplicações de realidade aumentada utilizando pequenos movimentos de atalho (Barrientos e Canny 2002), para lançar comandos de aplicações estilo desktop (Wu e Balakrishnan 2003)(Ou, et al. 2003)(Pastel e Skalsky 2004), para navegação de ecrãs ou selecção em “*Pie Menus*” (Smith e Schraefel 2004)(Lenman, Bretzner e Thuresson 2002)(Zhao e Balakrishnan 2004).

O acto de gesticular é uma das formas mais naturais de comunicar e é utilizada frequentemente em combinação com interfaces de fala (Quek, et al. 2002)(Kettebekov 2004)(Eisenstein e Davis 2004). Os gesticulados dependem da análise computacional



dos movimentos da mão, dentro do contexto do tópico do discurso do utilizador, e não são baseados em mapeamentos de gestos pré-estabelecidos como os semafóricos. Os sistemas que utilizam este tipo de gestos são sobretudo multimodais. Tipicamente incluem combinações de interfaces de fala e de gestos, numa tentativa de criar um estilo de interacção natural, sem a necessidade de dispositivos electrónicos ou passivos que diminuam a forma inata com que as pessoas utilizam os gestos.

### **2.3.2 Tecnologia Envolvida**

Podemos classificar a tecnologia que permite utilizar gestos como uma modalidade de entrada, de acordo com a forma como os gestos são adquiridos pelo sistema.

Uma entrada não-perceptual envolve adquirir o gesto através de dispositivos ou objectos que necessitam de contacto físico para transmitir a localização, e a informação espacial ou temporal ao computador. Exemplos de tecnologias não-perceptuais são o rato e a caneta, o toque e ecrãs com sensores de pressão, periféricos com sensores electrónicos (vestuário, luvas, objectos com sensores embebidos e interfaces tangíveis), e entrada de som. Uma vez que a tecnologia utilizada neste trabalho é baseada em ecrãs tácteis, no próximo parágrafo vamos focar mais detalhadamente essa tecnologia.

Os ecrãs sensíveis ao toque e à pressão representam uma tecnologia que permite a entrada de interacção gestual vista na literatura desde meados da década de 80 (Buxton, Hill e Rowley 1985). A entrada de dados baseada em toque é similar ao gesticular directamente com dispositivos de entrada. No entanto, um dos seus benefícios chave é permitir um estilo de interacção mais natural que os dispositivos intermediários, como o rato, requerem (Gutwin e Penner 2002)(Zelevnik e Forsberg 1999). Os sensores de toque, em particular, têm sido amplamente discutidos na literatura, numa primeira fase como entrada de gestos para dispositivos móveis (Brewster, et al. 2003) (Schmandt, et al. 2002) e para “Tablet PC’s” (Jin, et al. 2004)(Ou, et al. 2003), e mais recentemente para interacções gestuais em mesas e superfícies (Rekimoto 2002) (Wu e Balakrishnan 2003) (Rekimoto 2003) (Schiphorst, Lovell e Jaffe 2002). Os sensores de toque permitem a entrada de dados para uma vasta gama de dispositivos, desde os pequenos ecrãs de dispositivos móveis (Brewster, et al. 2003) até às superfícies de interacção de grande dimensão (Smith e Schraefel 2004), passando pelos monitores de computador *standard* (Minsky 1984). As interacções gestuais que eles permitem, têm natureza similar aos estilos de gestos com contacto, que podem ser realizados numa superfície.

As tecnologias perceptuais de entrada de dados, são aquelas que permitem que os gestos sejam reconhecidos sem necessitar de contacto físico com nenhum dispositivo ou um qualquer objecto físico, permitindo ao utilizador comunicar com gestos sem ter que vestir, segurar, ou tocar em dispositivos intermediários como por exemplo uma luva ou

um rato. As tecnologias perceptuais de entrada de dados incluem sensores visuais, de áudio, e de movimento, capazes de capturar dados das acções, da fala ou da localização física do utilizador dentro do seu ambiente.

### **2.3.3 Domínios Aplicacionais**

A interacção gestual tem sido aplicada em muitos domínios aplicacionais. Nos próximos parágrafos focamos os domínios com maior potencial a ser explorado, nomeadamente os cenários colaborativos.

Nas aplicações computacionais para “desktop” os gestos são geralmente vistos como uma alternativa às interacções do rato e do teclado, permitindo efectuar, por exemplo, com os dedos, uma interacção mais natural. Muitas das tarefas para “desktop” baseadas em gestos envolvem manipular objectos gráficos (Bolt e Herranz 1992), anotar e editar documentos (Cohen, et al. 1997), fazer “*scroll*” em documentos (Smith e Schraefel 2004), activar selecções em menus (Lenman, Bretzner e Thuresson 2002) e retroceder e avançar em navegadores Web (Moyle e Cockburn 2003). Outros estilos de interacção originais utilizam os gestos naturais, como abanar a cabeça, para interagir com caixas de diálogo em computadores “desktop” (Davis e Vaks 2001).

Um dos primeiros domínios aplicacionais no qual os gestos foram explorados envolvia interfaces gráficas. Neste estilo de interacção, os gestos são utilizados para manipular o dispositivo de entrada para desenhar linhas, círculos ou fazer movimentos em diferentes direcções para desenhar, controlar a funcionalidade proposta pela aplicação, alternar modos e emitir comandos (Buxton, Fiume, et al. 1983). Aplicações idênticas foram também desenvolvidas para ecrãs tácteis utilizando dedos ou canetas para fazer gestos (Buxton, Hill e Rowley 1985). Sensores de pressão foram utilizados como meio de gesticular para manipular e criar objectos gráficos em aplicações manuais de desenho (Minsky 1984). Os ecrãs tácteis foram utilizados para rastrear o movimento do dedo ou de um periférico no ecrã para criar os desenhos, e a quantidade de pressão exercida no ecrã foi aproveitada como forma de determinar a espessura das linhas a serem desenhadas. As aplicações gráficas também utilizam gestos para fins de navegação e de visão, assim como para controlar as várias funções associadas com a aplicação. Os gestos 2D baseados no rato foram utilizados para controlar a vista fornecida pela câmara num espaço gráfico 3D utilizando o rato ou uma caneta para entrada (Zelevnik e Forsberg 1999).

Os gestos têm sido utilizados no campo dos sistemas cooperativos (CSCW) dentro de uma variedade de domínios computacionais incluindo em computadores “desktop”, ecrãs de mesa (Wu e Balakrishnan 2003)(Rekimoto 2002) e ecrãs de grande dimensão (Cao e Balakrishnan 2003)(von Hardenberg e Berard 2001). Em interacções como

partilhar notas e anotações entre grupos de pessoas, é bastante frequente na literatura utilizar-se gestos simples, quer os utilizadores estejam todos no mesmo local, ou espalhados numa rede de equipas remotas (Wolf e Rhyne 1993)(Gutwin e Penner 2002)(Stotts, Smith e Gyllstrom 2004). As anotações podem ser transmitidas por “streaming” de vídeo, para, por exemplo, cooperação entre um estudante e um instrutor que estejam a trabalhar em tarefas que envolvam objectos físicos (Kuzuoka, Kosuge e Tanaka 1994)(Ou, et al. 2003). Em alguns trabalhos, imagens de um grupo são transmitidas para um segundo grupo, que por sua vez utiliza gestos, para criar anotações sobre as imagens, que são transmitidas de volta.

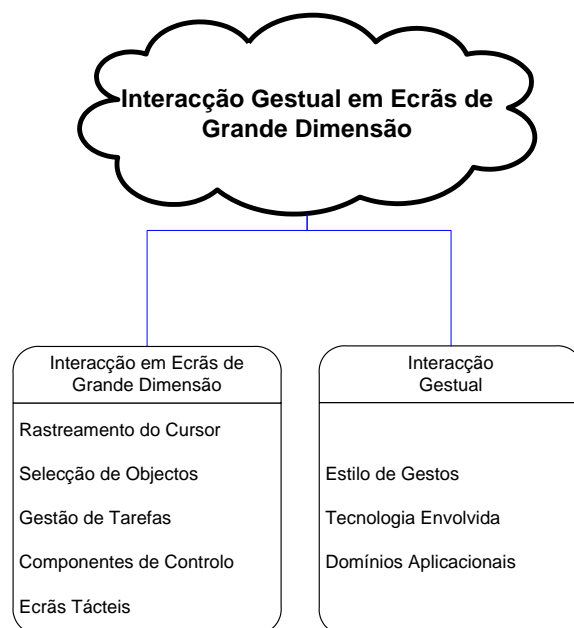
As interacções baseadas em gestos foram também exploradas no contexto das salas inteligentes, para, por exemplo, controlar dispositivos e ecrãs à distância. À medida que as tecnologias das salas inteligentes se tornaram mais sofisticadas, também o uso dos gestos tornou-se mais natural para interagir com as máquinas que estavam distribuídas nos seus ambientes (Streitz, et al. 1999), e transformou-se num modo de interacção chave para interagir com interfaces perceptuais (Crowley, Coutaz e Bérard 2000). Os gestos empregues para salas inteligentes ou para interacções de estilo perceptual, são também utilizados para interagir com ecrãs de grande dimensão, que podem estar espalhados dentro de uma sala ou um edifício (Paradiso, et al. 2000)(von Hardenberg e Berard 2001). Os periféricos dos computadores actuais podem ser manipulados utilizando gestos que envolvam segurar, abanar, inclinar, ou apertar, para interacções como navegar dentro de um livro ou documento e para detectar a destreza manual nos utilizadores desses periféricos (Harrison, et al. 1998) ou para, por exemplo, transferir dados e comunicação entre “Tablet PC’s” (Hinckley 2003).

Na computação pervasiva e nos dispositivos de computação móvel, os gestos foram aproveitados para permitir interacções “*eyes-free*”, permitindo aos utilizadores focarem-se na sua mobilidade em vez de interagir visualmente com os dispositivos (Schmandt, et al. 2002)(Brewster, et al. 2003)(Pastel e Skalsky 2004). Este estilo de interacção tipicamente envolve PDA’s com ecrãs sensíveis ao toque, que aceitam gestos como modo de entrada de dados, e dispõem de saída de áudio, permitindo assim interacções “*eyes-free*” com os dispositivos móveis.

## **2.4 Sumário e Discussão**

O trabalho desenvolvido nesta tese cobre algumas áreas de investigação diversificadas. Neste capítulo começámos por apresentar o contexto e alguns dos conceitos em que se baseia este trabalho. Posteriormente focámos as duas grandes áreas de trabalho relacionado: interacção em ecrãs de grande dimensão e interacção gestual, apresentando para cada área, os principais tópicos (Figura 16). Dentro de cada tópico,

descreveram-se os principais conceitos, os problemas que necessitam de ser resolvidos, alguns sistemas representativos e respectivos pontos fortes e fracos.



**Figura 16: Domínios de estudo da área da interacção gestual com ecrãs de grande dimensão.**

Na interacção com ecrãs de grande dimensão, verificou-se que existem dois grandes grupos de técnicas: as que tentam adaptar as técnicas tradicionais para ecrãs de grande dimensão, que apresentam como grande vantagem a rápida curva de aprendizagem, e as técnicas que tentam abordagens inovadoras e quebram com o paradigma WIMP, o que muitas vezes aparenta ser uma solução mais adequada, apesar de os utilizadores demorarem mais tempo a habituarem-se a elas.

Com a transição a que hoje assistimos, de pequenos ecrãs CRT com dimensões que se mantiveram fixas durante décadas, para ecrãs das mais variadas tecnologias, cada uma a oferecer uma qualidade e dimensão de ecrã maior, é inevitável a adopção de técnicas que resolvam eficazmente os problemas com os paradigmas clássicos. Muitos dos problemas que as técnicas actuais pretendem resolver começam agora a atingir proporções mais elevadas, vista a massificação deste tipo de dispositivos. Nos próximos anos vamos assistir a uma adopção cada vez mais saliente das técnicas anteriormente mencionadas, através do seu refinamento e aperfeiçoamento, até atingirem um nível de maturidade em que possam ser exploradas em produtos comerciais.

A utilização de gestos é um tipo de interacção que hoje se encontra muito em voga, e que se encontra na linha da frente, para resolver alguns dos problemas com as interfaces actuais. A evolução exponencial da tecnologia de ecrãs a que se tem assistido nos últimos anos, com produtos que utilizam tecnologia que antes mesmo de chegar ao público, já se encontra ultrapassada, pode ser o elemento catalisador para a adopção de

técnicas de interacção gestual. Estas técnicas demonstram ter algumas características que podem ser muito úteis na resolução de alguns problemas com as interfaces actuais. Uma das principais características da interacção gestual, que a distingue da concorrência, é tratar-se de uma interacção “*anywhere*”, ou seja, que pode ser realizada em qualquer parte do ecrã, o que resolve alguns problemas como a existência de elementos inacessíveis, ou objectos inatingíveis no ecrã.

Tal como nos dispositivos móveis, onde os gestos são hoje uma realidade, em grande parte devido a produtos inovadores como o “Apple iPhone”, e previsivelmente no futuro serão uma inevitabilidade, também os ecrãs, sobretudo os de grande dimensão, começam agora a dar sinais de adopção deste tipo de interacção, com inúmeros ecrãs e superfícies de grande dimensão tácteis a saírem para o mercado, e mais recentemente com a saída de sistemas operativos como o “Microsoft Windows 7” que suportam este tipo de interacção.

No entanto, tal como referido anteriormente, a interacção gestual ainda não atingiu o nível de maturidade das interacções comuns, encontrando-se mesmo numa fase muito precoce. Este trabalho pretende dar um contributo para a evolução deste tipo de interacção, no âmbito dos ecrãs de grande dimensão. Para tal, foi realizado um conjunto de estudos, que numa primeira fase mapeou um conjunto de acções a um conjunto de gestos, em cenários quotidianos representativos de configurações que podem beneficiar da utilização de gestos, de forma a compreender e caracterizar este tipo de interacção, nomeadamente os seus pontos fortes e fracos. Numa fase posterior, o trabalho focou-se no teste de várias técnicas que, através de interacção gestual, visam a resolução de alguns problemas existentes com o paradigma *standard WIMP*, em ecrãs de grande dimensão. Por fim, foram exploradas as possibilidades de cooperação abertas com a disponibilização de múltiplas superfícies com possibilidade de interacção gestual. São estes estudos, e os resultados deles derivados, que se apresentam nos capítulos seguintes.



## Capítulo 3

# Interacção Gestual com Uma Superfície

Neste capítulo são apresentados os três estudos realizados sobre interacção gestual numa superfície de grandes dimensões. Nos vários estudos apresentados neste capítulo, realizaram-se sessões experimentais onde se recorreu a um SmartBoard com uma área activa de ecrã de 77’’ (195.6 cm), ligado a um computador a correr Windows XP SP3, com uma resolução de ecrã de 1400 por 1050 pixéis. Como foi mencionado anteriormente o SmartBoard é um ecrã táctil de grandes dimensões que permite localizar apenas um único ponto de contacto com a superfície de interacção. O primeiro estudo realizado, diz respeito à utilização de gestos em ecrãs de grande dimensão. Segue-se um estudo das técnicas de interacção em ecrãs de grande dimensão. Finalmente, apresenta-se uma comparação de modalidades de interacção.

### 3.1 Utilização de Gestos em Ecrãs de Grande Dimensão

Nesta secção é apresentado um estudo efectuado para permitir uma definição de um conjunto de gestos que podem ser utilizados nos cenários mais comuns de interacção individual com uma superfície. Neste estudo encontrou-se, num contexto de interacção com um ecrã não multi-toque de grande dimensão, para um conjunto de aplicações que podem beneficiar do uso de interacção gestual, quais as acções dessas aplicações que estão aptas a ser realizadas através de gestos e quais os gestos mais apropriados, intuitivos e confortáveis para cada acção.

#### 3.1.1 Enquadramento e Preparação do Estudo

O objectivo principal deste estudo foi explorar as vantagens da utilização da interacção gestual em ecrãs de grande dimensão, em oposição às técnicas de interacção *standard* presentes no paradigma WIMP, servindo adicionalmente para determinar quais os cenários e acções mais adequados para a utilização de gestos. Um outro objectivo foi a definição de um conjunto de gestos em ecrãs interactivos de grande

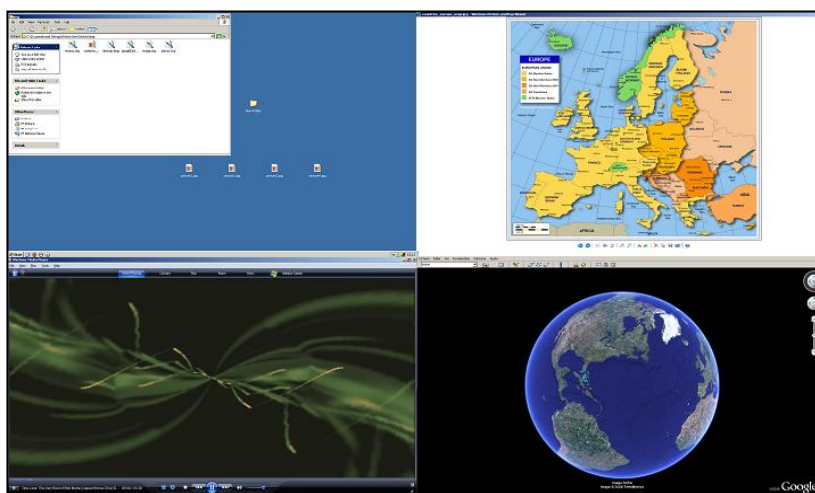
dimensão, tendo em vista o desenvolvimento futuro de um protótipo que atenuasse as limitações e problemas mencionados.

Começou-se por definir um conjunto de cenários que pudessem beneficiar da utilização de interacção gestual, em ecrãs de grande dimensão. De seguida, para cada cenário, foram especificadas as principais acções passíveis de ser executadas com gestos. Por fim, foi criado um procedimento, com várias tarefas para cada cenário, para que os utilizadores pudessem criar gestos que, na sua opinião, fizessem sentido para cada uma das tarefas. Com base na informação recolhida sobre os vários gestos registados durante o processo, foram procurados padrões gestuais, de forma a justificar a eficácia dos gestos criados, para cada acção dentro dos cenários.

Nesta experiência participaram 12 indivíduos, com a idade média de 24 anos. Todos eram utilizadores regulares de computadores, com experiência nas aplicações utilizadas nos cenários de estudo. Nenhum dos participantes tinha experiência prévia com ecrãs de grande dimensão ou com interacção gestual.

### 3.1.2 Cenários e Acções

Começou-se por definir cinco cenários de estudo (Figura 17): manipulação de objectos no “desktop”, manipulação de janelas no “desktop”, visualizador de imagens, leitor multimédia e Google Earth. Estes cenários quotidianos são representativos de configurações que podem beneficiar da utilização da interacção gestual em ecrãs de grande dimensão (ex: cenários que podem ser utilizados no contexto de reuniões ou sessões de “*brainstorm*”).



**Figura 17: Os cinco Cenários, Manipulação de (1) Objectos e (2) Janelas (cima esquerda), (3) Visualizador de Imagens (cima direita), (4) Leitor Multimédia (baixo esquerda), (5) Google Earth (baixo direita).**



Posteriormente, foi definido um conjunto de acções mais comuns para cada um dos cenários, tendo em conta o contexto dos ecrãs de grande dimensão. As tarefas para cada cenário foram:

- Manipulação de objectos no desktop - criar uma pasta, apagar, copiar, cortar, mover, comprimir e imprimir;
- Manipulação de janelas - minimizar, maximizar, restaurar e fechar;
- Visualizador de imagens - zoom in, zoom out, seguinte, anterior, rodar no sentido dos ponteiros do relógio, rodar no sentido contrário aos ponteiros do relógio e imprimir;
- Leitor multimédia - play, pause, stop, seguinte, anterior, aumentar volume, diminuir volume e tirar o som;
- Google Earth - zoom in, zoom out, rodar no sentido dos ponteiros do relógio, rodar no sentido contrário aos ponteiros do relógio, inclinar para cima, inclinar para baixo, procurar e marcar local.

### **3.1.3 Procedimento**

Durante todo o estudo, os participantes tiveram total liberdade de interacção para executar os gestos. Por outras palavras, não foram explicitadas quaisquer restrições na criação de gestos, para todas as acções consideradas em cada cenário, exceptuando o facto de não serem permitidas interacções multi-toque, devido à limitação da tecnologia empregue.

Cada utilizador esteve envolvido numa sessão individual, onde participou nos cinco cenários possíveis. No início de cada sessão era explicado aos participantes o objectivo do estudo, e distribuído a cada um uma folha de papel, com todas as tarefas a serem realizadas durante o procedimento, ordenadas pelos cinco cenários. Depois, era-lhes pedido para criarem gestos para realizar cada uma das tarefas. O objectivo de distribuir a folha aos participantes foi, por um lado dar a conhecer as acções a realizar, e por outro, ocupar uma das mãos, evitando a interacção gestual “*multi-touch*”. Não foram impostos quaisquer limites de tempo aos participantes durante todo o estudo.

O teste foi realizado num SmartBoard, que capturava e registava os gestos realizados por cada participante. Foi também pedido aos participantes que descrevessem os gestos criados e justificassem a sua escolha.

As sessões foram filmadas e foram registados todos os gestos. No final de cada sessão, os participantes preencheram um questionário, onde lhes foi pedido para pontuar e comparar a adequação de cada acção realizada com o rato e teclado (recorrendo à experiência prévia com as aplicações, visto não ter sido pedido aos participantes para

realizar as acções com rato e teclado durante as sessões) com o gesto criado anteriormente, numa escala de 5 pontos, onde 1 significava a menos adequada e 5 a interacção mais adequada e intuitiva.






### 3.1.4 Resultados

Os resultados da experiência, apresentados em seguida, estão divididos em duas partes: acções com gestos similares, em que mais de 50% dos participantes utilizaram o mesmo gesto, e acções com gestos diferentes, ou seja, acções onde não foi encontrado um padrão gestual.




#### Acções com gestos similares

As tabelas 1 a 5 apresentam, para cada cenário, a acção efectuada, uma representação do gesto realizado pela maioria dos participantes, a percentagem destes que efectuaram esse gesto, e o tempo que levaram a pensar e desenhar o gesto. As últimas 3 colunas da tabela contêm as pontuações dos questionários, que representam a modalidade preferida para efectuar cada acção.





**Tabela 1: Gestos Similares para o cenário Manipulação de Objectos.**

Acção	Gesto	%	T	Rato	Tecla	Gesto
Nova Pasta		75%	00:45	4	1,5	4,5
Apagar		92%	00:10	3,75	4,5	4
Copiar		50%	00:28	3,5	4,25	4
Mover		100%	00:14	4	2	4,25
Comprimir		67%	00:35	3,25	1,75	4

**Tabela 2: Gestos Similares para o cenário Manipulação de Janelas.**

Acção	Gesto	%	T	Rato	Tecla	Gesto
Minimizar		67%	00:35	4,5	2,25	3,5
Maximizar		67%	00:14	4,5	2,25	3,5
Fechar		92%	00:15	4,5	3,5	3,5

**Tabela 3: Gestos Similares para o cenário Google Earth.**

Acção	Gesto	%	T	Rato	Tecla	Gesto
Zoom In		75%	00:10	3,75	1,75	4,25
Zoom Out		75%	00:08	3,75	1,75	4,25
Rodar SPR		92%	00:10	3,25	2,25	4,5
Rodar SCPR		92%	00:07	3,25	2,25	4,5

**Tabela 4: Gestos Similares para o cenário Visualização de Imagens.**

Acção	Gesto	%	T	Rato	Tecla	Gesto
Zoom In	+	92%	00:30	4	2,5	4,5
Zoom Out	-	92%	00:10	4	2,5	4,5
Seguinte	→	75%	00:15	3,75	4,5	4,25
Anterior	←	75%	00:07	3,75	4,5	4,25
Rodar SPR <sup>2</sup>	↻	83%	00:08	3,75	2,25	4,5
Rodar SCPR <sup>3</sup>	↺	83%	00:06	3,75	2,25	4,5

**Tabela 5: Gestos Similares para o cenário Leitor Multimédia.**

Acção	Gesto	%	T	Rato	Tecla	Gesto
Play	▶	92%	00:10	4,25	3,25	3,75
Pause	⏸	92%	00:15	4,25	3	4
Stop	⏹	92%	00:13	4,25	3	3,75
Seguinte	→	100%	00:08	3,75	3,25	3,75
Anterior	←	100%	00:05	3,75	3,25	3,75
Vol. +	↑	75%	00:18	3,5	3	3,25
Vol. -	↓	75%	00:06	3,5	3	3,25
Mute	⊗	50%	01:30	4	3,25	3,5

## Acções com gestos diferentes

Para algumas acções não foram encontrados padrões gestuais. A tabela 6 apresenta essas acções, com os correspondentes resultados dos questionários.

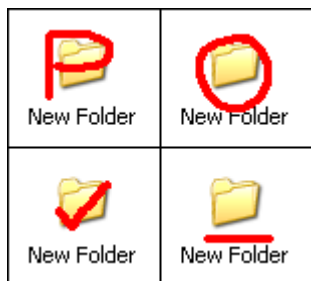
**Tabela 6: Acções sem padrão gestual**

Cenário	Acção	Rato	Tecla	Gesto
Manipulação Objectos	Colar	3,5	4	3,5
	Cortar	3,5	4,25	2,5
	Imprimir	3,25	3,5	2,75
Manipulação Janelas	Restaurar	4,5	2,25	2,5
Manipulação Imagens	Imprimir	3,25	3,25	2,75
Google Earth	Procurar	3,5	3,25	3,25
	Inclinar +	3,75	1,75	3,75
	Inclinar -	3,75	1,75	3,75
	Placemark	3,5	2,5	4,25

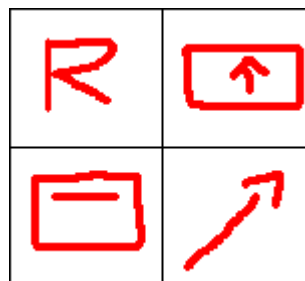
<sup>2</sup> Sentido dos Ponteiros do Relógio.

<sup>3</sup> Sentido Contrário aos Ponteiros do Relógio.

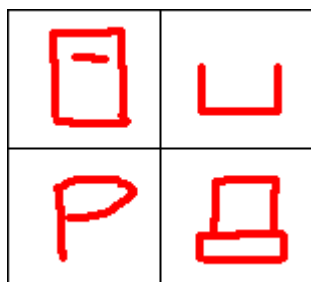
As figuras 18 a 21 apresentam alguns dos gestos que os participantes do estudo criaram, para algumas das acções, de forma a ser possível verificar a diversidade de gestos que foram criados pelos diferentes participantes no estudo.



**Figura 18:** Exemplos de gestos utilizados para a acção “Colar”.



**Figura 19:** Exemplos de gestos utilizados para a acção “Restaurar”



**Figura 20:** Exemplos de gestos utilizados para a acção “Imprimir”.



**Figura 21:** Exemplos de gestos utilizados para a acção “Cortar”.

### 3.1.5 Discussão

Esta secção apresenta alguns tópicos resultantes das observações feitas durante a realização do estudo, bem como dos resultados apresentados, cuja discussão é relevante.

Os resultados dos questionários mostraram que para algumas acções, os utilizadores preferem os gestos, especialmente nos cenários de manipulação de objectos, visualizador de imagens e Google Earth. Nos três cenários onde os participantes preferiram a interacção gestual à interacção do rato e teclado, os gestos oferecem uma interacção mais próxima do mundo real. No cenário da manipulação de objectos, a interacção é realizada directamente sobre a representação gráfica do objecto. No cenário do visualizador de imagens, as acções são realizadas na própria imagem, como se estivesse a manipular uma fotografia em papel. Por fim, no cenário do Google Earth, a

interacção é tão directa, como se o utilizador estivesse a manusear um globo terrestre ou um mapa.

Alguns gestos revelaram-se mais adequados para tarefas específicas do que outros, no âmbito dos cenários específicos, ou até mesmo para tarefas que são ortogonais entre uma variedade de cenários. Muitos dos gestos foram repetidos nos diferentes cenários. Acções como seguinte, anterior, e rodar, tiveram mapeamento idêntico nas várias aplicações. A característica comum aos gestos ortogonais entre os vários cenários, é mapearem em acções simples, também elas ortogonais entre as várias aplicações, e serem acções onde existe uma interacção directa com os objectos que se pretende manipular.

Através dos resultados dos questionários, foi possível inferir quais as modalidades preferidas pelos participantes para as diferentes acções e cenários. O teclado foi favorito nas acções onde existe um atalho, por exemplo, copiar, colar e apagar, independentemente da aplicação. O rato foi preferido para acções que envolvam manipulação directa de um controlo da interface, onde o factor comum é serem acções disparadas por um simples clique num botão ou ícone. Finalmente, os gestos foram preferidos quando os utilizadores precisaram de interagir directamente com um objecto, como nos cenários da manipulação de objectos, visualizador de imagens e Google Earth.

Os resultados deste estudo mostram que a interacção gestual pode resolver alguns dos problemas do paradigma *standard* WIMP em ecrãs de grande dimensão, especialmente para algumas acções, em cenários onde estes ecrãs são tipicamente utilizados. Os resultados mostram igualmente que é um erro assumir que a interacção gestual é uma boa solução para todas as acções. Isto foi corroborado pelos resultados de algumas acções que têm baixa taxa de concordância entre utilizadores, o que leva a concluir que são menos intuitivas e não são adequadas para realizar através de gestos.

Foi também observado que, mesmo tendo-se restringido os participantes de realizar gestos multi-toque, estes criaram vários gestos “*multi-stroke*”. Os designers de interface de gestos devem ter isso em consideração e devem estar preparados para interpretar gestos “*multi-stroke*”.

O paradigma clássico WIMP não foi originalmente criado para ecrãs de grande dimensão ou para sistemas sem os periféricos tradicionais como o rato e o teclado. O uso da interacção gestual não substitui esses periféricos, mas pode, se bem implementada, minimizar o problema e as limitações introduzidas pela sua ausência e melhorar a interacção com o utilizador.

## 3.2 Técnicas de Interação para Ecrãs de Grande Dimensão

A abordagem simplista de transferir os principais conceitos de interação do paradigma clássico WIMP para o contexto dos ecrãs de grande dimensão, conduz a alguns problemas inesperados. Nesta secção é apresentado um estudo comparativo entre várias técnicas de interação com ecrãs de grande dimensão.

Baseado na premissa que os gestos são uma forma de interação adequada para lidar com a ausência do rato e do teclado, quando interagindo com um ecrã de grande dimensão, o principal objectivo deste estudo foi avaliar as melhores técnicas para superar os desafios da transferência do paradigma WIMP para grandes superfícies tácteis, como é o caso do SmartBoard.

Neste estudo foram explorados vários métodos para interação táctil em ecrãs de grande dimensão. Para permitir comparar os vários métodos, foi desenvolvida uma aplicação de teste que integrou as diferentes técnicas para cada método. Os métodos utilizados no estudo incluem: múltipla selecção de objectos, métodos de confirmação gestual, métodos de visualização gestual e paradigmas de arrastamento de objectos. Por exemplo, para os diferentes métodos de arrastamento, os paradigmas explorados incluem o “drag-and-drop”, “pick-and-drop” (J. Rekimoto 1997) “drag-and-pop” (Wagner, Curran e O'Brien 1995) entre outros. Isto permitiu comparar diferentes técnicas para cada método e perceber para que casos e condições são mais apropriados.

Posteriormente a aplicação foi explorada em sessões de teste. Durante as sessões foi pedido aos participantes do estudo para realizar algumas das acções clássicas com objectos, como criar, apagar, copiar, colar e imprimir. O mapeamento dos gestos foi baseado no estudo descrito na secção anterior, onde se pediu aos utilizadores para criarem os seus gestos para realizar cada acção.

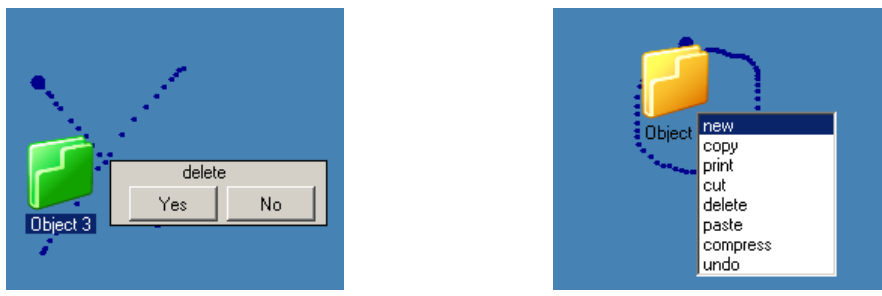
### 3.2.1 Metodologias Avaliadas

A ausência dos periféricos comuns, rato e teclado, e a grande superfície de interação, torna até a simples acção de seleccionar um objecto, num problema. A falta dos atalhos de teclado, como a tecla “control” para seleccionar vários objectos ao mesmo tempo, e as grandes distâncias entre os objectos, torna a técnica clássica de selecção, ineficiente. Na aplicação de teste, são propostas duas técnicas de selecção diferentes, como alternativas: selecção baseada em gestos e selecção um a um (Figura 22). Na selecção baseada em gestos, o utilizador desenha um polígono em redor dos objectos que pretende seleccionar, e na selecção um a um, o utilizador desenha um polígono à volta de cada objecto.



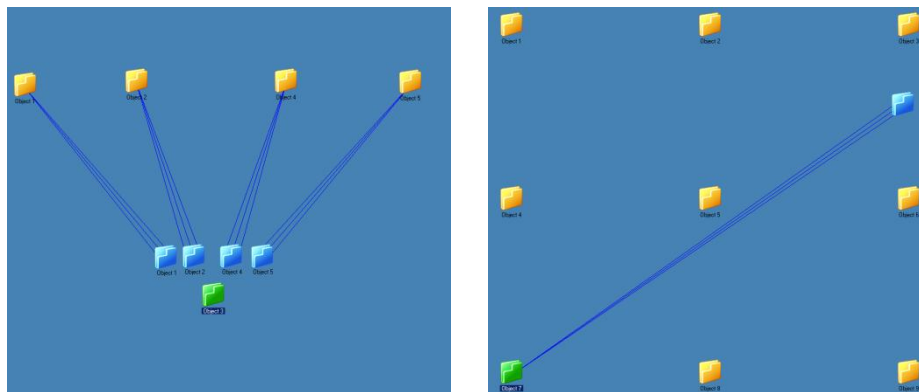
**Figura 22: Selecção baseada em Gestos (esquerda), Selecção Um a Um (direita).**

A interacção baseada em gestos introduz problemas que não se verificam com as técnicas de interacção tradicionais. Um exemplo é o facto da tecnologia de reconhecimento não ser completamente fiável. Isto pode causar que um gesto seja mal reconhecido e que a acção disparada não seja a que o utilizador esteja à espera, ou que o reconhecimento seja efectuado correctamente, mas a acção não seja a que o utilizador espera. De forma a diminuir estas limitações, foram efectuados testes com dois tipos de solução (Figura 23): confirmação baseada em botão, onde, depois de cada interacção gestual, o sistema pergunta ao utilizador se a acção que se pretende realizar é a mesma que foi reconhecida, e confirmação baseada em menu, onde é apresentada uma lista de acções, ordenada por ordem do reconhecimento gestual, onde as acções com que o gesto desenhado tem mais semelhanças aparecem primeiro, e as que têm menos semelhança aparecem depois.



**Figura 23: Confirmação baseada em Botão, Confirmação baseada em Menu.**

Foram ainda testados vários métodos de visualização gestual ou diferentes tipos de “*feedback*” visual. Por outras palavras, avaliaram-se diferentes formas do sistema ir desenhando os pontos correspondentes ao toque na superfície. Inicialmente pensou-se em várias hipóteses como linhas, pontos, etc, mas acabou-se por optar por uma versão simplificada que considerava apenas duas hipóteses: com ou sem resposta visual.



**Figura 24: “Drag-and-Pop” (Esquerda), “Drag/Push-and-throw” (Direita).**

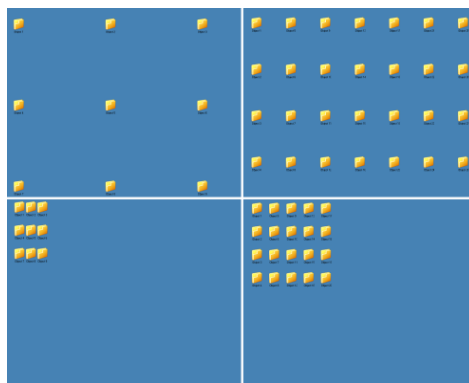
O método de arrastar objectos no paradigma WIMP (o “Drag-and-drop”) revela algumas limitações em certas condições (alvos inatingíveis, grandes superfícies, etc.). Neste estudo foram comparadas cinco técnicas de arrastamento: “Drag-and-Drop”, “Drag-and-Pop” (Wagner, Curran e O'Brien 1995), “Pick-and-Drop” (J. Rekimoto 1997), “Drag-and-Throw” (Hascoët 2003) e “Push-and-Throw” (Hascoët 2003). Destas técnicas, só o “Drag-and-Throw” (Hascoët 2003) e “Push-and-Throw” (Hascoët 2003) não foram previamente descritos. O “Drag-and-Throw” foi concebido com o objectivo de resolver as limitações de arrastar objectos, ao fornecer aos utilizadores uma visualização em tempo real do destino do objecto, se a operação se concretizar. Desta forma, é permitido aos utilizadores ajustar a trajectória, e garantir que é atingido o alvo correcto. O “Push-and-Throw” é uma versão mais avançada do “Drag-and-Throw”, ao deixar os utilizadores arrastarem o objecto na direcção contrária para onde se pretende levá-lo, o “Push-and-Throw” nos vários testes realizados demonstrou melhor performance que o seu antecessor (Hascoët 2003).

### **3.2.2 Procedimento**

De forma a obter uma diversidade de condições, cobrindo as que são mais e menos adequadas para este tipo de cenários, todas as técnicas de interacção foram testadas em quatro cenários de teste distintos, governados por duas variáveis: número de objectos presentes e proximidade entre eles. Assim, os quatro cenários definidos são: poucos objectos e distantes, muitos objectos e distantes, poucos objectos e próximos e muitos objectos e próximos, como exemplificado na figura 25.

Oito utilizadores participaram na experiência, que foi conduzida num SmartBoard com projecção frontal. Cada utilizador esteve envolvido numa sessão individual. No início de cada sessão eram explicados aos participantes os objectivos do estudo e era demonstrada a aplicação de teste, nomeadamente todos os gestos que disparavam cada acção. De seguida, era-lhes dada uma folha com todas as tarefas a serem realizadas





**Figura 25: Os quatro cenários**

durante a experiência. Era pedido aos participantes para realizarem tarefas básicas, como mover, copiar, colar e apagar objectos, utilizando as várias técnicas de interacção, nos quatro cenários de teste.

No fim de cada sessão, os participantes preenchiam um questionário, onde avaliavam as várias técnicas para cada método. Nas técnicas de selecção era pedido para escolherem as suas opções preferidas para cada um dos quatro cenários. Nas técnicas de confirmação e visualização escolhiam a sua opção preferida para uma das acções. E por fim, nos paradigmas de arrastamento era pedido para os ordenarem por ordem de preferência nos quatro cenários.

### 3.2.3 Resultados

As tabelas 7 a 10 apresentam os resultados dos questionários, onde os utilizadores avaliaram as várias técnicas para cada método.

**Tabela 7: Técnicas de Selecção preferidas para cada cenário.**

	Gestual		Um a Um	
	<i>Próximos</i>	<i>Distantes</i>	<i>Próximos</i>	<i>Distantes</i>
<i>Poucos</i>	83%	0%	17%	100%
<i>Muitos</i>	67%	0%	33%	100%

**Tabela 8: Técnicas de Confirmação preferidas para cada acção.**

	Nenhuma	Botão	Menu	Undo
<i>Seleccção</i>	100%	0%	0%	0%
<i>Apagar</i>	0%	83%	0%	17%
<i>Criar</i>	33%	17%	17%	33%
<i>Copiar</i>	33%	17%	33%	17%
<i>Colar</i>	33%	17%	17%	33%
<i>Cortar</i>	33%	17%	17%	33%
<i>Comprimir</i>	17%	0%	67%	17%
<i>Imprimir</i>	0%	67%	33%	0%

**Tabela 9: Técnicas de Visualização preferidas para cada acção.**

	Nenhuma	Pontos
<i>Seleccção</i>	17%	83%
<i>Apagar</i>	17%	83%
<i>Criar</i>	17%	83%
<i>Copiar</i>	17%	83%
<i>Colar</i>	33%	67%
<i>Cortar</i>	17%	83%
<i>Comprimir</i>	0%	100%
<i>Imprimir</i>	0%	100%

**Tabela 10: Paradigmas de Arrastamento ordenados por preferência para cada cenário.**

	<i>Muitos</i>		<i>Poucos</i>	
	<i>Próximos</i>	<i>Distantes</i>	<i>Próximos</i>	<i>Distantes</i>
<b>Drag-and-drop</b>	2	4	1	4
<b>Pick-and-drop</b>	1	3	2	5
<b>Drag-and-pop</b>	5	5	4	2
<b>Drag-and-throw</b>	4	2	5	3
<b>Push-and-throw</b>	3	1	3	1

### 3.2.4 Discussão

Através das várias experiências e dos resultados dos questionários, foi possível inferir quais as técnicas preferidas pelos utilizadores, para as diferentes modalidades.

No que diz respeito às duas técnicas de selecção, verificou-se uma clara tendência para a selecção gestual ser preferida, nos cenários onde os objectos se encontravam próximos, e a selecção um a um ser preferida quando os objectos se encontravam distantes uns dos outros, independentemente do seu número. Estes resultados podem ser interpretados como os utilizadores preferirem a técnica que implica menor esforço e consequentemente se torna mais rápida. Por exemplo, se os objectos a seleccionar se encontrarem em extremos opostos, a selecção gestual implica percorrer grandes distâncias, o que é cansativo e pouco prático. Já se os objectos se encontrarem concentrados numa área, a selecção gestual é mais prática e intuitiva, pois basta desenhar um polígono, com os objectos pretendidos lá dentro.

Nas técnicas de confirmação, a preferência dos utilizadores dependeu sempre muito da acção em questão. Se a acção tradicionalmente não requerer confirmação no paradigma WIMP, como as acções seleccionar, copiar e colar, os utilizadores preferiram não ter uma confirmação ou ter uma forma de cancelar facilmente a acção, como por exemplo, um gesto para “undo”. Já nas acções que tradicionalmente implicam uma confirmação, como as acções apagar, comprimir e imprimir, os utilizadores preferiram a

confirmação por botão. A confirmação por menu não foi considerada muito prática pelos utilizadores, pois além de desenharem o gesto, também tinham de seleccionar a respectiva acção do menu.

No que diz respeito às técnicas de visualização dos gestos, verificou-se que a quase totalidade dos utilizadores preferiram ter uma resposta visual do gesto, ou seja, o sistema ir desenhando os pontos correspondentes ao toque dos utilizadores na superfície de interacção.

Nos paradigmas de arrastamento, os resultados dependeram dos cenários. Quando os objectos se encontravam distantes uns dos outros, o paradigma preferido foi o “Push-and-Throw”, sobretudo por ter sido o que demonstrou resolver melhor o problema dos alvos inatingíveis. Nos cenários onde os objectos se encontravam próximos, os utilizadores preferiram o paradigma clássico “Drag-and-Drop”, devido a já terem experiência de utilização. O paradigma “Pick-and-Drop” demonstrou ser uma alternativa, sobretudo no cenário onde existiam muitos objectos próximos.

Através deste estudo foi possível explorar alguns dos problemas de interacção gestual, em grandes superfícies, assim como a extrema importância da escolha das técnicas que visam resolver esses problemas.

No futuro quem desenvolver aplicações que tirem partido da interacção gestual, em ecrãs de grande dimensão, terá que ter em atenção as técnicas que suportam este tipo de interacção. Como se verificou, a escolha destas técnicas está extremamente dependente de vários factores, como os cenários de utilização, e tipos de acções disponibilizadas.

Muitas dos paradigmas clássicos, como o “Drag-and-Drop”, não apresentam o mesmo desempenho no contexto das grandes superfícies, sendo necessário procurar alternativas válidas adaptadas ao contexto das aplicações.

A falta de confiança que os utilizadores demonstram, devido à falta de experiência com este tipo de interacção, aliado à falta de fiabilidade das tecnologias de reconhecimento gestual, obriga à implementação de vários mecanismos de suporte.

Alguns dos mecanismos explorados neste estudo que demonstraram ser uma mais-valia, foram o *feedback* visual do sistema em tempo real, com o sistema a desenhar os pontos correspondentes ao toque na superfície, e técnicas de confirmação, ou seja, mecanismos que permitiam, com máxima facilidade e segurança, retroceder e cancelar uma operação.

### 3.3 Comparação de Modalidades de Interação

Nesta secção é apresentado um estudo que explora o mapeamento entre gestos e acções, que resultou do estudo apresentado na secção 3.1. Enquanto no primeiro estudo era pedido aos utilizadores que criassem gestos para diferentes acções nos cenários mais comuns de interacção individual com uma superfície, neste estudo utilizou-se o processo inverso, ou seja, era pedido aos utilizadores que descobrissem os gestos já pré-definidos para cada acção. Através dos vários valores medidos ao longo da sessão, como número de tentativas e o tempo que os utilizadores demoravam a descobrir o gesto certo para cada acção, foi possível compreender até que ponto o mapeamento previamente adquirido era intuitivo e prático.

#### 3.3.1 Descrição do Estudo

Dez pessoas, com uma idade média de 24 anos, participaram no estudo. Nenhum dos participantes esteve envolvido nos estudos anteriores. Todos os participantes eram utilizadores regulares de computadores, com experiência de utilização das aplicações escolhidas, mas sem experiência com ecrãs de grandes dimensões ou interacção gestual.

Os cenários escolhidos foram: (1) manipulação de objectos, (2) manipulação de janelas, (3) visualização de imagens, e (4) Google Earth. Em relação ao primeiro estudo os cenários foram os mesmos, com excepção do leitor multimédia, que não foi incluído devido a ser um cenário extremamente dependente da manipulação directa de controlos da interface. Os cenários seleccionados são representativos de situações que podem beneficiar da utilização da interacção gestual, em ecrãs de grande dimensão (e.g. todos eles podem ser utilizados no contexto de reuniões e de sessões de “*brainstorm*”).

De seguida, para cada cenário, foram especificadas as acções a serem alcançadas através de gestos, e por fim, com base nos gestos previamente definidos para cada acção, foi implementada uma interface baseada em gestos.

Cada utilizador participou numa sessão individual. No início de cada sessão o propósito do estudo era explicado aos participantes. Era pedido para realizar todas as acções com gestos (sem lhes ter sido dito qual era o gesto “correcto”) e sem gestos (utilizando o rato e teclado virtual). Todas as interacções foram realizadas directamente na superfície do SmartBoard.

Durante cada sessão eram medidos vários valores, nomeadamente o número de tentativas e o tempo que cada participante demorava a descobrir o gesto “correcto” para cada acção. Foi definido um limite de tempo de um minuto para permitir aos participantes descobrirem o gesto e, se depois desse tempo, eles não o tivessem descoberto, o gesto era exemplificado.

No final de cada sessão, os participantes preenchem um questionário, onde lhes era pedido para avaliar a adequabilidade de cada acção, quando realizado com e sem gestos (numa escala de 5 pontos, com 1 a ser a menos e 5 a mais adequada).

### 3.3.2 Resultados

As tabelas 11 a 14 apresentam, para cada cenário, a acção a ser realizada, uma representação do gesto correspondente (as setas ao lado dos gestos indicam a direcção do movimento), o número médio de tentativas e a média do tempo, em segundos, que os participantes demoraram a descobrir o gesto “correcto” para cada acção. As duas colunas seguintes são os resultados dos questionários e representam o quanto os utilizadores sentem adequada cada modalidade para realizar cada acção (M – rato e teclado, G – gesto). A última coluna exhibe os resultados de um *t-test* com amostras emparelhadas, comparando a adequação das duas modalidades para realizar a acção requerida. Os resultados são estatisticamente significativos para *t* acima de 2.262 (exibidos em negrito).

**Tabela 11: Manipulação de Objectos**

Acção	Gesto	#	T	M	G	t
<i>NovaPasta</i>	□	<b>2.4</b>	<b>23.3</b>	3.2	4.2	<b>3.35</b>
<i>Apagar</i>	X	<b>1.3</b>	<b>8.2</b>	3.4	4.0	1.76
<i>Copiar</i>	C	<b>1.2</b>	<b>8.0</b>	3.3	4.3	<b>2.74</b>
<i>Colar</i>	P	<b>1.1</b>	<b>6.0</b>	3.3	4.0	2.09
<i>Cortar</i>	↖	<b>5.3</b>	<b>55.0</b>	3.4	2.2	-2.57
<i>Comprimir</i>	Z	<b>1.3</b>	<b>8.2</b>	3.0	4.1	2.09

**Tabela 12: Google Earth**

Acção	Gesto	#	T	M	G	t
<i>Procurar</i>	┌	<b>1.5</b>	<b>10.9</b>	3.0	3.2	0.56
<i>Placemark</i>	P	<b>3.5</b>	<b>21.9</b>	3.4	3.8	1.31
<i>Rodar</i>	C	<b>1.1</b>	<b>6.0</b>	3.4	4.7	<b>4.99</b>
<i>Zoom</i>	°	<b>1.2</b>	<b>5.8</b>	3.8	4.4	1.33
<i>Modo 3D</i>	3	<b>1.9</b>	<b>9.8</b>	2.9	4.5	<b>2.95</b>

**Tabela 13: Visualização de Imagens**

Acção	Gesto	#	T	M	G	t
<i>Seguinte/Ant</i>	⊞	<b>1.3</b>	<b>6.9</b>	3.5	4.8	<b>3.54</b>
<i>Zoom</i>	°	<b>1.5</b>	<b>7.4</b>	3.5	4.5	<b>2.53</b>
<i>Rodar</i>	C	<b>1.1</b>	<b>4.4</b>	3.6	4.4	<b>3.21</b>
<i>Imprimir</i>	P	<b>1.7</b>	<b>12.5</b>	3.9	4.1	0.56

**Tabela 14: Manipulação de Janelas**

<b>Acção</b>	<b>Gesto</b>	<b>#</b>	<b>T</b>	<b>M</b>	<b>G</b>	<b>t</b>
<i>Minimizar</i>	<i>↖</i>	<b>2.0</b>	<b>17.2</b>	3.6	4.5	2.21
<i>Maximizar</i>	<i>↗</i>	<b>2.2</b>	<b>19.2</b>	3.6	4.4	2.23
<i>Fechar</i>	<i>✕</i>	<b>1.3</b>	<b>6.9</b>	3.8	3.8	0.00

### 3.3.3 Discussão

Baseado no tempo médio e no número de tentativas que cada participante levou a descobrir o gesto para cada acção, conclui-se como esperado, que esses dois valores estão relacionados. As acções para as quais os participantes levaram menos tempo, são também aquelas onde foram necessárias menos tentativas para descobrir o gesto “correcto” (rodar, zoom, seguinte/anterior, copiar e colar). As acções onde demoraram mais tempo são também aquelas onde precisaram de mais tentativas para descobrir o gesto “correcto” (nova pasta, cortar e placemark).

Analisando os resultados dos questionários, conclui-se que o cenário de visualização de imagens é o que apresenta melhores resultados para interacção gestual. Pode também ser observado que os participantes preferiram a interacção gestual quando os gestos representam uma interacção mais directa e mais estreitamente relacionada com a interacção do mundo real, o que confirma o que se tinha verificado no primeiro estudo. Por exemplo, no cenário de visualização de imagens, as acções preferidas são realizadas nas imagens, como se estivesse a interagir com uma fotografia em papel. No cenário Google Earth, as interacções preferidas são tão directas, como se o utilizador estivesse a manusear um objecto não digital, como um globo ou um mapa.

Pode verificar-se que existe uma relação directa entre os factores medidos na sessão, número de tentativas e tempo, e os resultados dos questionários. Em geral, as acções para as quais os participantes descobriram o gesto mais rapidamente e em menos tentativas, são também as acções que obtiveram os melhores resultados nos questionários e vice-versa.

A maioria dos resultados que advêm deste estudo está em linha com os estudos anteriores. Alguns desses resultados estão relacionados com as acções mais intuitivas, a serem realizadas através de gestos, e os cenários onde a interacção gestual é preferida pelos participantes. Uma excepção é o resultado dos questionários no que diz respeito aos cenários de manipulação de janelas. No primeiro estudo, os participantes preferiam as interacções tradicionais para manipular janelas, o que não se verificou neste estudo. Uma das explicações para este resultado é o facto de, no primeiro estudo, os participantes não terem realizado essas acções com as interacções tradicionais, em ecrãs de grande dimensão. Neste estudo, os participantes realizaram essas acções e puderam

perceber que, apesar de serem facilmente disparadas por botões, estes são geralmente de pequena dimensão e encontram-se mal posicionados na superfície de interacção, o que leva a que a interacção gestual se apresente como uma opção mais válida, uma vez que se trata de uma interacção ‘*anywhere*’, ou seja, que pode ser realizada em qualquer parte do ecrã.

O paradigma clássico WIMP não foi originalmente concebido para ecrãs de grande dimensão, ou para sistemas sem as modalidades de interacção clássicas, como o rato e o teclado. O uso da interacção gestual não substitui essas interfaces, mas pode, se bem implementada, minimizar os problemas e as limitações introduzidos pela sua ausência, e melhorar a interacção com o utilizador. Um exemplo onde a manipulação directa oferecida pelas interfaces WIMP pode não ser uma opção tão prática, é quando um utilizador tenta apagar um ficheiro. Com a manipulação directa o utilizador arrasta o ficheiro para o cesto de reciclagem. Esta pode ser a opção mais prática, quando a superfície de interacção é pequena, o ficheiro está próximo do cesto de reciclagem, e este não está coberto por uma janela. Mas quando essas condições não são satisfeitas, efectuar um gesto sobre uma representação do ícone de um ficheiro é mais prático e exequível.





## Capítulo 4

# Interacção Gestual em Cenários Cooperativos

O gesto é considerado uma das formas mais naturais de interagir com as máquinas. No capítulo anterior, foi comprovado que diferentes tipos de gestos podem ser utilizados em aplicações de domínios distintos. Muitos desses domínios são colaborativos, o que justifica a realização de um estudo aprofundado de forma a explorar como a interacção gestual, naturalmente utilizada nas comunicações humanas, pode ser utilizada no aperfeiçoamento de aplicações colaborativas.

De forma a promover a adopção da interacção baseada em gestos no campo das aplicações colaborativas, é necessário explorar a naturalidade desta modalidade, mas ao mesmo tempo, é fundamental simplificar as interacções das aplicações. Como tal, um dos desafios abordados foi desenvolver conjuntos simples de gestos e interacções, como descrito no capítulo 3. Com isto em mente, pode ser argumentado que, gesticular, apesar de ser uma forma mais natural e intuitiva de interacção, continua a colocar desafios tecnológicos, que depreciam uma interacção fluida e eficiente, limitando correntemente a sua utilização em aplicações interactivas, e, conseqüentemente, cenários colaborativos. Uma das principais dificuldades tecnológicas, que se colocam com esta interacção, é o correcto reconhecimento gestual, que afecta mais o desempenho de alguns tipos de gestos. Assim sendo, os gestos deícticos, manipulativos e semafóricos são as melhores opções para aplicações colaborativas, dado o alto nível de desempenho atingido no reconhecimento desses tipos de gestos.

A selecção do tipo de gestos a incluir aquando do desenvolvimento de aplicações colaborativas, deve ser dirigida por dois tipos de factores: as tecnologias disponíveis para a entrada de gestos e o tipo de gestos a ser realizado. Os gestos manipulativos têm os requisitos mais exigentes, em termos de investimentos tecnológicos, a não ser que se utilize uma simples interacção 2D, controlada pelo rato. Os gestos deícticos e semafóricos podem ser eficientemente utilizados, através de dispositivos tecnológicos perceptuais e não perceptuais. As superfícies tácteis estão a tornar-se actualmente mais populares, oferecendo reconhecimento gestual não perceptual para gestos semafóricos e

para gestos deícticos. Os sistemas baseados em câmaras com algoritmos de seguimento também se estão a tornar mais vulgares, oferecendo reconhecimento perceptual para gestos deícticos e semafóricos.

Do ponto de vista tecnológico, o desenvolvimento de aplicações colaborativas, que recorram a gesticulação deíctica, é hoje em dia algo mais facilmente alcançável. O mesmo pode ser dito do uso de gestos semafóricos para essas aplicações, apesar de estes colocarem outro desafio: a definição de um dicionário gestual.

De forma a confirmar as vantagens dos gestos deícticos e semafóricos em aplicações colaborativas, nomeadamente, o impacto na forma como as pessoas colaboram, foram realizados dois estudos.

No primeiro estudo apresentado neste capítulo, observa-se o impacto que têm diferentes modalidades de interacção, ou seja, até que ponto a interacção gestual é vantajosa em relação às modalidades tradicionais. Para tal realizam-se sessões experimentais com plataformas que oferecem modalidades diferentes, e observa-se o processo de decisão colaborativo para a atribuição de tarefas aos intervenientes.

No segundo estudo é abrangido o efeito da interacção gestual na cooperação entre pessoas, comprovando-se a importância da definição de um dicionário semafórico gestual intuitivo, que revele ser uma mais-valia face às interacções tradicionais, de forma a fomentar a sua adopção.

## **4.1 Cooperação com várias modalidades de interacção**

Várias ferramentas informáticas são desenvolvidas para suportar trabalho cooperativo. A maioria dessas ferramentas depende dos dispositivos de entrada disponíveis nos computadores *standard*, (e.g. teclado e rato). Este estudo foca-se no uso de interacção gestual, em cenários cooperativos, discutindo a sua adequação para algumas tarefas, e como os utilizadores decidem cooperar, nomeadamente, que modalidade de entrada é escolhida para cada tipo de tarefa.

O objectivo deste estudo é perceber qual o impacto de um número maior de modalidades de interacção, nomeadamente gestos, na forma como as pessoas colaboram. Em particular, uma vez que a interacção gestual é mais adequada para certas tarefas que os tradicionais teclado e rato, foi colocada a hipótese das pessoas adoptarem um processo de decisão colaborativo para a atribuição de tarefas aos intervenientes no cenário colaborativo. Esse processo deverá ser baseado em certos factores, que incluem as capacidades tecnológicas dos dispositivos de interacção e a natureza das tarefas.

Nesta secção apresentam-se e discutem-se os resultados de uma experiência concebida para validar a hipótese proposta, contribuindo para compreender o impacto

das modalidades disponíveis no processo colaborativo e nos processos de tomada de decisão.

### 4.1.1 A Aplicação Colaborativa

Foi desenvolvida uma aplicação simples de quadro interactivo, que oferece ferramentas para desenhar formas (círculos, rectângulos, triângulos), realizar desenho livre, colar imagens e escrever texto no quadro. A aplicação é capaz de reconhecer gestos deícticos e semafóricos, incluídos no dicionário de gestos, definido através dos resultados dos estudos apresentados no capítulo anterior. Isto permite ao utilizador interagir utilizando os mecanismos tradicionais, através da barra de ferramentas e de menus com os comandos disponíveis, ou empregando interacção gestual. A figura 26 apresenta a interface visual da aplicação de quadro branco interactivo.

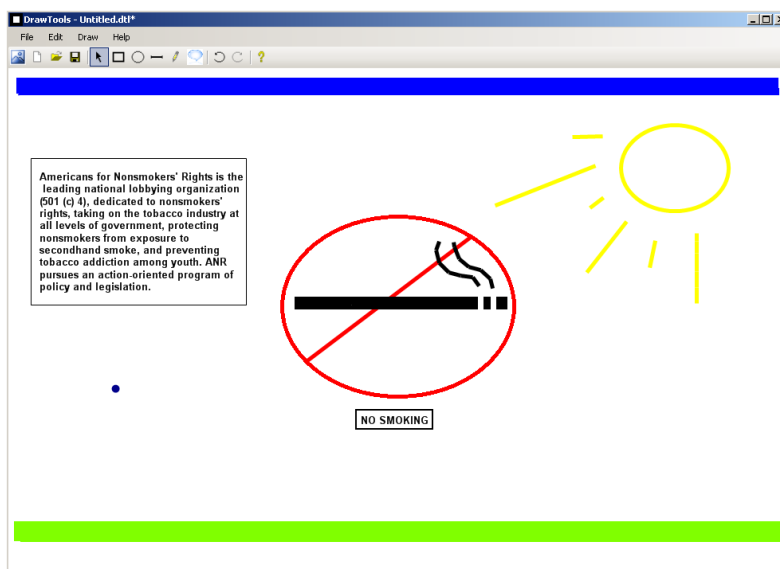


Figura 26: Aplicação de quadro branco interactivo v1.0

A aplicação é também dotada de capacidades de comunicação. Isto permite executar em diferentes plataformas diversas instâncias da aplicação, partilhando um quadro entre múltiplos utilizadores. Consequentemente, a aplicação oferece um espaço de trabalho partilhado, para interacção síncrona, com utilizadores situados localmente ou remotamente.

### 4.1.2 Descrição do Estudo

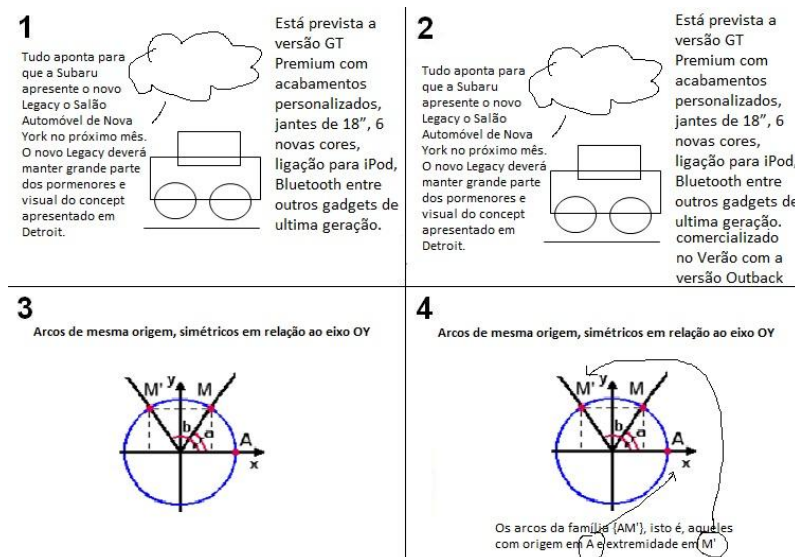
Para testar convenientemente a hipótese que os utilizadores iriam colaborativamente atribuir tarefas entre eles, baseados nas tarefas a realizar e na tecnologia disponível, foi projectada uma experiencia, compreendendo duas plataformas de interacção diferentes. Uma plataforma consistia num computador de secretária, com os meios de interacção tradicionais: um teclado e um rato como entrada, e um ecrã de

tamanho *standard*. Esta plataforma não dispõe de mecanismos de interacção tácteis, mas os gestos podem ser realizados recorrendo ao rato. A outra plataforma é um SmartBoard, um ecrã táctil de grandes dimensões, onde a entrada de informação é realizada directamente através de gestos na superfície, estando disponível um teclado virtual.

Ao instalar a aplicação de quadro interactivo em duas plataformas tão distintas, é esperado observar os utilizadores a tirarem partido dos pontos fortes de cada plataforma. A plataforma do PC, por exemplo, é mais adequada para introduzir texto, enquanto o ecrã táctil de grande dimensão se adapta melhor à realização de gestos.

Nas sessões experimentais, equipas de dois utilizadores, utilizando cada um a aplicação numa das plataformas, tinham de replicar documentos no quadro. Os documentos consistiam em textos, imagens, desenhos geométricos e livres. A cada membro da equipa foi entregue uma folha, com uma cópia de cada documento, e foi-lhe pedido para o desenhar. Depois de concluírem a replicação, era entregue uma versão ligeiramente diferente do documento a um dos membros, sendo sua responsabilidade coordenar a execução das alterações requeridas para a nova versão do documento. Em cada sessão, dois documentos eram replicados, de forma a ambos os membros da equipa poderem assumir o papel de coordenador durante a fase de correcção.

A figura 27 exhibe os quatro documentos a replicar, sendo que os documentos 1 e 3 foram usados na fase de replicação, e os documentos dois e quatro na fase de correcção.



**Figura 27: Os quatro documentos a replicar.**

Na fase de replicação do documento, os utilizadores tinham total liberdade para comunicar e decidir quem realizaria cada tarefa. Ambos tinham cópias do documento e podiam negociar que tarefas eram realizadas em cada plataforma. Nesta fase foi

observado como os utilizadores decidiam colaborativamente, que tarefas realizar em cada plataforma, e se essa decisão era influenciada pelas características da tarefa e da plataforma escolhida, em conformidade com a hipótese inicial.

Durante a fase de correcção, só um utilizador tinha acesso ao documento em causa, mas continuava a existir total liberdade de comunicação entre os utilizadores. Desta forma foi possível perceber o impacto de ter utilizadores com diferentes níveis de conhecimento sobre a tarefa a realizar, no processo de decisão.

Na experiência descrita, ambos os utilizadores estavam na mesma sala, apesar de utilizarem plataformas de interacção diferentes. Foi também realizada uma experiência, em que os utilizadores estavam localizados em salas diferentes, comunicando através de uma aplicação de videoconferência, resultando assim numa configuração de utilizadores remotos, sendo desta forma possível perceber quais os efeitos da localização no processo de decisão.

Foram conduzidas duas sessões e quer a configuração local, quer a remota, foram testadas por um par de participantes. Em ambas as sessões, foram apresentados aos participantes os mesmos conjuntos de documentos para replicar. O primeiro documento continha uma componente textual mais extensa, e na fase de correcção a versão com alterações implicava apagar algum texto e adicionar algumas formas, sendo esta versão exclusivamente apresentada ao participante do computador. O segundo documento tinha uma componente de desenho mais complexa, e algum texto. A versão com alterações, envolvia adicionar algum texto a uma parte diferente do documento, assim como adições muito simples ao desenho, sendo esta versão apresentada exclusivamente ao participante do SmartBoard.

Apesar do número de participantes (quatro) envolvidos nas sessões experimentais ser muito limitado e não suficiente para chegar a conclusões significativas, ainda assim foram importantes para afinar o procedimento experimental, assim como chegar a algumas conclusões preliminares. As duas próximas secções descrevem e discutem os resultados das duas sessões experimentais.

### **4.1.3 Resultados**

#### **Configuração Local**

Na configuração local, quando foi apresentado o primeiro documento, que era o que continha mais texto, ambos os participantes rapidamente concordaram que o participante do computador iria ser o responsável pela entrada de texto, enquanto o participante do SmartBoard ficaria responsável pelo desenho das imagens. Mesmo depois de ter sido dito aos participantes que o tempo não era um problema, e

unicamente a qualidade da réplica seria validada, quando o participante do SmartBoard acabou de desenhar ofereceu-se para escrever algum do texto em falta, uma vez que o participante do computador ainda não tinha terminado a sua introdução. Esta oferta foi prontamente aceite pelo participante do computador, o que significa que ambos os participantes acabaram por escrever texto durante esta tarefa, acabando mais rápido do que se tivessem feito de outra forma.

Quando o participante do computador recebeu a versão alterada do documento, decidiu ser ele a editar o texto, e dar instruções ao participante do SmartBoard para desenhar os novos objectos. Para guiar o participante do SmartBoard na tarefa de posicionar os novos objectos, o participante do computador utilizou vastamente expressões e gestos deícticos, como “coloca à direita da gaiivota e a outra por cima dela”.

Depois de verem o segundo documento, os participantes da experiência discutiram entre eles quais as tarefas que cada um faria. Baseados na complexidade do documento, optaram por ser o participante do SmartBoard a introduzir o texto. Como ambos acabaram as suas tarefas aproximadamente em simultâneo, nenhum teve necessidade de realizar tarefas extras. Ainda assim, depois de acabarem as tarefas, ambos concordaram que a escolha de divisão de tarefas não foi a melhor. O comportamento exibido depois de receber a versão alterada do documento reforça esta observação. O participante do SmartBoard, que desta vez era o responsável pelas alterações, realizou as pequenas adições ao desenho, enquanto ditava para o participante do computador o texto a inserir. Mais uma vez, foram utilizadas indicações e referências deícticas, desta vez pelo participante do SmartBoard, para especificar ao companheiro do computador onde colocar o texto inserido.

### **Configuração Remota**

No primeiro documento, o comportamento exibido por este par de participantes foi similar ao exibido pelo par de participantes que esteve envolvido na configuração local. O participante do computador introduziu o texto, enquanto o participante do SmartBoard criava os desenhos. As escolhas mantiveram-se aquando das alterações ao documento inicial. O participante do computador editou o texto, e pediu ao participante do SmartBoard para desenhar os novos objectos. No entanto, surgiu uma importante diferença face à primeira sessão. O participante do computador teve dificuldades em dar indicações ao seu par, nomeadamente as posições correctas dos novos objectos no documento. No final, acabou por ser o participante do computador a mover os objectos para as posições correctas.

O segundo documento foi conduzido da mesma forma, isto é, o participante do computador introduzia o texto, e o participante do SmartBoard criava os desenhos. Uma vez que o documento tinha uma quantidade menor de texto e desenhos mais complexos, o participante do computador acabou primeiro a tarefa, e posteriormente ajudou o seu par a fazer pequenos ajustamentos a alguns objectos previamente desenhados. Isto ocorreu em resposta a um pedido do participante do SmartBoard, que estava a ter algumas dificuldades em seleccionar linhas e desenhos livres, em parte devido à pouca precisão do SmartBoard.

Quando foi pedido ao participante do SmartBoard para coordenar as alterações ao segundo documento, ele ficou encarregue de introduzir o texto, e especificar ao participante do computador as adições necessárias de desenhos. Contrariamente ao que foi decidido pelo participante do SmartBoard na configuração local, este participante não se sentiu confortável a ditar o texto através da aplicação de videoconferência. Desta decisão resultou que este par de participantes levou mais tempo a completar a tarefa. Adicionalmente, e mais importante no contexto da experiência, ficaram claras as dificuldades do participante do SmartBoard a coordenar o participante do computador para colocar os desenhos adicionais nas posições correctas.

#### **4.1.4 Discussão**

Depois de observar ambas as sessões, a principal conclusão que se pode tirar diz respeito à divisão colaborativa de tarefas. É bastante claro que os participantes do teste concordam que a tarefa de entrada de texto deve ser realizada pelo participante do PC, enquanto as tarefas de desenho devem ser primordialmente realizadas pelo participante do SmartBoard. Esta observação suporta a hipótese inicial que os utilizadores decidiam colaborativamente que tarefas realizar baseados nas características das tarefas e das plataformas.

A outra grande conclusão que se pode tirar da observação das sessões, é o impacto na comunicação e coordenação de tarefas que tem os utilizadores estarem, ou não, na mesma sala. Isto ficou claro com as dificuldades sentidas na configuração remota, quando só um participante tinha acesso ao documento e guiava o outro para colocar os objectos na posição correcta. Na sessão local, o par de participantes conseguiu ser mais rápido na fase de correcção, uma vez que estes apontavam para o ecrã de grande dimensão para indicar a posição onde o objecto devia ser colocado. Na configuração remota, apesar do espaço de trabalho ser partilhado, os participantes não conseguiam transmitir gestos deícticos, e as expressões deícticas faladas, mostraram ser insuficientes.

Outro efeito da colaboração foi uma negociação vigorosa entre os participantes. Na configuração local, os utilizadores discutiam numa extensão maior, as características das tarefas a ser executadas. Eles comunicavam explicitamente, enquanto negociavam a quantidade de texto e a complexidade dos desenhos, antes de decidir quem executava cada tarefa. Na sessão remota, os utilizadores demonstraram uma abordagem mais simplificada, onde rapidamente chegavam a acordo sobre as tarefas que cada um executava. Esta diferença no comportamento reflecte os diferentes canais de comunicação disponíveis em cada sessão.

## **4.2 Cooperação através de Interação Gestual**

Este estudo vem no seguimento do anterior, tendo sido agora estudado o impacto da interação gestual na forma como as pessoas colaboram. Relativamente ao estudo anterior, a aplicação de testes utilizada foi estendida para suportar uma componente de interação gestual mais rica. O dicionário gestual, ou seja o mapeamento entre gestos e acções, continua a ser baseado nos estudos de interação gestual com uma superfície descritos no capítulo 3.

### **4.2.1 Evolução da Aplicação Colaborativa**

O estudo anterior serviu para identificar algumas falhas na aplicação, e adicionalmente receber algum ‘feedback’ dos utilizadores, sobre possíveis melhorias e potenciais novas funcionalidades. A aplicação foi assim estendida de forma a oferecer mais ferramentas, nomeadamente mais formas e tipos de desenho, um modo de selecção, um apagador de objectos, bem como uma interface melhorada, barras de ferramentas, menus e botões maiores, de forma a ser mais fácil interagir no SmartBoard. A grande novidade da aplicação, face ao estudo anterior, foi a introdução de uma componente gestual mais forte, podendo todas as acções ser disparadas pelos mecanismos tradicionais, como botões e menus, ou através de gestos intuitivos.

A aplicação colaborativa está estruturada em três grandes camadas: comunicação, interface visual, e interface gestual.

A camada de comunicação disponibiliza os mecanismos para várias instâncias da aplicação, correrem em diferentes plataformas, e partilharem um quadro branco entre múltiplos utilizadores. Desta forma oferece-se um espaço partilhado para interacções síncronas, com utilizadores localizados localmente ou remotamente.

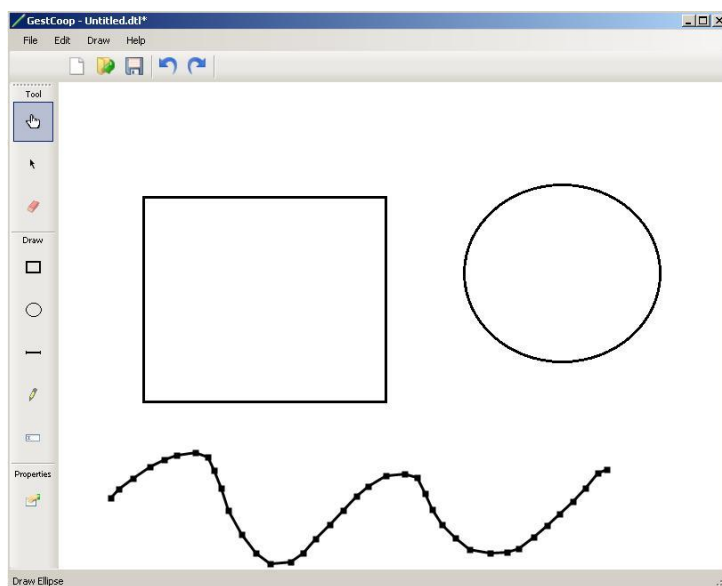
A camada de interface visual (Figura 28), permite aos utilizadores executar os vários comandos e funcionalidades da aplicação, através dos controlos tradicionais. Estes controlos, nomeadamente os botões e menus, foram adaptados ao contexto das grandes superfícies, de forma a serem mais práticos e intuitivos. Por exemplo, os botões



têm uma dimensão maior do que nas interfaces *standard*, e estão agrupados de acordo com as suas funcionalidades.

A aplicação tem duas barras de funcionalidades, uma superior vertical, e uma lateral esquerda. Na barra superior vertical, encontram-se as funcionalidades *standard*, ortogonais entre várias aplicações, como: novo documento, abrir documento, gravar documento, refazer e desfazer acções. Na barra lateral, encontram-se as funcionalidades próprias da aplicação, que se encontram divididas em três sectores: ferramentas, desenhos e propriedades. No sector de ferramentas encontram-se os vários modos de selecção: selecção gestual, selecção tradicional, e o modo “borracha”. No sector de desenho encontram-se as várias formas de desenho disponíveis: forma rectangular, forma circular, linha, desenho livre, e texto. Por fim no sector das propriedades, é possível escolher as propriedades dos objectos, como a cor e o tamanho do tracejado.

A camada de interface gestual, que foi fortalecida nesta versão, faculta os mecanismos necessários para os gestos obtidos através de reconhecimento gestual, dispararem os respectivos comandos e funcionalidades. Os gestos são realizados pelos utilizadores na área de desenho, e são posteriormente mapeados nas respectivas acções.



**Figura 28: Aplicação de quadro branco interactivo v2.0**

## 4.2.2 Descrição do Estudo

As sessões experimentais ocorreram nos mesmos moldes do estudo anterior, ou seja, equipas de dois utilizadores, cada um utilizando a aplicação numa plataforma diferente, tinham de replicar documentos no quadro branco. Tal como nas sessões do estudo anterior, as duas plataformas utilizadas foram um computador com os periféricos tradicionais, teclado e rato, e um SmartBoard.

No início de cada sessão a aplicação era demonstrada aos participantes, sendo demonstradas as várias funcionalidades, assim como os gestos correspondentes a cada uma das acções. A figura 29 apresenta os gestos interpretados pela aplicação.



**Figura 29: Dicionário Gestual da aplicação**

O procedimento durante as sessões experimentais foi semelhante ao do estudo anterior, com uma fase inicial de replicação de um documento, seguida de uma fase de correcção do mesmo, sendo que nesta fase só um utilizador tinha acesso ao documento. Em cada sessão este processo era repetido duas vezes, de forma a ambos os membros da equipa poderem coordenar as alterações na fase de correcção.

No final de cada sessão os participantes preencheram um questionário, onde avaliaram as modalidades de interacção gestual e clássica (através de botões e menus), numa escala de 5 pontos, onde 1 significava a menos cómoda e 5 a modalidade mais cómoda para realizar cada acção. Estiveram envolvidos nas sessões três equipas, num total de seis participantes. Nenhum dos participantes, esteve envolvido nas sessões experimentais do estudo anterior. Ao contrário do estudo anterior, em todas as sessões, ambos os membros da equipa estavam na mesma sala, sendo que o participante que se encontrava no computador tinha acesso visual ao SmartBoard, ao contrário do que sucedia com o participante do SmartBoard, que não tinha acesso visual ao ecrã do computador.

A figura 30 exibe os quatro documentos a replicar, sendo que os documentos 1 e 3 foram usados na fase de replicação, e os documentos dois e quatro na fase de correcção.

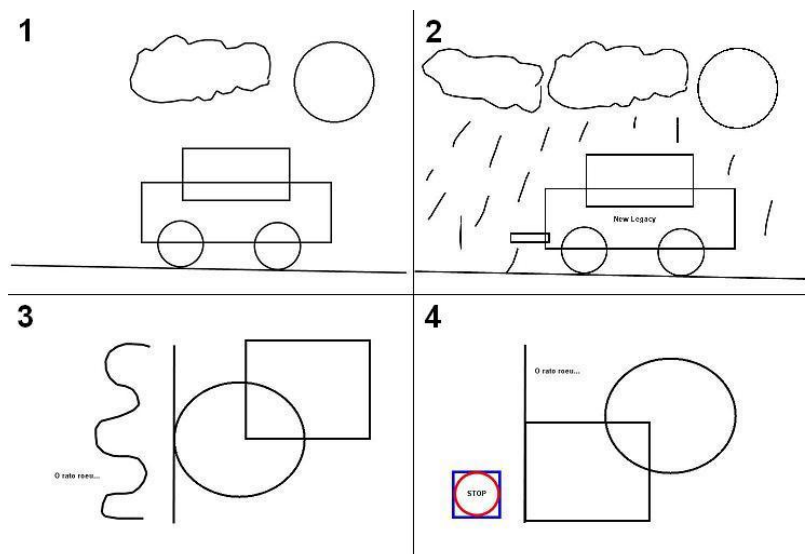


Figura 30: Os quatro documentos a replicar.

### 4.2.3 Resultados

Quando era exposto o primeiro documento, ambos os participantes rapidamente dividiam as tarefas com base nas posições das formas. Por exemplo, um ficava com o céu e o outro com o carro. No segundo documento, tal como aconteceu no estudo anterior, em todas as sessões de teste o participante do computador ficava responsável pela introdução de texto, ao passo que o colega desenhava e reposicionava os vários objectos. No terceiro documento, excepção feita ao texto que foi sempre delegado no utilizador do computador, a divisão de tarefas foi mais uma vez baseada na posição dos objectos, tendo como grande referência a linha vertical no centro do documento, sendo que cada participante ficava responsável por replicar um dos lados. Por fim, no quarto e último documento, assistiu-se a uma maior diversidade de divisão de tarefas entre os vários pares de participantes. O único factor em comum foi, mais uma vez, a introdução de texto ter ficado a cargo do participante do computador.

No que diz respeito à utilização de gestos, foi observado que a interacção gestual era mais facilmente adoptada pelos participantes que se encontravam no SmartBoard, onde os gestos eram realizados directamente na superfície de interacção. Os gestos mais utilizados pelos participantes durante as sessões foram os gestos para desenhar formas geométricas, como o rectângulo e a elipse, o refazer e desfazer (“undo/redo”) e o apagar objectos. Apesar de terem sido bastante utilizados pelos participantes, nem sempre os gestos para refazer e desfazer, foram reconhecidos correctamente, o que era por vezes irritante, já que os participantes tentavam desfazer acções e acabavam por criar ainda

mais acções que não pretendiam. Este facto levou ao abandono destes gestos à medida que a sessão progredia.

A tabela 15 apresenta os resultados dos questionários preenchidos pelos participantes no final de cada sessão, onde avaliaram a modalidade de interacção gestual e tradicional, numa escala de 5 pontos, onde 1 significava a menos cómoda e 5 a modalidade mais cómoda para realizar cada acção. A tabela está dividida em três grandes grupos. No primeiro são apresentados os resultados dos questionários dos três participantes que interagiram com o SmartBoard. No segundo os resultados dos três participantes que interagiram com o computador. Por último apresentam-se os resultados do total dos seis participantes.

**Tabela 15: Resultados dos questionários**

Acções	SmartBoard		Computador		Total	
	Gestos	Tradicional	Gestos	Tradicional	Gestos	Tradicional
<i>Inserir Rectângulo</i>	4.7	4.0	4.7	5.0	4.7	4.5
<i>Inserir Elipse</i>	5.0	3.7	4.7	5.0	4.8	4.3
<i>Inserir Linha</i>	4.3	4.0	3.3	5.0	3.8	4.5
<i>Desenhar Livre</i>	4.3	3.3	3.3	4.3	3.8	3.8
<i>Inserir Texto</i>	1.7	4.7	2.3	5.0	2.0	4.8
<i>Apagar</i>	3.7	3.7	3.0	4.7	3.3	4.2
<i>Desfazer / Refazer</i>	4.3	4.0	3.3	5.0	3.8	4.5
<i>Novo Quadro</i>	5.0	4.7	4.7	5.0	4.8	4.8

Apesar da reduzida amostra, foram realizados *t-tests* de amostras emparelhadas, quer aos resultados dos utilizadores do SmartBoard, quer aos resultados dos utilizadores do PC, quer à totalidade dos utilizadores. Os únicos resultados significativos dizem respeito à acção de escrita de texto, em que a forma tradicional de interacção (o teclado) foi significativamente preferida, quer no caso do SmartBoard ( $t(4)=3,899$ ,  $p=0,018$ ), quer no caso do Computador ( $t(4)=2,835$ ,  $p=0,047$ ), quer pela totalidade dos utilizadores ( $t(10)=4,608$ ,  $p=0,001$ ).

#### 4.2.4 Discussão

Como se pode observar pelos resultados dos questionários, e já tinha ficado claro através da observação das sessões, os gestos tiveram uma maior aceitação por parte dos utilizadores que se encontravam no SmartBoard, ao contrário da interacção clássica que registou as pontuações mais altas no computador. Esta observação é expectável, uma vez que os utilizadores ao terem disponíveis os periféricos clássicos, como o rato e teclado, preferem a interacção tradicional a que já estão habituados através de botões e menus.

Ao analisar os resultados totais, verifica-se que a interacção tradicional obteve melhores pontuações na maioria das acções, excepção feita à inserção de rectângulo e elipse. Os gestos destas acções demonstram ser uma mais-valia, uma vez que são mais práticos e intuitivos do que a interacção tradicional. Para desenhar um rectângulo ou elipse na modalidade tradicional, é necessário escolher essa acção através de um botão ou menu, e de seguida desenhar no quadro a área onde se pretende inserir a forma. Já com a interacção gestual, basta desenhar um gesto em forma de rectângulo ou elipse, que automaticamente a aplicação detecta a dimensão e localização e transforma o gesto num objecto.

Depois de observar as várias sessões experimentais, conclui-se que a interacção gestual não é igualmente apta para todas as plataformas, o que ficou bem patente nos resultados dos questionários. O SmartBoard demonstrou que a interacção gestual através do seu ecrã tátil, oferecendo reconhecimento gestual não perceptual, torna-se mais apetecível do que na plataforma do computador.

Um problema sempre patente com a utilização de gestos é a possível falta de eficácia do seu reconhecimento. Durante as sessões, um dos gestos que nem sempre foi reconhecido com sucesso foi o refazer e desfazer, o que se revelou mais grave por se tratar de uma acção crítica. Apesar de os gestos serem uma interacção muito popular hoje em dia, continuam a colocar alguns desafios tecnológicos, que acabam por depreciar uma interacção fluida e eficiente, o que limita a sua utilização em aplicações interactivas, e, conseqüentemente, cenários colaborativos.

Para fomentar a adopção de interacções gestuais, um dos requisitos será a definição de um dicionário gestual que deve ser intuitivo, e que revele ser uma mais-valia face à interacção tradicional. Por outras palavras, o mapeamento dos gestos para os comandos ou acções, no contexto da tarefa a ser realizada pelo utilizador, deve ser o mais intuitivo e natural possível. Um exemplo de um mapeamento gestual que revelou estas características foi o inserir rectângulo e elipse, bastante intuitivo e natural, já que o gesto em si acaba por ser a forma do resultado do mapeamento, e uma mais-valia já que é mais fácil e prático em comparação com a interacção tradicional.



## Capítulo 5

### Conclusões e Trabalho Futuro

Neste capítulo apresentam-se as conclusões e abrem-se perspectivas para trabalho futuro.

#### 5.1 Conclusões

Neste trabalho exploraram-se as possibilidades que a interacção por toque oferece, considerando cenários de interacção individual e colaborativa, incluindo sempre superfícies de grandes dimensões que suportem este género de interacção. Com este propósito realizou-se um conjunto de estudos capaz de contribuir para uma melhor compreensão dos diversos factores que afectam a experiência de utilização nos referidos cenários.

Os primeiros três estudos, apresentados no capítulo 3, exploram a utilização da interacção gestual numa superfície de grandes dimensões. Tal como foi confirmado em sessões experimentais, os paradigmas clássicos não foram originalmente concebidos para ecrãs de grande dimensão, ou para sistemas sem as modalidades de interacção clássicas, como o rato e o teclado.

Através dos resultados de várias sessões experimentais, foi possível inferir quais as modalidades preferidas pelos participantes para diferentes tipos de acções e cenários. Ficou bem patente que a interacção gestual não substitui as interfaces *standard* e que cada modalidade tem os seus pontos fortes e fracos. O uso de gestos pode sim complementar as modalidades de interacção clássicas, de forma a minimizar os problemas que estas enfrentam em ecrãs de grandes dimensões.

Um exemplo onde a manipulação directa oferecida pelas interfaces WIMP não demonstrou ser uma opção prática, verificou-se quando um utilizador tentou apagar um ficheiro num SmartBoard. Com a manipulação directa o utilizador arrasta o ficheiro para o cesto de reciclagem. Esta pode ser a opção mais prática quando a superfície de interacção é pequena, o ficheiro está próximo do cesto de reciclagem, e este não está coberto por uma janela. Mas quando essas condições não são satisfeitas, efectuar um

gesto simples, como era o caso de um "X" sobre uma representação do ícone de um ficheiro, é mais prático e exequível.

Os questionários realizados no final das sessões experimentais demonstraram uma grande utilidade, pois através deles foi possível encontrar um padrão entre as características das várias acções, e as respectivas modalidades preferidas pelos utilizadores. O teclado foi eleito nas acções onde os utilizadores regularmente utilizam atalhos, ou seja acções que são disparadas através de uma tecla, ou de uma simples combinação de teclas, como o copiar, colar e apagar. O rato demonstrou ser preferido nas acções que envolviam uma manipulação directa de um controlo da interface, ou seja acções disparadas por um simples botão ou ícone. Já os gestos, mostraram ser uma mais-valia quando os utilizadores interagem directamente com objectos, como imagens, ícones ou mapas.

Posteriormente, testaram-se várias técnicas que através de interacção gestual, visam a resolução de problemas existentes com os paradigmas *standard*, em ecrãs de grande dimensão. Compararam-se quatro metodologias: técnicas de selecção múltipla de objectos, uma vez que a técnica de selecção *standard* utilizada no WIMP apresenta algumas lacunas em grandes superfícies; técnicas de confirmação gestual, para minimizar a falta de fiabilidade no reconhecimento gestual; métodos de visualização gestual, de forma a aumentar o *feedback* do sistema; e paradigmas de arrastamentos de objectos, onde se comparou o tradicional "Drag-and-Drop" com várias alternativas.

Para permitir comparar os vários métodos, foi desenvolvida uma aplicação de teste que integrou as diferentes técnicas para cada método. Esta aplicação foi posteriormente testada por utilizadores em várias sessões experimentais.

Através das sessões experimentais, foi comprovado que muitos dos paradigmas clássicos como o "Drag-and-Drop", não apresentam a mesma performance no contexto das grandes superfícies, sendo necessário procurar alternativas válidas adaptadas ao contexto das aplicações. Um dos problemas que ficou bem patente nas sessões experimentais foi a falta de confiança dos utilizadores na utilização de gestos, sobretudo devido à falta de experiência com este tipo de interacção, e à falta de fiabilidade das tecnologias de reconhecimento gestual. Alguns dos mecanismos de suporte explorados neste estudo, que em parte atenuaram estes problemas, foram o *feedback* visual do sistema em tempo real, com o sistema a desenhar os pontos correspondentes ao toque na superfície, e técnicas de confirmação, ou seja, mecanismos que permitiam, com máxima facilidade e segurança, retroceder e cancelar uma operação.

Com este estudo concluiu-se que a escolha das técnicas indirectas, inerentes ao suporte da interacção gestual, assim como do dicionário semafórico gestual, é de



extrema importância para uma possível massificação da adopção dos gestos, neste contexto.

Os últimos dois estudos realizados, apresentados no capítulo 4, abrangeram o impacto que a interacção gestual tem na cooperação entre pessoas, e como esta pode contribuir para o *design* de aplicações colaborativas. Foi desenvolvida uma aplicação de quadro interactivo colaborativa, testada em sessões experimentais, em duas plataformas, cada uma oferecendo modalidades de interacção diferentes, de forma a compreender como os utilizadores atribuíam as tarefas entre eles.

Os resultados confirmaram a hipótese inicial, ou seja, os utilizadores escolheram as tarefas baseados nas características destas e de acordo com os pontos fortes de cada plataforma. Um dos resultados que melhor corroborou esta hipótese foi a introdução de texto, tendo sido permanentemente realizada na plataforma onde se encontrava o teclado.

Uma observação bastante interessante, foi o facto de os gestos terem tido uma maior aceitação por parte dos utilizadores que se encontravam na plataforma do SmartBoard, o que pode ser interpretado como este tipo de interacção ter maiores potencialidades no contexto das grandes superfícies. Já na plataforma do computador as interacções clássicas foram as preferidas, em parte devido aos utilizadores terem disponíveis os periféricos clássicos, a que estão habituados.

Um problema sempre patente com a utilização de gestos é a possível falta de eficácia do seu reconhecimento, o que pode acabar por desmotivar os utilizadores, e provocar o seu abandono. Durante as sessões, um dos gestos que nem sempre foi reconhecido com sucesso foi o refazer e desfazer, o que se revelou mais grave por se tratar de uma acção crítica. Apesar de os gestos serem uma interacção muito popular hoje em dia, continuam a colocar alguns desafios tecnológicos, que acabam por depreciar uma interacção fluida e eficiente, o que limita a sua utilização em aplicações interactivas, e, consequentemente, cenários colaborativos.

A interacção gestual ainda não atingiu o nível de maturidade das interacções comuns, encontrando-se mesmo numa fase muito precoce, sem ter sido ainda caracterizada em detalhe suficiente. Com este trabalho pretendeu-se contribuir para a evolução deste tipo de interacção, no âmbito dos ecrãs de grande dimensão.

## 5.2 Trabalho Futuro

Os gestos são um tipo de interacção que se encontra hoje muito em voga, nas mais variadas plataformas computacionais. Este trabalho centrou-se na sua utilização em superfícies de grande dimensão, mas no futuro seria de grande utilidade estudar as diferenças que existem neste tipo de interacção nas várias plataformas, e saber até que ponto as mesmas técnicas e mapeamentos poderão ser utilizadas em todas elas. Seria interessante perceber se, por exemplo, o dicionário gestual obtido dos estudos realizados faz sentido fora do contexto dos ecrãs de grandes dimensões, como em dispositivos móveis ou *Tablet PC's*.

Outra observação que seria interessante realizar, era perceber até que ponto os problemas demonstrados com este tipo de interacção nas grandes superfícies, são transversais entre às várias plataformas, ou se pelo contrário se tratam de problemas próprios de cada uma. Este tipo de observação contribuiria para a elaboração de técnicas transversais, que visassem resolver os problemas e limitações comuns deste tipo de interacção nas mais variadas plataformas, o que facilitaria o desenho das aplicações baseadas em gestos, e a respectiva adopção por parte dos utilizadores.

Os desenvolvimentos futuros irão considerar uma evolução da aplicação de quadro branco interactivo, de forma a incluir funcionalidades requeridas pelos participantes, mas também outras destinadas a melhorar a colaboração, assim como corrigir algumas falhas detectadas durante as sessões experimentais. Uma das funcionalidades com potencialidade de ser estendida é o enriquecimento da componente gestual, aumentando o vocabulário gestual, e tornando-o cada vez mais prático e intuitivo. Copiar, colar e cortar são algumas das acções que no futuro poderão ser realizadas através de gestos.

## Bibliografia

Alpern, M., and K. Minardo. "Developing a car gesture interface for use as a secondary task." *CHI: Human factors in computing systems*. New York, NY, USA: ACM Press, 2003. 932-933.

Barrientos, F.A., e J.F. Canny. "Cursive: controlling expressive avatar gesture using pen gesture." *international conference on Collaborative virtual environments*. New York, NY, USA: ACM Press, 2002. 113-119.

Baudisch, P., E. Cutrell, e G. G. Robertson. "High-density cursor: a visualization technique that helps users keep track of fast-moving mouse cursors." *INTERACT*. New York, NY, USA: ACM Press, 2003. 236-243.

Baudisch, P., et al. "Drag-and-pop and drag-and-pick: Techniques for accessing remote screen content on touch- and pen-operated systems." *INTERACT*. New York, NY, USA: ACM Press, 2003. 57-64.

Benko, H., A. D. Wilson, e P Baudisch. "Precise selection techniques for multi-touch screens." *SIGCHI: conference on Human Factors in computing systems*. New York, NY, USA: ACM Press, 2006. 1263–1272.

Bezerianos, A., e R. Balakrishnan. "The vacuum: facilitating the manipulation of distant objects." *SIGCHI conference on Human factors in computing systems*. New York, NY, USA: ACM Press, 2005. 361–370.

Bolt, R.A. "Put-that-there: Voice and gesture at the graphics interface." *Computer graphics and interactive techniques*. New York, NY, USA: ACM Press, 1980. 262-270.

Bolt, R.A., e E. Herranz. "Two-handed gesture in multi-modal natural dialog." *ACM symposium on User interface software and technology*. New York, NY, USA: ACM Press, 1992. 7-14.

Brewster, S., J. Lumsden, M. Bell, M. Hall, e S. Tasker. "Multimodal 'eyes-free' interaction techniques for wearable devices." *SIGCHI conference on Human factors in computing systems*. New York, NY, USA: ACM Press, 2003. 473-480.

Buxton, W., E. Fiume, R. Hill, A. Lee, e C. Woo. “Continuous hand-gesture driven input.” *Graphics Interface*. New York, NY, USA: Canadian Man-Computer Communications Society, 1983. 191-195.

Buxton, W., R. Hill, e P. Rowley. “Issues and techniques in touch-sensitive tablet input.” *conference on Computer graphics and interactive techniques*. New York, NY, USA: ACM Press, 1985. 215-224.

Cao, X., e R. Balakrishnan. “Visionwand: interaction techniques for large displays using a passive wand tracked in 3D.” *ACM symposium on User interface software and technology*. New York, NY, USA: ACM Press, 2003. 173-182.

Cohen, P.R., et al. “Quickset: multimodal interaction for distributed applications.” *ACM international conference on Multimedia*. New York, NY, USA: ACM Press, 1997. 31-40.

Crowley, J.L., J. Coutaz, e F. Bérard. “Perceptual user interfaces: things that see.” *Commun. ACM*. New York, NY, USA: ACM Press, 2000. 54-59.

Czerwinski, M., G. Smith, T. Regan, B. Meyers, G. Robertson, e G. Starkweather. “Toward characterizing the productivity benefits of very large displays.” *Human-Computer Interaction—INTERACT '03*. IOS Press, 2003. 9–16.

Dachille, F., e A. Kaufman. “High-degree temporal antialiasing.” *Computer Animation*, 2000. 49–54.

Davis, J.W., e S. Vaks. “A perceptual user interface for recognizing head gesture acknowledgments.” *Workshop on Perceptive user interfaces*. New York, NY, USA: ACM Press, 2001. 1-7.

Eisenstein, J., e R. Davis. “Visual and linguistic information in gesture classification.” *international conference on Multimodal interfaces*. New York, NY, USA: ACM Press, 2004. 113-120.

Fitts, P. M. “The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement.” 1954. 381–391.

Grossman, T., D. Wigdor, e R. Balakrishnan. “Multi-finger gestural interaction with 3d volumetric displays.” *ACM symposium on User interface software and technology*. New York, NY, USA: ACM Press, 2004. 61-70.

Grossman, T., e R. Balakrishnan. “The bubble cursor: enhancing target acquisition by dynamic resizing of the cursor’s activation area.” *SIGCHI conference on Human factors in computing systems*,. New York, NY, USA: ACM Press, 2005. 281–290.

Guiard, Y., R. Blanch, e M. Beaudouin-lafon. "Object pointing: a complement to bitmap pointing in guis." *GI conference on Graphics Interface*. Waterloo, Ontario, Canada, 2004. 9–16.

Gutwin, C., e R. Penner. "Improving interpretation of remote gestures with telepointer traces." *ACM conference on Computer supported cooperative work*. New York, NY, USA: ACM Press, 2002. 49-57.

Harrison, B.L., K.P. Fishkin, A. Gujar, C. Mochon, e R. Want. "Squeeze me, hold me, tilt me! an exploration of manipulative user interfaces." *SIGCHI conference on Human factors in computing systems*. New York, NY, USA: ACM Press, 1998. 17-24.

Hascoët, M. "Throwing models for large displays." *Human-Computer Interaction*. New York, NY, USA: ACM Press, 2003. 73-77.

Hinckley, K. "Synchronous gestures for multiple persons and computers." *ACM symposium on User interface software and technology*. New York, NY, USA: ACM Press, 2003. 149-158.

Jin, Y.K., et al. "Gia: design of a gesture-based interaction photo album." *Personal Ubiquitous Comput*. New York, NY, USA: ACM Press, 2004. 227-233.

Karam, M., e M.C. Schraefel. "A study on the use of semaphoric gestures to support secondary task interactions." *CHI: Human factors in computing systems*. New York, NY, USA: ACM Press, 2005. 1961-1964.

Kettebekov, S. "Exploiting prosodic structuring of coverbal gesticulation." *international conference on Multimodal interfaces*. New York, NY, USA: ACM Press, 2004. 105-112.

Khan, A., G. Fitzmaurice, D. Almeida, N. Burtnyk, e G. Kurtenbach. "A remote control interface for large displays." *UIST '04: User interface software and technology*. New York, NY, USA: ACM Press, 2004. 127–136.

Khan, A., J. Matejka, G. Fitzmaurice, e G. Kurtenbach. "Spotlight: directing users' attention on large displays." New York, NY, USA: ACM Press, 2005. 791–798.

Klemmer, S. R., M. W. Newman, R. Farrell, M. Bilezikjian, e J. A. Landay. "The designers' outpost: a tangible interface for collaborative web site." *UIST '01: User interface software and technology*. New York, NY, USA: ACM Press, 2001. 1–10.

Kuzuoka, H., T. Kosuge, e M. Tanaka. "Gesturecam: a video communication system for sympathetic remote collaboration." *ACM conference on Computer supported cooperative work*. New York, NY, USA: ACM Press, 1994. 3543.

Lenman, S., L. Bretzner, e B. Thuresson. “Using marking menus to develop command sets for computer vision based hand gesture interfaces.” *Nordic conference on Human-computer interaction*. New York, NY, USA: ACM Press, 2002. 239-242.

Mackenzie, I. S. “Fitts’ law as a research and design tool in human-computer interaction.” 1992. 91–139.

Malik, S., A. Ranjan, e R. Balakrishnan. “Interacting with large displays from a distance with vision-tracked multi-finger gestural input.” *UIST '05: User interface software and technology*. New York, NY, USA: ACM Press, 2005. 43–52.

Matsushita, N., e J. Rekimoto. “Holowall: designing a finger, hand, body, and object sensitive wall.” *UIST '97: User interface software and technology*. New York, NY, USA: ACM Press, 1997. 209–210.

Mcguffin, M. J., e R. Balakrishnan. “Fitts’ law and expanding targets: Experimental studies and designs for user interfaces.” *Trans. Comput.-Hum. Interact.* New York, NY, USA: ACM Press, 2005. 12, 4, 388–422.

Mehta, N. “A Flexible Machine Interface.” *M.A.Sc. Thesis*. Department of Electrical Engineering: University of Toronto supervised by Professor K.C. Smith., 1982.

Minsky, M.R. “Manipulating simulated objects with real-world gestures using a force and position sensitive screen.” *Computer graphics and interactive techniques*. New York, NY, USA: ACM Press, 1984. 195-203.

Moyle, M., e A. Cockburn. “The design and evaluation of a flick gesture for back and forward in web browsers.” *Australian user interface conference on User interfaces*. New York, NY, USA: Australian Computer Society, Inc., 2003. 39-46.

Nakatani, L. H., e J. A. Rohrlich. “Soft machines: A philosophy of user-computer interface design.” *SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. New York, NY, USA: ACM Press, 1983. 19-23.

Ni, T., G. S. Schmidt, O. G. Staadt, M. A. Livingston, R. Ball, e R. May. “A Survey of Large High-Resolution Display Technologies.” *EEE Conference on Virtual Reality*. Washington, DC: IEEE Computer Society, 2006. 223-236.

Ou, J., S.R. Fussell, X. Chen, L.D. Setlock, e J. Yang. “Gestural communication over video stream: supporting multimodal interaction for remote collaborative physical tasks.” *international conference on Multimodal interfaces*. New York, NY, USA: ACM Press, 2003. 242-249.

Paradiso, J.A., K. Hsiao, J. Strickon, J. Lifton, e A. Adler. “Sensor systems for interactive surfaces.” *IBM Syst*, 2000. J. 39, 3-4, 892-914.

Pastel, R., e N. Skalsky. “Demonstrating information in simple gestures.” *international conference on Intelligent user interfaces*. New York, NY, USA: ACM Press, 2004. 360-361.

Patel, S.N., J.S. Pierce, e G.D. Abowd. “A gesture-based authentication scheme for untrusted public terminals.” *ACM symposium on User interface software and technology*. New York, NY, USA: ACM Press, 2004. 157-160.

Potter, R. L., L. J. Weldon, e B. Shneiderman. “Improving the accuracy of touch screens: an experimental evaluation of three strategies.” *SIGCHI: conference on Human factors in computing systems*. New York, NY, USA: ACM Press, 1988. 27–32.

Quek, F., et al. “Multimodal human discourse: gesture and speech.” *ACM Trans.Comput.-Hum. Interact.* New York, NY, USA: ACM Press, 2002. 171-193.

Rekimoto, J. “Pick-and-drop: a direct manipulation technique for multiple computer environments.” *ACM Symposium on User interface Software and Technology*. New York, NY, USA: ACM Press, 1997. 31-39.

Rekimoto, J. “Smartskin: an infrastructure for freehand manipulation on interactive surfaces.” *SIGCHI conference on Human factors in computing systems*. New York, NY, USA: ACM Press, 2002. 113-120.

Rekimoto, J., T. Ishizawa, C. Schwesig, e H. Oba. “Presense: interaction techniques for finger sensing input devices.” *ACM symposium on User interface software and technology*. New York, NY, USA: ACM Press, 2003. 203-212.

Robertson, G., et al. “Scalable fabric: flexible task management.” *AVI '04: Advanced visual interfaces*. New York, NY, USA: ACM Press, 2004. 85–89.

Robertson, G., M. Czerwinski, P. Baudisch, b. Meyers, D. Robbins, e G. Smith. “The largedisplay user experience.” *IEEE Comput. Graph. Appl.* 25, 4, 44–51., 2005.

Rubine, D. “Combining gestures and direct manipulation.” *SIGCHI conference on Human factors in computing systems*. New York, NY, USA: ACM Press, 1992. 659-660.

Schiphorst, T., R. Lovell, e N Jaffe. “Using a gestural interface toolkit for tactile input to a dynamic virtual space.” *CHI Human factors in computing systems*. New York, NY, USA: ACM Press, 2002. 754-755.

Schmandt, C., J. Kim, K. Lee, G. Vallejo, e M. Ackerman. “Mediated voice communication via mobile ip.” *ACM symposium on User interface software and technology*. New York, NY, USA: ACM Press, 2002. 141-150.

Shoemaker, G., A. Tang, e K. S. Booth. "Shadow reaching: a new perspective on interaction for large displays." *ACM symposium on User interface software and technology*. Newport, Rhode Island, USA: ACM Press, 2007. 53-56.

Smith, G.M., e M.C. Schraefel. "The radial scroll tool: scrolling support for stylus or touch-based document navigation." *ACM symposium on User interface software and technology*. New York, NY, USA: ACM Press, 2004. 53-56.

Song, C.G., N.J. Kwak, e D.H. Jeong. "Developing an efficient technique of selection and manipulation in immersive v.e." *ACM symposium on Virtual reality software and technology*. New York, NY, USA: ACM Press, 2000. 142-146.

Stotts, D., J.M. Smith, e K. Gyllstrom. "Facespace: endo- and exo-spatial hypermedia in the transparent video facetop." *ACM conference on Hypertext & hypermedia*. New York, NY, USA: ACM Press, 2004. 48-57.

Streitz, N.A., et al. "I-land: an interactive landscape for creativity and innovation." *SIGCHI conference on Human factors in computing systems*. New York, NY, USA: ACM Press, 1999. 120-127.

Tan, D. S., D. Gergle, P. G. Scupelli, e R. Pausch. "Physically large displays improve path integration in 3d virtual navigation tasks." *SIGCHI conference on Human factors in computing systems*,. New York, NY, USA: ACM Press, 2004. 439-446.

Ullmer, B., e H. Ishii. "The metadesk: models and prototypes for tangible user interfaces." *UIST '97: User interface software and technology*. New York, NY, USA: ACM Press, 1997. 223-232.

van Dam, A. "Post-WIMP user interfaces." *Communications of the ACM* 40(2). New York, NY, USA: ACM Press, 1997. 63-67.

Vogel, D., e R. Balakrishnan. "Distant freehand pointing and clicking on very large, high resolution displays." *UIST '05: User interface software and technology*. New York, NY, USA: ACM Press, 2005. 33-42.

von Hardenberg, C., e F. Berard. "Bare-hand human-computer interaction." *Workshop on Perceptive User Interfaces*. New York, NY, USA: ACM Press, 2001. 113-120.

Wagner, A., P. Curran, e R. O'Brien. "Drag me, drop me, treat me like an object." *SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. New York, NY, USA: ACM Press, 1995. 525-530.

Wilson, A. D. "Touchlight: an imaging touch screen and display for gesture-based interaction." *ICMI '04: international conference on Multimodal interfaces*. New York, NY, USA: ACM Press, 2004. 69-76.



Wilson, A., e S. Shafer. "Xwand: Ui for intelligent spaces." *SIGCHI conference on Human factors in computing systems.* New York, NY, USA: ACM Press, 2003. 545-552.

Wolf, C.G., e J.R. Rhyne. "Gesturing with shared drawing tools." *NTERACT: conference companion on Human factors in computing systems.* New York, NY, USA: ACM Press, 1993. 137-138.

Wu, M., e R. Balakrishnan. "Multi-finger and whole hand gestural interaction techniques for multi-user tabletop displays." *ACM symposium on User interface software and technology.* New York, NY, USA: ACM Press, 2003. 193-202.

Zelevnik, R., e A. Forsberg. "Unicam - 2d gestural camera controls for 3d environments." *Symposium on Interactive 3D graphics.* New York, NY, USA: ACM Press, 1999. 169-173.

Zhao, S., e R. Balakrishnan. "Simple vs. compound mark hierarchical marking menus." *ACM symposium on User interface software and technology.* New York, NY, USA: ACM Press, 2004. 33-42.