

MARYLIA GUTIERREZ

ANÁLISE DE MÉTODOS PARA CRIAÇÃO DE VOCABULÁRIO DE GESTOS
PARA APLICAÇÕES EM SUPERFÍCIE MULTI-TOQUE

São Paulo
2015

MARYLIA GUTIERREZ

ANÁLISE DE MÉTODOS PARA CRIAÇÃO DE VOCABULÁRIO DE GESTOS
PARA APLICAÇÕES EM SUPERFÍCIE MULTI-TOQUE

Dissertação apresentada à Escola Politécnica
da Universidade de São Paulo para obtenção
do título de mestre em Ciências

São Paulo
2015

MARYLIA GUTIERREZ

ANÁLISE DE MÉTODOS PARA CRIAÇÃO DE VOCABULÁRIO DE GESTOS
PARA APLICAÇÕES EM SUPERFÍCIE MULTI-TOQUE

Dissertação apresentada à Escola Politécnica
da Universidade de São Paulo para obtenção
do título de mestre em Ciências

Área de concentração:
Engenharia Elétrica

Orientador:
Ricardo Nakamura

São Paulo
2015

Este exemplar foi revisado e corrigido em relação à versão original, sob responsabilidade única do autor e com a anuência de seu orientador.

São Paulo, 04 de Maio de 2015

Assinatura do autor: *Marylia Gutierrez*

Assinatura do orientador: _____

Catálogo-na-publicação

Gutierrez, Marylia

Análise de métodos para criação de vocabulário de gestos para aplicações em superfície multi-toque / M. Gutierrez -- versão corr. -- São Paulo, 2015.

82 p.

Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Computação e Sistemas Digitais.

1. Vocabulário de gestos (Métodos; Criação) 2. Tabletop I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Computação e Sistemas Digitais II.t.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a meus pais,
Alfonso e Rita,
minha irmã Nathália e
a meu namorado Luiz

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Prof. Dr. Ricardo Nakamura pela orientação, ajuda e oportunidade de realização deste trabalho.

À Profa. Dra. Lucia Vilela Leite Filgueiras pela carta de recomendação para o mestrado, ajuda e contribuição no decorrer do trabalho.

À Profa. Dra. Selma Melnikoff pelo apoio e carta de recomendação para o mestrado.

À Profa. Dra. Denise Dantas pela contribuição no decorrer do trabalho.

Aos meus pais, Alfonso e Rita, e irmã, Nathália, pelo apoio e ajuda para término do mestrado, assim como chegar aonde cheguei.

Ao meu namorado, Luiz, pela paciência, ajuda, leituras de texto, incentivo e companheirismo durante todas as etapas do mestrado.

Aos amigos Maurício Cirelli, Helder P. Paulo e Eric A. Liou, pela ajuda, leituras de texto e incentivo para o término do mestrado.

Aos demais amigos e familiares por sempre estarem perguntando a respeito do trabalho e torcendo para seu término.

Aos integrantes do InterLab pelo apoio.

Aos colegas da Taqtile pela ajuda e me deixarem realizar horários flexíveis para cumprir as matérias necessárias.

Aos colegas da IBM pelo apoio.

Aos professores da USP que de alguma forma contribuíram para o trabalho.

A todos aqueles que de alguma forma mostraram interesse pelo trabalho e que tiveram seu nome aqui omitido de forma involuntária.

A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu, mas pensar o que ninguém ainda pensou sobre aquilo que todo mundo vê

(Arthur Schopenhauer)

RESUMO

Este trabalho apresenta um estudo na área de mesas interativas e uso de gestos como forma de entrada. Primeiramente é analisado um conjunto representativo de métodos de elicitación existentes que geram um vocabulário de gestos para aplicações de superfícies multi-toque, como mesas interativas. Algumas das características analisadas são: custos, clareza de informações e se avalia o vocabulário final criado. São obtidos, assim, os pontos positivos e negativos dos métodos. Em seguida, as informações obtidas na análise feita, juntamente com outras informações e definições na área, permitiram a criação de um metamétodo. Esse metamétodo pode ser utilizado como base para criação de métodos, pois define desde a escolha de quais usuários utilizar nos testes até o desenvolvimento da aplicação utilizando o vocabulário de gestos criado.

Palavras-chave: Vocabulário de gestos (Métodos; Criação). Tabletop.

ABSTRACT

This work details a study in the area of interactive tables and the use of gestures as input. First, a representative set of elicitation methods that create a vocabulary of gestures for multi-touch surface application, such as interactive tables, are analyzed. Some of the characteristics analyzed are: costs, clarity of informations and whether the final vocabulary of gestures is evaluated afterwards. This way the pros and cons of the methods are established. The insights obtained in the analysis, along with other information and definitions on the area, allowed the creation of a metamethod. This metamethod can be used as a basis for creating other methods, since it defines all the steps required, from the selection of users for the test to the development of the application that will use the vocabulary of gestures created.

Keywords: Vocabulary of gestures (Methods; Criation). Tabletop

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Microsoft Pixel Sense	21
Figura 2	I-VOLUCE	22
Figura 3	DiamondTouch	22
Figura 4	Aplicação para rascunho e modelagem de arquiteturas	23
Figura 5	SongExplorer	25
Figura 6	Spacelanes	26
Figura 7	Exemplo de imagem exibida ao usuário	29
Figura 8	Associação feita por um participante	30
Figura 9	Imagens utilizadas nos slides	33
Figura 10	Labirinto utilizado no experimento de Brandl et al.	35
Figura 11	Aplicação utilizada no teste de Hornecker	37
Figura 12	Teste realizado por Frisch et al.	41
Figura 13	Metamétodo	58
Gráfico 1	Problemas de usabilidade encontrados por número de usuários testados [57]	60
Figura 14	Movimentos da mão[61]	69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Vantagens e desvantagens do uso de toque e de caneta em <i>tabletops</i> .	35
Tabela 2	Matriz de decisão para o custo	45
Tabela 3	Matriz de decisão para o nível de detalhamento	45
Tabela 4	Resumo dos métodos	47
Tabela 5	Exemplo de classificação de gestos	66
Tabela 6	Gesto escolhido para cada ação	66
Tabela 7	Quantidade de problemas encontrados por cada método de avaliação [32]	68

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 MOTIVAÇÃO	14
1.2 OBJETIVO	15
1.3 METODOLOGIA	15
1.4 ORGANIZAÇÃO DO TEXTO	16
2 CONCEITOS	17
2.1 USABILIDADE	17
2.2 MESA INTERATIVA	19
2.2.1 Aplicações	23
3 MÉTODOS DE LEVANTAMENTO DE GESTOS	28
3.1 GUESSABILITY	28
3.2 EPPS ET AL.	29
3.3 MICIRE ET AL.	32
3.4 BRANDL ET AL.	34
3.5 HORNECKER	36
3.6 RAKUBUTU ET AL.	38
3.7 FRISCH ET AL.	40
3.8 OBSERVAÇÕES GERAIS	42
4 ANÁLISE DOS MÉTODOS DE ELICITAÇÃO	44
4.1 SÍNTESE DAS CARACTERÍSTICAS DOS MÉTODOS DE ELICITAÇÃO DE GESTOS	44
4.2 GUESSABILITY	48
4.3 EPPS ET AL.	50
4.4 MICIRE ET AL.	51
4.5 BRANDL ET AL.	52
4.6 HORNECKER	53
4.7 RAKUBUTU ET AL.	55
4.8 FRISCH ET AL.	56
4.9 SÍNTESE DAS ANÁLISES DOS MÉTODOS DE ELICITAÇÃO	57
5 METAMÉTODO	58
5.1 ESCOLHA DOS USUÁRIOS	58
5.2 ESCOLHA DAS AÇÕES DA APLICAÇÃO	60

5.3	CRIAÇÃO DOS GESTOS	62
5.4	CRIAÇÃO DO VOCABULÁRIO DE GESTOS	64
5.5	AVALIAÇÃO DO VOCABULÁRIO	66
5.5.1	Usabilidade	67
5.5.2	Ergonomia	69
5.5.3	Reconhecimento técnico	70
5.6	DESENVOLVIMENTO DA APLICAÇÃO	71
5.7	FLUXO	71
6	CONCLUSÃO	73
6.1	TRABALHOS FUTUROS	73

1 INTRODUÇÃO

As tecnologias de interação baseadas em gesto, incluindo toque e captura de movimento, na área de interface homem-computador tem se tornado mais populares desde 2007. É possível encontrar facilmente interfaces que usam gestos, como celulares *smartphones*, *tablets*, mesas interativas e notebooks e desktops com telas sensíveis ao toque. Os gestos manuais são promissores nas interfaces homem-computador, afinal fazem parte da nossa comunicação e do nosso dia a dia [62] e provêm ao usuário uma sensação dele controlar o sistema e não o inverso [2]. No entanto, gestos manuais em interfaces de toque podem combinar direção, sentido, quantidade de dedos, velocidade, postura, etc., criando um desafio para o usuário aprender e memorizar cada gesto e sua função[62], assim como acontece em interfaces com comando de voz ou linha de comando.

Como citado anteriormente, uma das interfaces em que os gestos são utilizados é a mesa interativa. Nestas mesas os gestos manuais podem ser feitos através do toque, acima da mesa ou uma mistura destes dois tipos [44, 7, 90]. O estudo específico de mesas interativas tem crescido continuamente desde 2001, sendo desenvolvidas diversas formas de aplicações para elas, como: socialização de pacientes, terapia ocupacional, jogos, *brainstorming*, videoconferências, reuniões e até mesmo instrumentos musicais [9, 37, 18, 19, 46, 76, 29, 34, 87]. Para cada tipo de aplicação existe uma forma diferente do usuário agir, existindo pesquisas sobre definição dos melhores gestos para a realização de uma determinada tarefa em cada aplicação [27].

Tendemos a pensar que especialistas conseguem elaborar um conjunto de gestos mais adequado para uma determinada aplicação, ou seja, considerados bons sob os pontos de vista ergonômicos, que sejam de rápido reconhecimento e que tenham aceitação de seus usuários finais. Contrariando essa expectativa, existem casos em que gestos criados por usuários comuns foram preferidos [52]. Pode-se inferir por análises teóricas que algum gesto seja melhor (mais rápido, menos custoso, etc) que outro, mas se durante um teste percebe-se que um outro gesto considerado ruim teoricamente é o melhor na prática, ele pode ser escolhido para o produto final [82]. Usuários podem preferir gestos mais simples (fisicamente fáceis ou que demandem menos esforço cognitivo, como uma mão no lugar de duas ou um dedo no lugar de vários), no lugar dos gestos mais complexos escolhidos por especialistas [52].

Os usuários gostam de gestos intuitivos, ou seja, aqueles cuja realização definida pelo design da interface está alinhado com a forma que o usuário espera provê-los [40]. Vários fatores, incluindo o nível de exposição prévia do usuário a diferentes mecanismos de interação, podem influenciar o que o usuário considera intuitivo [68].

Vocabulário de gestos é o nome dado ao grupo de gestos de uma aplicação em uma interface

[61]. Podemos defini-lo de três formas diferentes [61]:

- Escolhendo os que possuem reconhecimento mais rápido tecnicamente;
- Agrupando os gestos criados pelos usuários;
- Selecionando os gestos que são melhores sob ponto de vista ergonômico.

Os métodos relacionados à segunda abordagem são também conhecidos na literatura como métodos de eliciação de gestos. Nesses métodos são os usuários finais quem escolhem os gestos para tarefas concretas, sendo que conhecem a entrada e saída das informações, mas não conhecem o retorno em tempo real do sistema [26].

Com base na pesquisa bibliográfica feita nas bases da ACM, IEEE, Scopus e arXiv até dezembro de 2013, observou-se que nas pesquisas acadêmicas predomina o uso de métodos de eliciação. Também foi possível perceber que não parece haver um método consolidado nesse grupo, ou seja, não foi encontrado um citado como o melhor, nem mesmo análises aprofundadas. Estas duas observações parecem contraditórias, pois esperava-se que com o foco recebido por estes métodos na literatura fosse possível encontrar um melhor ou mesmo existirem análises detalhadas sobre eles. Essa falta de consenso é um ponto importante a ser estudado.

1.1 MOTIVAÇÃO

Com o já citado aumento do uso de gestos nas interfaces, mais empresas passam a utilizá-los e acabam criando produtos semelhantes, aumentando a competição. Acredita-se que quando estes gestos se afastam dos comumente usados nos elementos clássicos de WIMP (windows, icons, menus, pointer) há uma melhora na qualidade das interações de uma mesa interativa [40]. Podemos encontrar testes comparando as mesmas tarefas em interfaces desktop e tabletop, mostrando a existência de comportamentos diferentes[63]. Por isso os desenvolvedores buscam métodos que os auxiliem a criar vocabulários de gestos com qualidade, fazendo os usuários terem preferência por seus produtos.

Escolher qual método utilizar é uma tarefa difícil, pois os desenvolvedores podem não possuir conhecimento suficiente para identificar qual é o melhor para sua aplicação. Os custos dos métodos variam bastante. Alguns métodos podem ter gastos apenas com uso de papel, enquanto outros possuem os gastos do desenvolvimento de uma aplicação piloto com mecanismos de *feedback*. Os custos também incluem as horas de trabalho gastas. Portanto é necessário considerar estes fatores e muitos outros na escolha de qual método utilizar para sua aplicação.

Adicionalmente não foi encontrada uma classificação destes métodos ou análise de suas qualidades e defeitos para que se possa realizar mudanças ou ajustes no seu uso a fim de minimizar ou remover as deficiências do método.

1.2 OBJETIVO

O objetivo desta pesquisa é realizar a análise dos métodos do grupo de elicitação, sistematizando os conhecimentos sobre os mesmos. Desta forma teremos maior clareza das limitações e custos dos métodos, assim como suas qualidades e onde podem ser utilizados. Com isso será possível selecionar o método mais adequado para determinada aplicação.

O segundo objetivo é a criação de um metamétodo a partir das informações obtidas com os dados encontrados durante esta pesquisa. A definição de um modelo que pode ser considerado como uma referência para os outros métodos de elicitação de gestos. Esse metamétodo resulta em mais uma contribuição na área, pois ele permitirá a criação de outros métodos de forma organizada e torna possível a percepção das peculiaridades de cada método.

1.3 METODOLOGIA

Para se alcançar o objetivo foi adotada a seguinte metodologia: primeiramente foi feito um estudo do estado da arte através de pesquisa bibliográfica. Com esse estudo feito, foram detalhados alguns dos métodos de levantamento de gestos. Para se obter os métodos, foi feita uma pesquisa listando diversos encontrados, mas quando dois métodos pareciam ser iguais, era utilizado aquele com maior número de citações em outros artigos. Esse filtro foi feito a fim de obter uma quantidade significativa de métodos que não causasse resultados repetitivos. Em seguida estes métodos foram analisados, observando características como organização, clareza, custo, como avaliam a usabilidade e encontrando as qualidades e defeitos de cada um. Com essa análise feita, os métodos foram comparados entre si, onde foi possível encontrar semelhanças, permitindo uma classificação dos mesmos.

Desta forma o primeiro objetivo foi alcançado, mas para a obtenção do segundo objetivo foram necessárias mais algumas etapas: encontrar o que existia de semelhante em todos esses métodos, verificar problemas recorrentes que deveriam ser melhorados e definir melhor as etapas que não estavam claras nos métodos pesquisados. Assim, foi possível a criação de um metamétodo.

1.4 ORGANIZAÇÃO DO TEXTO

O restante do texto possui mais 5 capítulos com suas respectivas seções.

No capítulo 2 são definidos conceitos importantes para a pesquisa.

No capítulo 3 são detalhados alguns dos métodos de levantamento de gestos para a obtenção de um vocabulário. Neste capítulo também são encontradas observações gerais dos métodos.

No capítulo 4 é feita uma análise dos métodos exibidos no capítulo 3, terminando com uma síntese da análise feita, obtendo o primeiro objetivo desta pesquisa.

No capítulo 5 o segundo objetivo da pesquisa é alcançado, com a criação do metamétodo. Neste capítulo todas suas etapas são explicadas detalhadamente.

Por fim, no capítulo 6 é exibida a conclusão obtida nesta pesquisa, assim como trabalhos futuros.

Em seguida, são listadas as referências utilizadas no decorrer do texto.

2 CONCEITOS

Uma aplicação pode ser útil, interessante, atrativa, etc. para alguns usuários, mas não para outros. Independente do gosto dos usuários, todas as aplicações devem possuir uma boa usabilidade, pois assim o usuário poderá usufruí-la sem que empecilhos dificultem a obtenção do resultado desejado. Nesta pesquisa são analisando os métodos orientados pela qualidade do vocabulário de gestos, portanto diretamente relacionados a usabilidade.

A usabilidade é diferente em cada dispositivo, inclusive para as mesas interativas já mencionadas, por isso quando for analisada, deverá ser especificado aonde aquela aplicação está sendo executada. Desta forma, as particularidades do dispositivo são levadas em consideração.

Estes dois conceitos (usabilidade e mesa interativa) devem ser claros e bem definidos para a realização desta pesquisa. A seguir estes conceitos são apresentados.

2.1 USABILIDADE

A usabilidade é a medida pela qual um produto pode ser usado por usuários específicos para alcançar objetivos específicos com eficácia, eficiência e satisfação em um contexto de uso específico[31]. Quando criamos algum produto, ele é considerado com boa usabilidade quando considera os seguintes fatores[31]:

- Requer pouco treinamento, resultando em um aprendizado fácil;
- O usuário lembra da utilização da interface depois de certo tempo;
- Sua interface deve ser de forma que o usuário realize a tarefa de forma rápida e eficiente, aumentando a produtividade;
- Sua interface deve avisar ao usuário quando ocorrerem erros, permitindo que sejam corrigidos e o usuário aprenda e não os repita;
- Sua interface deve dar segurança e confiança ao usuário, causando satisfação.

A norma ISO 25010[31] também define outras três características relacionadas à usabilidade de interfaces: eficácia, eficiência e satisfação.

A eficácia diz respeito ao uso do produto de forma completa e com acurácia, de forma a alcançar os objetivos. Em outras palavras, pode ser entendida como a capacidade do sistema e da interface possibilitarem ao usuário a completude da tarefa e o alcance de seus objetivos no sistema. A eficácia de um sistema pode ser medida pela porcentagem completa de uma

tarefa, frequência de erros ou de pedidos de ajuda (através de ajudante, opção de "ajuda" no sistema, documentação, etc). Não leva em conta como o objetivo foi alcançado.

A eficiência é a relação do nível de eficácia obtida com a quantidade de recursos gastos. Uma medida comum de eficiência é o tempo obtido para executar a tarefa, mas também pode ser medida de outra forma como pelo custo.

A satisfação descreve a resposta subjetiva do usuário ao utilizar um produto. Para medir a satisfação podemos fazer uso de questionários feitos com respostas usando a escala Likert [42] ou outras escalas semânticas.

Com essas definições podemos entender o significado de usabilidade. Essa definição pode ser adotada exatamente desta forma, como também sofrer algumas variações, mas em essência significam a mesma coisa. Por exemplo, podemos dizer que um produto possui boa usabilidade quando é de fato utilizável, ou seja, quando o usuário consegue fazer o que ele desejava da forma que ele esperava fazer sem hesitar ou ter dúvidas [70]. Outra definição seria dizer que usabilidade significa que o usuário consegue utilizar um produto de forma rápida e fácil [13]. Esta última definição toma por base 4 pontos:

- Usabilidade significa dar foco para o usuário.
- Pessoas usam produtos para serem produtivas.
- Usuários são pessoas ocupadas tentando executar tarefas.
- Usuários decidem quando um produto é fácil de ser utilizado.

Para esta pesquisa utilizaremos a definição citada anteriormente encontrada na norma ISO 25010[31].

Além da definição, é necessária uma forma de avaliar a usabilidade de um sistema. Uma abordagem consiste em se utilizar as dez heurísticas propostas por Nielsen [59, 55].

1. Visibilidade do estado do sistema.
2. Relação entre o mundo real e o sistema.
3. Controle e liberdade do usuário.
4. Consistência e padrões.
5. Prevenção de erros.
6. Reconhecimento no lugar de recordação.
7. Flexibilidade e eficiência de uso.

8. Design estético e minimalista.
9. Ajuda os usuários a reconhecer, diagnosticar e recuperar-se de erros.
10. Ajuda e documentação.

Como exemplo de seu uso podemos citar:

- A qualquer momento o usuário sabe qual o estado do sistema e em qual parte da estrutura se encontra (uso da heurística 1);
- Gestos utilizados possuem uma relação com o gesto utilizado no mundo real para realizar a atividade, como tocar um elemento e arrastá-lo movendo-o de lugar da mesma forma que faria com um objeto tangível (uso da heurística 2);
- Os gestos são consistentes e padronizados dentro da aplicação e em comparação com aplicações semelhantes (uso da heurística 4);
- Se a atividade a ser realizada já existe em outras aplicações e possui um gesto associado, ele deverá ser utilizado para manter um padrão e ajudar o usuário a reconhecer este gesto (uso da heurística 6);
- A realização de um gesto correto fornece um feedback realizando a ação, enquanto um gesto não reconhecido não causa nenhuma mudança no estado do sistema (uso da heurística 9);
- Ajuda ao usuário explicando quais gestos usar para cada funcionalidade, podendo ser em formas de tutoriais por exemplo (uso da heurística 10).

Nesta pesquisa foi analisado se os métodos possuíam alguma etapa de avaliação do vocabulário de gestos em algum destes critérios, ou seja, se o método verificava que os gestos escolhidos para montar o vocabulário garantiam uma boa usabilidade da aplicação.

2.2 MESA INTERATIVA

Tabletop se refere a uma superfície de entrada de dados sensível ao toque. Como exemplos desta descrição temos notebooks e desktops com telas sensíveis ao toque, *smartphones*, *tablets* e mesas interativas. As mesas interativas são dispositivos com um computador embarcado e utilizam uma infraestrutura de sensores e atuadores [18]. A diferença mais perceptível entre as mesas interativas e os demais dispositivos citados é sua dimensão, pois, como ela é

fisicamente semelhante a uma mesa, é possível realizar gestos mais complexos e maiores já que sua superfície é maior.

A principal forma de entrada para esses dispositivos são os gestos (incluindo uso de objetos, como canetas, etc), por isso ao longo deste texto não serão consideradas outras formas, como comando de voz utilizado por Tse et al. [83] por exemplo. Os gestos podem ser bidimensionais, que são aqueles para os quais o posicionamento das mãos é relevante apenas em duas dimensões e tocam a tela completamente, ou podem ser tridimensionais, em que a posição das mãos é relevante num determinado espaço volumétrico comumente capturado por câmeras e tratado com técnicas de visão computacional [7, 90].

O uso dos gestos como forma de entrada é um elemento tão importante que foi listado em um estudo como a principal característica de uma *tabletop* que os usuários sentem faltam em um computador desktop [4]. Esse mesmo estudo listou o tamanho das mesas interativas (considerado bom tanto para atividades colaborativas quanto para individuais) como segundo elemento que sentiam falta em um desktop. Outra descoberta importante deste estudo foi de que os usuários gostaram da mesa interativa, mas não a utilizariam como seu dispositivo primário, tendo o computador desktop nesta posição, pois consideravam sua posição horizontal desconfortável para se trabalhar por muitas horas consecutivas.

Para detectar o toque, os dispositivos menores como *smartphones* e *tablets* utilizam técnicas com capacitores ou resistências. Estas técnicas possuem custo elevado e perdem precisão quando feitas em superfícies grandes. Para as mesas interativas são utilizadas técnicas como *Frustrated Total Internal Reflection* e *Diffusion Illumination* [81]. Um exemplo de detecção de gestos através de sensores é o SmartSkin [69]. É possível encontrar ainda autores que utilizaram visão computacional através de câmeras para detectar os gestos [46, 51, 24, 39] ou combinando pequenas superfícies multi-toque para formar uma maior [66].

Para algumas aplicações, reconhecer o gesto não é suficiente. também é necessário saber qual usuário realizou aquele gesto. A identificação dos usuários não é uma tarefa simples, existem muitas técnicas sendo utilizadas e outras em fase de estudo e desenvolvimento. Enquanto não existe nenhuma consolidada, alguns projetos criaram seus próprios acessórios. Como exemplos podemos citar:

- luva sensorizada que identifica qual mão, qual parte da mão, que face da mão e quem está em contato com a superfície [37];
- sensor de movimento dos celulares para diferenciação do usuário [19];
- pulseira com infravermelho [48].

Com relação à exibição das imagens, ela pode ser feita por iluminação *backlight*, projeção frontal ou projeção traseira, sendo a primeira a mais popular. A iluminação *backlight*, como

as telas de LED por exemplo, é mais resistente à iluminação natural comparada as outras duas tecnologias, ou seja, a imagem continua visível mesmo com luz em sua direção, mas é a mais custosa dentre elas. A projeção frontal tem mais liberdade na instalação e tamanho da projeção, mas seu uso depende muito da iluminação no ambiente pelo seu baixo contraste, além de existir o problema da criação de sombras durante seu manuseio. Já no caso da projeção traseira, a imagem possui mais contraste que no caso da projeção frontal, porém o equipamento ocupa mais espaço. Além destas 3 principais, é possível encontrar outras formas de hardware utilizadas, como uso de eletroímãs e fluido magnetorreológico (MR) [33].

Apesar de alguns desenvolvedores criarem sua própria *tabletop* [65], muitos utilizam as já disponíveis no mercado. Como exemplo de mesas interativas comerciais, podemos citar:



Figura 1 - Microsoft Pixel Sense

- Microsoft Pixel Sense [50], que pode ser vista na figura 1. Um dispositivo fruto da parceria da Microsoft (fornece software) com a Samsung (cria o hardware). Possui dimensão da tela de 40 polegadas e é considerado fino por possuir 4 polegadas. Tela com display full HD de resolução 1920×1080 px que responde tanto ao toque de dedos e mão quanto aos objetos reais (que possuam tamanho e formato específico ou alguma marca determinada). Possui configurações para ajustar volume, brilho, fonte de entrada, aplicações, imagens de fundo, etc. Já possui Windows como sistema operacional instalado. Pode ser usada tanto na posição horizontal quanto vertical. Assim como outras mesas interativas, pode ser usado por um ou mais usuários simultaneamente.
- I-VOLUCE [30] visto na figura 2. Mesa interativa da Evoluce com display full HD com dimensão variando de 32 a 84 polegadas, sendo a resolução de 3840×2160 px para o caso de 84 polegadas e 1920×1080 px para as demais. Detecta até 32 pontos de toque



Figura 2 - I-VOLUCE



Figura 3 - DiamondTouch

simultaneamente. Também possui Windows como plataforma instalada. Sua interface intuitiva permite visualizar, controlar e analisar modelos em 3D.

- DiamondTouch [11] que se encontra na figura 3, um produto da Circle Twelve Inc originalmente desenvolvido no Mitsubishi Electric Research Laboratories. Permite o uso de até 4 usuários simultaneamente. A principal diferença desta mesa interativa para as outras citadas ou até mesmo a maioria dos dispositivos que reconhece o toque como forma de entrada, é que o DiamondTouch reconhece qual usuário está realizando o toque sem que seja necessária realizar alguma adaptação, ou seja, esta funcionalidade já existe por padrão. DiamondTouch alcança esse recurso através do acoplamento capacitivo entre um conjunto transmissor localizado na superfície de toque e receptores específicos localizados na cadeira de cada usuário, por isso para que este recurso funcione deverão ser utilizadas

as cadeiras fornecidas com a mesa. Outra diferença entre esta mesa e as outras duas citadas é que enquanto as outras utilizavam iluminação backlight, esta utiliza um projetor localizado no teto projetando a imagem na mesa. Apesar de ser vendido com Windows instalado, o sistema operacional pode ser substituído por Linux caso seja feito um pedido especial.

Os três exemplos listados citam como sugestão de uso exposições, lojas, reuniões, museus, educação, etc. São considerados atrativos para momentos com vários usuários.

Nestes mesmos três exemplos, vimos que as mesas interativas já possuem um sistema operacional instalado, neste caso o Windows. Este sistema operacional é muito comum, a consequência disso pode ser vista na pesquisa feita na literatura, indicando que vários projetos são implementados nesta plataforma [24, 75, 84, 18, 45].

2.2.1 Aplicações

As grandes dimensões das mesas interativas permitem que mais gestos sejam feitos ou mais informações visualizadas e a maioria das aplicações utilizam estas vantagens. A seguir serão apresentadas algumas destas aplicações.

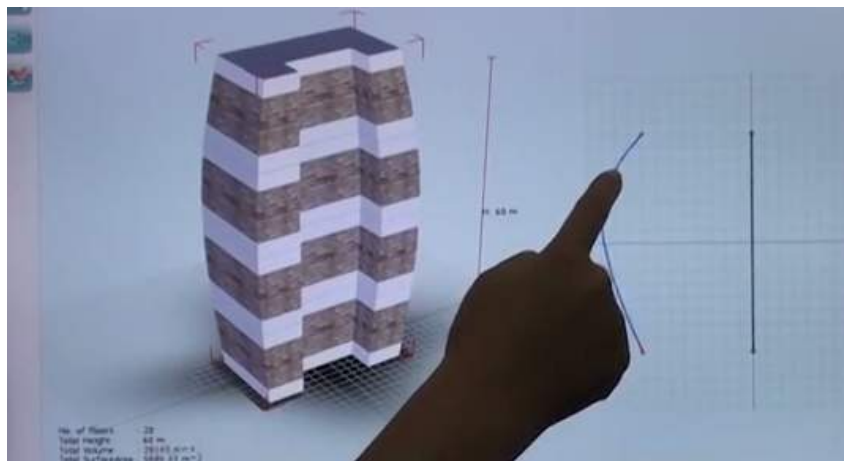


Figura 4 - Aplicação para rascunho e modelagem de arquiteturas

Qian Sun *et al.* [80] criaram uma aplicação para a realização de rascunhos e modelagens rápidas e fáceis na área da arquitetura. Nesta aplicação, a tela é dividida em duas áreas: na primeira, localizada na parte direita da tela, o usuário faz a maior parte das edições como o desenho da base da estrutura, escolha de texturas, etc; na segunda é exibida a modelagem como está em seu estado atual e podem ser realizadas outras edições como ajuste da altura. Este exemplo pode ser visto na figura 4. O usuário consegue visualizar boa parte, se não toda, a estrutura que está sendo criada sem a necessidade de aproximar a imagem com o uso de

zoom como teria de ser feito em um dispositivo menor, o que é uma grande vantagem para seus usuários. Outra vantagem é que por ver a imagem grande, consegue melhor precisão no momento de criação, ao desenhar a base por exemplo. Alguns exemplos de gestos utilizados nesta aplicação são:

- Toque simples com um dedo para indicar os vértices do plano a ser criado, sendo que a própria aplicação vai ligando os pontos;
- Tocar num objeto e arrastá-lo para diferentes ações: alterar contorno da base, aplicar uma base já existente, aplicar uma textura em uma área, tirar um vértice, girar a visão da câmera, etc;
- Gesto combinando duas mãos onde uma delas toca com dois dedos limitando uma área e a outra mão se mexe na vertical fazendo essa área selecionada ser repetida. Isso é utilizado para repetir um andar por exemplo;
- Uma mão toca uma determinada área e a outra mão faz o movimento de pinch abrindo ou fechando para diminuir essa área, tanto na vertical quanto na horizontal.

Carles Fernandes Juliá *et al.* [35] desenvolveram um sistema chamado SongExplorer para explorar uma coleção que possua uma grande quantidade de músicas. Ao contrário da maioria dos sistemas de recomendação de música que as filtra e exhibe apenas as que determinou serem direcionadas para aquele usuário, este sistema mostra todas as existentes na coleção através de um mapeamento, permitindo um fácil descobrimento de novas músicas. O mapeamento é feito em 7 dimensões através de 7 características, depois normalizado e construído em um ambiente 2D. Cores foram utilizadas para destacar as diferentes características de cada música. O mapeamento é exibido em uma superfície redonda para encorajar a colaboração dos usuários simultâneos, como pode ser visto na Figura 5a. A aplicação aceita como entrada tanto o toque dos dedos quando o de 4 determinados objetos marcados com fiduciais (passar pelas músicas, exhibir o menu de navegação, destacar propriedades e mostrar informações das músicas), Figura 5b. O SongExplorer também permite a criação e gerenciamento de listas de músicas. Os exemplos de gestos dessa aplicação são:

- Tocando com dois dedos e arrastando faz com que o conteúdo se mova de acordo;
- Tocando com dois dedos de cada mão e as duas mãos se afastando faz zoom in e se elas estiverem se aproximando é feito o zoom out, se a distância se mantiver e as mãos rotacionarem o conteúdo também será rotacionado;
- Toque em uma música a fará tocar;



(a) Detalhe da aplicação



(b) Objetos marcados com fiduciais

Figura 5 - SongExplorer

- Tocar em uma música se existir outra sendo executada, ela será adicionada como próxima na lista;
- Toque em uma música sendo executada, fará a próxima da lista começar a tocar;
- O uso dos objetos são associados ao que acontece no momento, como exibição das informações da música sendo executada ao se utilizar objeto com a estrela. Ao girar esse mesmo objeto ele faz exibir na tela as informações das outras músicas (próxima no sentido horário, anterior no sentido anti-horário).

A empresa Nsquared Solutions desenvolveu um jogo chamado Spacelanes [79]. Neste jogo surgem várias espaçonaves em posições aleatórias da tela. Seu objetivo é criar uma rota para cada uma até sua zona de pouso, como na Figura 6a, de forma que as rotas criadas para



(a) Rotas feitas durante o jogo



(b) Colisão entre duas espaçonaves

Figura 6 - Spacelanes

diferentes espaçonaves não permitam a colisão que pode ser vista na Figura 6b. A dificuldade vai aumentando com a evolução do tempo. Esse jogo mostra a variedade de uma aplicação para uma mesa interativa, pois pode ser jogado em três modos: individual, cooperativo e competitivo. O máximo de jogadores permitidos é quatro. Os gestos executados são:

- Toque um uma nave para indicar que a rota a ser traçada pertence a ela;
- Após o toque o dedo pode se mover livremente tocando a tela e a rota será feita conforme o desenho sendo formado pelo traçado;
- Caso o usuário queira cancelar aquela rota, basta tocar novamente na espaçonave e criar a nova rota.

É possível perceber um padrão por gestos simples nestas aplicações. Não é possível afirmar que estes gestos foram escolhidos porque eram realmente os melhores para este caso nos quesitos de usabilidade e ergonomia ou se foram escolhidos porque eram de fácil reconhecimento técnico.

O uso de um método ajuda o desenvolvedor a escolher se aqueles gestos são de fato os mais adequados. Para isso, o método em si deve possuir boa qualidade.

3 MÉTODOS DE LEVANTAMENTO DE GESTOS

Nesta seção serão detalhados alguns dos métodos existentes para criação do vocabulário de gestos de uma aplicação. A partir do levantamento bibliográfico feito constatou-se que, com frequência, os métodos não são nomeados, portanto nestes casos serão referidos no texto a partir dos autores dos artigos em que foram encontrados.

3.1 GUESSABILITY

O método Guessability [86, 85] possui 4 fases distintas: criação, classificação, escolha e validação. Os participantes do teste devem possuir o mesmo perfil que o usuário da aplicação terá, seja idade, familiaridade com telas sensíveis ao toque, etc.

Na criação, 10 sujeitos realizam o teste individualmente, onde são mostradas duas imagens em uma mesa interativa, sendo a primeira o estado inicial e a segunda imagem o resultado após determinada ação e, então, é pedido para que o sujeito realize algum gesto que acredite que faça ir da primeira imagem para a segunda. Por exemplo, para a ação de zoom é exibida uma imagem de algum objeto pequeno e em seguida uma imagem deste mesmo objeto maior e o sujeito fará algum gesto que acredite ser a melhor opção para executar um zoom, como o *pinch*.

Na figura 7 podemos ver uma imagem exibida para um participante para que fosse realizado um gesto simbolizando o ataque, nesta imagem podemos ver um risco azul que foi o traçado feito pelo dedo do usuário quando o mesmo realizou o gesto que julgou ser melhor para esta ação. Esta etapa é filmada para utilização posterior. Esta fase é a que define o método, pois nela os gestos são de fato criados, sendo que as demais fases constituem etapas de consolidação e avaliação do conjunto de gestos criado, podendo serem utilizadas em outros métodos.

Na fase de classificação é montado um vídeo com todos os gestos realizados na primeira fase, mostrando apenas o momento do gesto em si, descartando os momentos de decisões ou qual sujeito o fez. Este vídeo é exibido para um segundo grupo de sujeitos, mas desta vez o grupo varia de 3 a 5 pessoas, que participam individualmente. Para cada gesto, o participante deverá responder algumas perguntas relacionadas a qualidade do mesmo. As perguntas são feitas a critério do desenvolvedor, de forma que auxilie na classificação destes gestos, sendo que as respostas devem estar na escala Likert [42]. Alguns exemplos de pergunta são:

- Você sentiu incômodo físico ao realizar este gesto?
- Você preferia o uso de algum elemento na tela, como um botão, ao invés do uso deste gesto?



Figura 7 - Exemplo de imagem exibida ao usuário

- Você considera este gesto intuitivo?

A terceira fase, a de escolha, consiste em utilizar as notas dadas na fase anterior, atribuindo pesos às perguntas, e criar uma nota para cada gesto. Mais uma vez cabe ao desenvolvedor fazer a escolha, desta vez escolhendo qual o peso de cada pergunta. Tendo todas as notas é possível escolher um gesto para cada ação e assim montar um grupo de gestos.

Em seguida é necessário validar se este grupo de gestos criado foi realmente uma boa escolha, para isso a próxima etapa consiste em testar com cada integrante de um novo grupo de 3 a 5 sujeitos individualmente. Neste teste é colocado de um lado cartões com a representação dos gestos e do outro lado cartões com o nome da ação e, então, é solicitado ao sujeito que associe cada gesto a uma ação. Um exemplo de associação feita por um participante pode ser vista na figura 8. Esta etapa tem a finalidade de observar se os gestos são intuitivos e de fácil associação. Caso perceba que os sujeitos estão com dificuldades com aquele grupo de gestos, poderá ser realizado um novo teste modificando perguntas e pesos, afim de encontrar um novo grupo.

3.2 EPPS ET AL.

Epps et al. [14] realizaram um estudo sobre quais gestos os usuários preferem realizar para diferentes tarefas em um *tabletop*. Assim como os outros métodos já descritos, este também não define se existe um tipo específico de sujeito que deva ser utilizado. Neste caso específico teve-se:

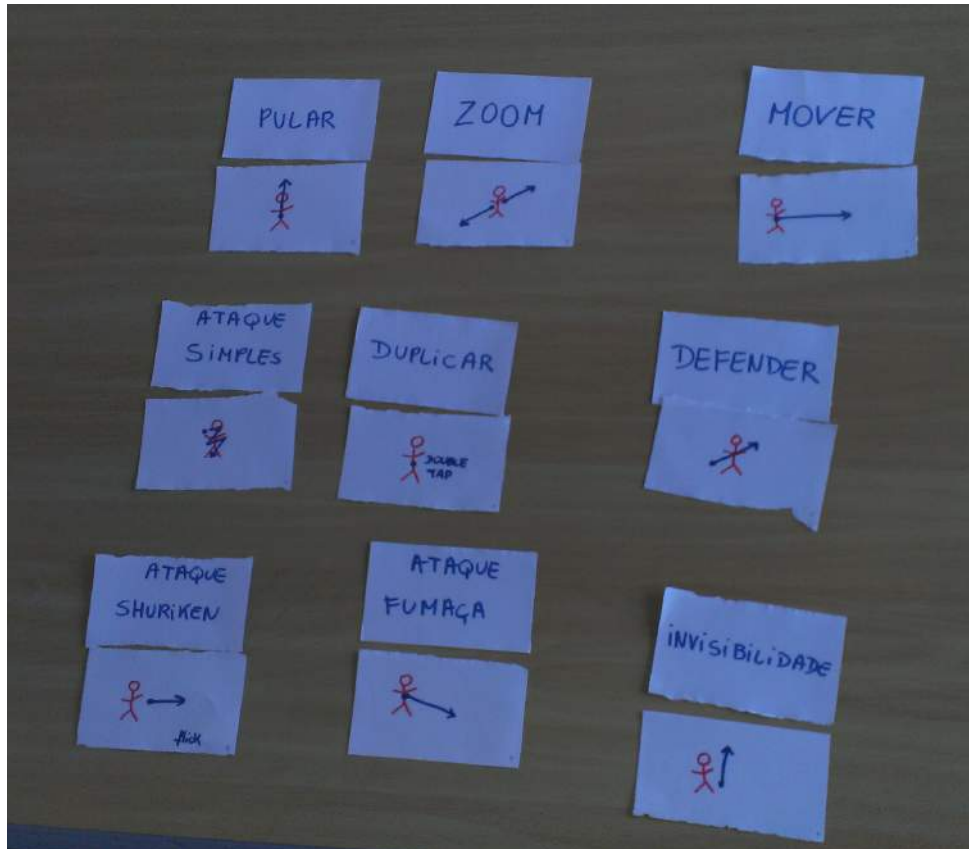


Figura 8 - Associação feita por um participante

- 20 participantes
- 13 homens e 7 mulheres
- Idade variando de 19 até 50, sendo a maioria entre 20 e 40
- Todos os participantes eram destros

Utilizando uma tela com projeção traseira, era exibida uma imagem e era solicitado aos sujeitos que realizassem algumas determinadas ações nos objetos exibidos nessas imagens. Este método é limitado ao uso da imagem, não provendo *feedback* para o sujeito durante ou após a realização de uma ação pelo mesmo. As imagens exibidas eram *screen shots* de uma tela comum de Windows com um ou mais ícones, formas geométricas, palavras ou fotos exibidos dentro de um alcance confortável (os autores não definem quais os limites deste alcance confortável). Como a tela utilizada para o estudo não era sensível ao toque, foi dito aos participantes que uma câmera localizada no teto estava filmando todos os gestos e movimentos realizados.

Um total de 36 tarefas foram executadas por cada um dos participantes, sendo divididas em:

- Selecionar ícone(s) ou texto

- Abrir uma aplicação
- Mover um ícone ou barra
- Rolagem
- Desenhar
- Cortar/copiar um ícone
- Rotação de uma forma geométrica
- Zoom de uma foto
- Instanciar um menu

As tarefas possuíam algumas especificações:

- 20 delas exigiam que fosse utilizada apenas uma mão, ficando a escolha do usuário qual seria a mão
- 12 deveriam ser feitas com 2 mãos de forma livre
- 4 restantes especificavam que o participante fizesse uma ação com uma mão e outra com a outra mão, ficando a critério do sujeito decidir qual mão utilizar em cada ação

No teste feito por Epps et al. [14] percebeu-se a preferência do uso do dedo indicador. Este uso contínuo pode ser considerado algo positivo para o usuário porque ele não precisaria aprender muitos gestos novos, utilizando apenas um dedo para realizar diferentes tarefas. Este uso excessivo pode ser considerado um ponto negativo para os desenvolvedores, porque exige que os mesmos sejam capazes de diferenciar se um dedo fazendo um traçado por uma imagem significa desenhar nela, realizar um corte, *zoom*, movê-la, etc. Como proceder neste caso cabe aos desenvolvedores, decidindo se criarão um vocabulário com maior variedade de gestos, tendo como consequência o usuário tendo que aprender mais gestos ou, então, criar alguma forma de passar o contexto da ação para que o mesmo gesto fosse identificado em diferentes ações.

Como o usuário não recebia nenhum *feedback* ao tocar na tela (que neste caso nem era sensível ao toque), aconteceram casos de serem realizados gestos, como o de "*grab/release*", que não seriam passíveis de reconhecimento utilizando apenas uma tela sensível ao toque, já que em parte foram realizados sem encostar na tela.

3.3 MICIRE ET AL.

Micire et al.[49] utilizaram um método para encontrar os gestos mais naturais para controlar um time de robôs, independente da capacidade de serem detectados ou da tecnologia usada para *input*. As tarefas foram apresentadas aos participantes de forma a elicitarem respostas em formato livre, ou seja, sem nenhuma restrição de gráficos pré-determinados ou *feedbacks* visuais. Um cuidado especial foi tomado para evitar as interfaces com convenção de janelas como os menus, barras de títulos e botões.

Neste método não é especificado qual o tipo de sujeito deve realizar o teste. O teste descrito por Micire et al. utilizou:

- 31 participantes
- 22 do sexo masculino e 9 do sexo feminino
- Média de idade de 27.5 anos (desvio padrão = 10.1)
- Todos possuíam alguma experiência com computador
- 17 participantes jogavam video game por cerca de 7.8 horas por semana (desvio padrão = 7.4)
- 29 participantes possuíam experiência com telas sensíveis ao toque (por dedo/mão ou caneta)
- 18 possuíam experiência com telefones com tela sensível ao toque, sendo 16 com iPhone

Primeiramente foi apresentado para cada sujeito como o teste seria realizado e os robôs físicos que seriam retratados iconicamente na aplicação. Todas as dúvidas foram respondidas antes do início do teste em si. Os participantes foram instruídos a utilizar a técnica de "pensar alto" durante todo o processo.

Os participantes deveriam executar uma lista de tarefas. Cada tarefa consistia em apresentar um slide com uma descrição por escrito no topo e uma imagem representativa da situação inicial da tarefa logo abaixo. Exemplos das imagens contidas nos slides podem ser vistas na figura 9, onde a tarefa 1 consistia em levar o robô até a área A e a tarefa 3 também deveria levar o robô até a área A, mas desta vez desviando dos obstáculos. Em seguida, deveriam realizar um gesto (utilizando dedos e mãos) em um *tabletop* para expressar como comandariam o robô. No total foram apresentadas 26 tarefas sequencialmente.

Todas as interações e comentários feitos pelos sujeitos foram filmados e os movimentos foram rastreados por um software customizado e gravados. Também foram tomadas notas pelos



Figura 9 - Imagens utilizadas nos slides

realizadores do experimento. Além da realização dos gestos, os sujeitos tiveram que responder quais elementos esperavam que estivessem inclusos na interface, como menus, caixas de diálogo, etc. Os pesquisadores analisaram todas as informações obtidas procurando por padrões em larga escala. Foram feitas diversas iterações nos gestos utilizando teoria fundamentada [20], refinando cada vez mais a definição dos padrões, sendo possível chegar a padrões muito claros para a maioria dos participantes (Ex: seleção, posição, rotação, etc). Quando o participante queria mudar um robô de posição e para isso fazia um *tap* em cima do robô e um outro *tap* na posição desejada, os pesquisadores consideravam como dois gestos, ou seja, os gestos eram separados por funções (nesse caso seleção e posição), por isso o teste realizado com 31 participantes e 26 tarefas resultou em 3197 gestos realizados.

A idéia inicial de não mostrar nenhum *feedback* seja visual ou auditivo para o participante foi pensada para não influenciar o gesto de forma que caso o *feedback* não fosse exatamente como o sujeito tinha imaginado ele acabaria mudando seu gesto.

Por fim, os pesquisadores conseguiram analisar todos os gestos, verificando os mais utilizados, os diferentes comportamentos para uma mesma tarefa variando a quantidade de robôs, etc. Chegou-se em algumas diretrizes para criar o vocabulário de gestos:

- Se quisermos que o gesto seja de fácil aprendizado, deverá utilizar tendências de interfaces com mouse.
- Para levar em conta as tendências individuais dos usuários, graças ao uso de iPhone ou determinados tipos de jogos por exemplo, podemos utilizar diferentes gestos para realizar a mesma tarefa.

- Usuários esperam dar etapas de instruções, como prover um ponto de início, um ponto de destino e o caminho entre eles.
- Se o usuário pode utilizar gestos com forma livre para ações como seleção e movimento, ele terá a expectativa de poder utilizar símbolos com forma livre e ter escrita com a mão no lugar do uso do teclado.
- A gramática do vocabulário de gestos criada pelos sujeitos nem sempre é completa e pode não incluir explicitamente alguma etapa. Por exemplo, a ação de mover um robô de um ponto A para um ponto B pode ser feita com o arrasto começando perto do ponto A e terminando no ponto B sem a seleção explícita do robô em si.

3.4 BRANDL ET AL.

Algumas aplicações necessitam que sejam utilizadas duas mãos simultaneamente. O que geralmente acontece é a mão não dominante define um *frame* e a mão dominante trabalha sobre ele, com um nível mais alto de precisão, tanto espacial quanto temporal [5]. Para este tipo de aplicação temos que considerar se será utilizada a mesma forma de entrada para as duas mãos, ou seja, se serão utilizados gestos com as mãos ou outra forma, como uso de caneta por exemplo. Deixar a forma de entrada à escolha do usuário pode ser complicado, pois ele pode não conhecer todas as opções possíveis ou pode escolher uma que os desenvolvedores não saibam trabalhar.

Para escolher a melhor forma de entrada, o método utilizado por Brandl et al. [5] primeiramente decidiu que compararia apenas entre uso das mãos e de caneta. Inicialmente foi feita uma comparação teórica entre as duas formas, o que gerou a tabela 1, onde chamaremos a entrada feita com caneta apenas de caneta e a através do toque de mãos e dedos apenas de toque.

Em seguida foi feito um teste para verificar as diferenças na prática. A aplicação que os participantes testaram possuía *feedback*, diferente das outras apresentadas anteriormente nesta pesquisa. Ela era uma aplicação finalizada e pronta para receber os inputs já pré-determinados que seriam testados neste experimento. O sujeito deveria resolver e navegar em um labirinto, como visto na figura 10.

A escolha do labirinto foi feita pois, para que fosse possível resolvê-lo com sucesso, seria necessário executar *zoom in, zoom out*, mudança do posicionamento da câmera, assim como traçados precisos, ações muito comuns em ferramentas de edição gráfica, como Photoshop [1]. Os participantes foram recrutados através de anúncios, gerando um grupo de:

- 12 pessoas

	Vantagem	Desvantagem
Caneta	Menos input acidental comparado ao toque	Apenas um ponto de input
	Ponto de input preciso / Alta resolução de sensoriamento	Dispositivo separado
	Ferramenta familiar que aproveita a experiência do usuário	Menos oclusão enfatiza a paralaxe
	Menos oclusão dos alvos comparado ao toque	
Toque	Múltiplos pontos de input, alto número de graus de liberdade	Oclusão devido a mão e dedos
	Uso com pouca atenção	Baixa precisão do toque ("dedos gordos")
	"Natural"	
	Sem dispositivo extra para gerenciar	

Tabela 1 - Vantagens e desvantagens do uso de toque e de caneta em *tabletops*

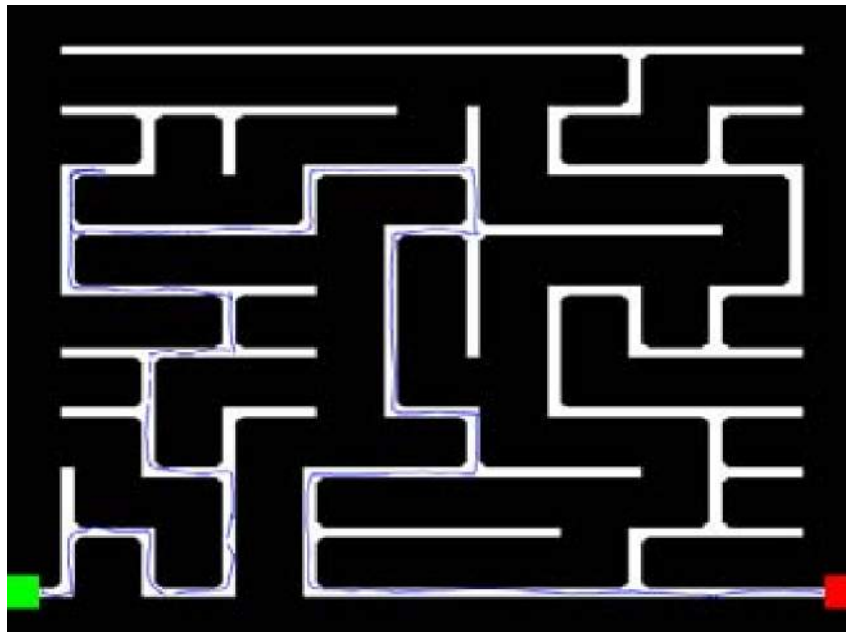


Figura 10 - Labirinto utilizado no experimento de Brandl et al.

- 7 homens e 5 mulheres
- Idade entre 20 e 50 anos
- 11 destros

Os participantes deveriam atravessar o labirinto utilizando três técnicas:

- Caneta nas duas mãos (caneta/caneta);
- Caneta na mão dominante para realizar o traçado e uso de gestos na mão não dominante para modificar o posicionamento e *zoom* da visão do labirinto. (caneta/toque);
- Uso apenas da mão (toque/toque).

Inicialmente os participantes eram apresentados a um labirinto de treino, onde poderiam treinar as três técnicas. Após este treino, cada sujeito deveria resolver 10 labirintos, uma vez com cada técnica. A ordem da técnica foi balanceada entre todos os participantes. No total foram obtidas 360 tentativas (12 participantes * 3 técnicas * 10 labirintos). O teste foi gravado e analisado, os resultados mostraram:

- Tempo médio de resolução foi 42.6s para caneta/caneta, 36.5s para caneta/toque e 52.7s para toque/toque.
- Foram feitos em média 1.05 erros para caneta/caneta, 0.95 para caneta/toque e 2.55 para toque/toque. Eram considerados erros quando o sujeito tocava as paredes do labirinto.
- A quantidade média de *zoom* por labirinto foi de 1.62 para caneta/caneta (tinham dificuldade para dar *zoom* com a caneta), 1.89 para caneta/toque e 7.91 para toque/toque (precisavam utilizar mais *zoom* para compensar a baixa precisão do toque do dedo).

No fim do teste, os participantes deveriam ordenar as técnicas nos quesitos: preferência, facilidade de uso e acurácia, sendo a técnica caneta/toque a melhor classificada. A conclusão deste teste mostrou que a combinação caneta/toque era a melhor para este caso.

Neste método os desenvolvedores devem escolher quais técnicas querem comparar, segundo algum critério decidido por eles (mais fáceis de desenvolver, mais baratos, mais comuns, os que sabem trabalhar, etc). Em seguida realizar uma mesma tarefa com as diferentes técnicas e, por fim, fazer de fato a comparação prática, além da teórica.

3.5 HORNECKER

Todos os métodos apresentados até o momento eram realizados em ambiente controlado, como um laboratório. Hornecker [28] utilizou um método justamente com esta diferença: teste de uma aplicação em seu ambiente real. O motivo desta diferença é que um teste realizado em um laboratório pode deixar os participantes nervosos ou não a vontade, já que se sentem observados todo o tempo. Quando a aplicação é colocada no ambiente final, neste teste específico um museu de ciências, os participantes ficam mais relaxados e até esquecem

que estão participando de um teste. Esta diferença pode resultar em um vocabulário de gestos mais natural.

Na entrada do museu havia um aviso sobre o teste sendo executado, porém no local em que a mesa interativa se encontrada não existia nenhum desenvolvedor ao redor, ou seja, as pessoas que ali estavam deveriam descobrir por si só o funcionamento da aplicação. Uma câmera no local estava gravando durante todo o período do teste.

A aplicação utilizada era a final, pois caso fosse utilizado um protótipo seria necessário dar alguma explicação para os sujeitos, que era justamente o oposto do que o método propunha. Ao se depararem com a mesa interativa, os sujeitos viam perguntas "flutuando" em bolhas pela tela como pode ser visto na figura 11 e ao tocarem nelas, apareciam informações tanto textuais quanto gráficas sobre ela. Era possível até 4 perguntas selecionadas simultaneamente. A cada 7 minutos as perguntas desapareciam e novas iam surgindo. Durante esse período de troca surgia uma árvore que crescia seus ramos conforme os participantes colocavam suas mãos sobre ela. As bolhas possuíam um ícone de uma mão no canto, como forma de dica aos sujeitos de que elas deveriam ser tocadas.



Figura 11 - Aplicação utilizada no teste de Hornecker

Como os desenvolvedores não sabiam quais gestos os sujeitos iriam fazer, deveriam criar a aplicação de forma a reconhecer diferentes formas. Por exemplo, ao ser exibida a resposta de uma pergunta, seu texto era muito grande para caber na tela de uma única vez, então existiam setas indicando que o sujeito poderia fazer a rolagem clicando nelas, semelhante a um desktop, ou caso tocassem e arrastassem, como é comumente feito em smartphones, a nova parte do texto também seria exibida.

Como não existem garantias de que as pessoas irão no local em que a mesa interativa for colocada, o teste precisa ser feito por período de tempo maior que um teste em laboratório, até que o número desejado seja alcançado. Este teste foi realizado durante 7 dias em período de férias escolares, o que gerou um alto fluxo de crianças e famílias.

Ao fim destes 7 dias, as gravações e anotações feitas pelos observadores foram analisadas. Algumas observações neste estudo são:

- maioria das pessoas utilizavam gestos com vários dedos ou as duas mãos.
- os sujeitos não hesitavam em utilizar a mesa simultaneamente.
- as bolhas e imagem do X envolvido por um círculo, por possuir essa forma que lembrava um botão, recebiam gestos com um único toque de um dedo em quase todos os casos.
- os ramos da árvore que iam surgindo em diversas localizações da mesa, faziam os sujeitos utilizarem as duas mãos para interagir ao máximo com eles.

O principal foco deste método é fazer a análise no seu local de uso, trazendo usuários e gestos utilizados mais próximos do real possível.

3.6 RAKUBUTU ET AL.

Rakubutu et al. [68] fizeram um estudo para encontrar o vocabulário de gestos para uma aplicação de pesquisa de informações na web. Para isso listaram todas as funções que precisariam de um gesto associado. Para cada função foram criados vídeos curtos para ilustrar os resultados das mesmas, ou seja, a saída ou efeito exibido quando eram executadas. Esses vídeos foram chamados de referências. Em seguida foram recrutados participantes, gerando um grupo com as seguintes características:

- 20 pessoas, sendo 6 homens e 14 mulheres.
- Idades entre 27 e 65, com média de 40.
- Funcionários da uma universidade (professores, assistentes de pesquisa, gerentes de laboratório, analista de negócios e funcionários da administração).
- Todos os sujeitos deveriam possuir familiaridade em conduzir uma pesquisa em um web browser de desktop ou laptop.
- Todos os sujeitos deveriam ter pouca (neste caso 12) ou nenhuma (os outros 8 restantes) experiência com qualquer dispositivo cuja interface utiliza o toque como forma de entrada, incluindo smartphones e tablets.

O teste foi gravado através de câmeras e microfone. Durante todo o processo, os sujeitos deveriam utilizar a técnica de "pensar alto", para que as gravações de áudio pudessem trazer resultados significativos. Os participantes deveriam criar um gesto por vez, conforme iam sendo solicitados.

A primeira etapa do teste era explicar qual seria a função desejada e exibir a respectiva referência. Um facilitador acompanhava o participante durante todo o processo, explicando com detalhes o que estava acontecendo no vídeo e tirando eventuais dúvidas. Em seguida o sujeito deveria escolher um gesto para aquela ação. Quando o participante queria fazer o gesto, avisava o facilitador que colocava uma fina camada de vidro sobre a tela, evitando que o toque resultasse em alguma interação com a tela sensível ao toque. O sujeito realizava o gesto ao mesmo tempo que o vídeo era exibido, dando a sensação de que era ele quem estava causando aquela reação no vídeo.

Os sujeitos eram livres para escolher gestos com a quantidade de dedos e mãos que decidissem. Quando eles sentiam que deveria existir algum *widget* (ex: botão, menu), ele poderia assumir que existia, explicando para o facilitador aonde estaria e qual ação deveriam realizar.

Esse método possui influência do Guessability, sendo inclusive citado nesta pesquisa. Da mesma forma, os gestos são classificados, mas desta vez são os próprios sujeitos que criaram os gestos que os analisam. Ao realizar cada gesto, deveriam avaliar 2 afirmações, utilizando a escala Likert [42] de 1 (discordo fortemente) até 5 (concordo fortemente):

- O gesto que eu escolhi é uma boa combinação para seu propósito
- O gesto que eu escolhi é fácil de ser reproduzido

Além da avaliação feita pelos sujeitos, os gestos foram classificados em 4 dimensões:

- **Forma do gesto:** relacionado aos dedos ou partes da mão utilizada, podendo ser um gesto estático (os dedos ou mãos estão em uma posição fixa ao decorrer do tempo) ou dinâmico (os dedos ou mãos mudam de posição ao longo do tempo). Essa classificação independe se o gesto era simples (uso de um único dedo ou mão) ou complexo (composto por dois outros gestos em sequência ou paralelos).
- **Natureza do gesto:** se o gesto é físico (age fisicamente nos objetos), metafórico (age sobre, com ou como outra coisa), simbólico (visualmente retrata um símbolo) ou arbitrário (arbitrariamente mapeia para a referência).
- **Vinculação do gesto:** se o gesto é centrado em um objeto, se leva o contexto do mundo real em consideração, se é independente do mundo (pode ser aplicado em qualquer lugar da interface) ou possui dependências misturadas (sendo independente de contexto em um aspecto mas dependente do contexto ou centrado no objeto em outro).

- **Fluxo do gesto:** se o gesto é discreto (é realizado completamente e só depois de completo o sistema provê *feedback*) ou contínuo (requere reconhecimento contínuo pelo sistema e o feedback é provido enquanto o gesto é executado).

Para cada referência foi escolhido o gesto que mais se repetiu para ela. Os demais gestos criados para aquela referência também eram utilizados caso não fossem conflitantes com outras referências. Por exemplo, temos a referência A e B, para a referência A o gesto X foi realizado por 17 participantes, Y por dois e Z por um. Para a referência B o gesto Z foi realizado por todos os participantes. No sistema final teremos que os gestos X e Y podem ser realizados para alcançar a ação feita na referência A, enquanto o gesto Z será utilizado para alcançar a ação da referência B. Nos casos em que o gesto era realizado a mesma quantidade de vezes, os próprios participantes deveriam entrar em um consenso e decidir o gesto.

A avaliação feita pelos sujeitos não fazia um gesto ser descartado do vocabulário de gestos. O gesto era escolhido por ser o mais utilizado, independente de suas notas. As notas foram utilizadas apenas como forma de identificar quais funções os sujeitos possuem mais dificuldade para executar. Neste caso, poderiam repensar a ação em si, não o gesto escolhido.

A classificação seguindo as 4 dimensões citadas, também não interferiam na escolha do gesto. Era mais uma forma de entender melhor as características do gesto.

Neste experimento uma das conclusões obtidas foi a preferência do uso de gestos com um único dedo e única mão. Considerando que a aplicação era um browser, existiu uma forte influência do uso de mouse, assim como já foi citado em outros métodos que também utilizavam aplicações comuns ou semelhantes às encontradas em desktop.

3.7 FRISCH ET AL.

Frisch et al. [16] conduziram um estudo para encontrar um vocabulário de gestos que pudesse utilizar tanto a mão quanto uma caneta.

Os participantes realizaram um total de 14 tarefas seguindo uma ordem fixa. Primeiramente foram listadas todas as tarefas, mas foram escolhidas apenas algumas, de forma que o teste não ficasse exaustivo e ao mesmo tempo as escolhidas cobrissem todas as tarefas básicas mais importantes, incluindo simples e complexas. Os gestos para as tarefas não escolhidas para o teste poderiam surgir fruto da extrapolação dos gestos criados durante o teste.

O grupo de participantes foi composto por:

- 17 participantes
- Todos homens e destros

- Idades de 23 a 34 anos
- 3 estudantes e 14 funcionários do departamento de ciência da computação
- Nenhum possui conhecimento aprofundado em UI ou design de interação
- 8 usam smartphones, mas nenhum havia usado uma *tabletop*

O teste era filmado com uso de câmeras no local, como pode ser visto na figura 12, e anotações eram feitas pelos pesquisadores sobre o que ouviam dos participantes que estavam utilizando o método de "pensar alto".

Antes do teste ser iniciado, cada participante respondeu um questionário demográfico e outras questões sobre experiências prévias. Em seguida, os pesquisadores explicavam como seria a estrutura e aparência do teste. Em cada tarefa era fornecida uma breve explicação verbal. Eram então exibidas duas imagens, uma no estado inicial e outra no estado que se desejava alcançar. Esta etapa foi influenciada pelo método *Guessability*, conforme os autores descrevem em sua pesquisa. A diferença neste caso era que as duas imagens era exibidas ao mesmo tempo: a inicial embaixo e a final em cima, como pode ser visto na figura 12.

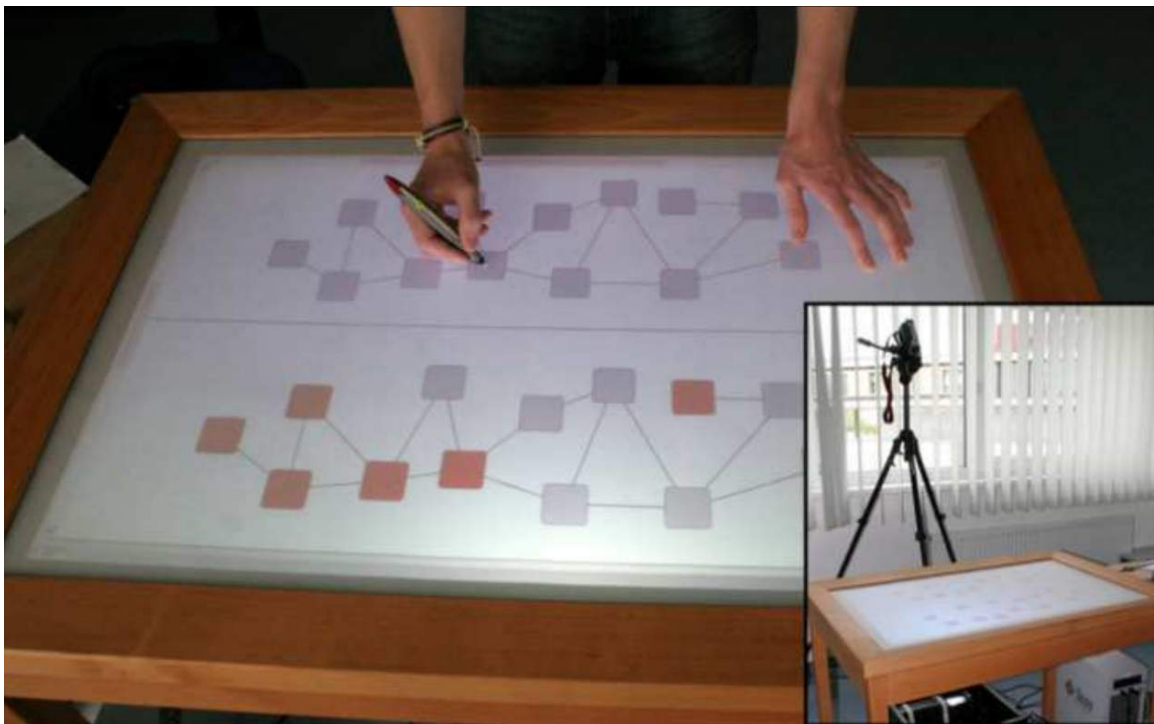


Figura 12 - Teste realizado por Frisch et al.

Neste método cada tarefa também deveria ser realizada 3 vezes:

- com uma única mão
- com duas mãos

- com uma mão e uma caneta (neste caso era livre para usar apenas a caneta se assim desejasse)

A ordem que deveriam ser realizadas ficava a critério do sujeito. Ele deveria realizar primeiro a forma que julgasse ser mais adequada para aquela ação e depois as outras duas restantes. Neste teste 59% das tarefas foram iniciadas com uma única mão, seguido por 29% com caneca e mão e, por fim, 12% com as duas mãos.

Ao fim de cada tarefa, os participantes respondiam 3 questões sobre a adequação destes gestos, utilizando a escala Likert [42], assim como outros métodos já citados.

No total deveriam ser realizados 714 gestos (17 participantes X 14 tarefas X 3 formas), mas como alguns foram descartados devido a alguma confusão do participante e em outros casos os participantes não conseguiram pensar em um gesto, no total foram obtidos 658 gestos.

Os pesquisadores não queriam escolher apenas os gestos mais utilizados, preferindo escolher mais de um gesto por ação. Para essa escolha foram levados em considerações os resultados dos questionários e quais eram as primeiras escolhas de forma em cada ação. Ocorreram casos de ambiguidade, mas os autores não descrevem como resolveram eles.

3.8 OBSERVAÇÕES GERAIS

Em todos os métodos descritos nesta pesquisa, foi utilizado uma mesa interativa. Imaginando que ao desenvolver um aplicação para uma mesa interativa é comum que os desenvolvedores tenham uma para realizar seus testes, o custo deste dispositivo será um ponto em comum para todos os métodos. Caso alguém use o método com algum outro dispositivo, essa troca de custo deve ser considerada.

Alguns dos métodos detalhados continham um protótipo que reconhece gestos, necessitando da ajuda de desenvolvedores. Existem algumas alternativas, como a ferramenta EventHurdle [38], que auxiliam pessoas sem conhecimento nesta área a desenvolverem protótipos com reconhecimento de gestos.

Com o levantamento bibliográfico feito, é possível observar que cada método possui algum elemento como foco: uso no ambiente final, comparação com outras formas de entrada do sistema, comparação entre diferentes gestos, facilidade de reconhecimento da aplicação, etc. Apesar destes métodos terem um foco para conseguirem alcançar um objetivo específico, é necessário que haja um cuidado para que outros fatores não interfiram negativamente no resultado, ou seja, é preciso que os outros elementos sejam neutros ou auxiliem na obtenção do melhor resultado.

Este capítulo detalhou como são e como foi utilizado um conjunto representativo de métodos de elicitación. Estes são os métodos de elicitación que sofrerão uma análise no capítulo 4

e, posteriormente, no capítulo 5, terão suas informações utilizadas para a criação de um metamétodo.

4 ANÁLISE DOS MÉTODOS DE ELICITAÇÃO

Neste capítulo serão analisados os métodos descritos no capítulo 3, sendo que esta análise é fruto das informações obtidas nos textos e experimentos detalhados neles, apenas o método Guessability teve um teste adicional feito. Para a análise, inicialmente será exibida uma síntese de algumas características vistas nos métodos. Em seguida será exibida a avaliação de cada método individualmente. Os métodos são analisados quanto ao seu custo, clareza na sua explicação, se atinge seu objetivo, aonde podem ser feitas melhorias e outros aspectos particulares de cada método.

4.1 SÍNTESE DAS CARACTERÍSTICAS DOS MÉTODOS DE ELICITAÇÃO DE GESTOS

Este resumo inclui uma comparação dos custos e nível de detalhamento dos métodos. Para obter estes valores foi feita uma matriz de decisão para cada caso, que podem ser vistas na tabela 2 e 3 respectivamente. As notas dadas em cada critério variam de 1 a 5.

Os critérios de custo e nível de detalhamento tiveram seus valores como resultado de uma comparação entre estes citados, ou seja, não necessariamente algum método que tenha recebido a maior nota no quesito custo é o método com maior custo existente, apenas significa que é o mais custoso dentre estes. Os pesos entre as tabelas são independentes, ou seja, os pesos de cada um das características é relativo apenas às demais daquela mesma tabela. Uma característica com peso 1 em uma tabela não implica na mesma importância que outra característica também com peso 1, mas na outra tabela.

Os critérios utilizados na tabela 2 são:

- Exibição: gastos referentes à forma que a aplicação era exibida (imagens em papel, imagens num tabletop, uma aplicação sem feedback, aplicação com feedback, etc)
 - Peso 4: é o quesito que pode ter os maiores gastos durante um teste
- Gravação: relacionado a quantidade de aparelhos para gravação (câmera, microfone, ferramenta para reconhecer traçado feito no tabletop)
 - Peso 1: apesar dos métodos sugerirem câmeras, microfones, etc, o desenvolvedor pode preferir substituir tudo isso pelo seu próprio smartphone, caso queira cortar custo
- Análise: referentes aos custos quando era realizada uma análise do vocabulário criado

- Peso 3: quando é feita, gera mais trabalho para os desenvolvedores, então quanto mais complexa mais mão de obra

Característica	Peso	Guessability	Epps	Micire	Brandl	Hornecker	Rakubutu	Frisch
Exibição	4	2	1	2	4	5	2	2
Gravação	1	1	1	2	1	1	1	1
Análise	3	3	1	1	2	2	2	3
Total		18	8	13	23	27	15	18

Tabela 2 - Matriz de decisão para o custo

Os critérios utilizados na tabela 3 são:

- Usuários: como escolher os usuários
 - Peso 1: devemos saber qual o usuário correto para o teste
- Execução: detalhamento do procedimento do teste
 - Peso 3: um dos mais importantes, pois é quem deve ser seguido corretamente para obter resultado desejado
- Escolha: como realizar a escolha dos gestos para definir o vocabulário
 - Peso 3: juntamente com a execução, é de grande importância, pois neste passo o vocabulário de gestos será de fato definido

Característica	Peso	Guessability	Epps	Micire	Brandl	Hornecker	Rakubutu	Frisch
Usuários	1	3	1	1	1	3	2	1
Execução	3	3	1	3	3	3	3	3
Escolha	3	2	1	1	3	1	3	3
Total		18	7	13	19	15	20	19

Tabela 3 - Matriz de decisão para o nível de detalhamento

Um resumo simples do que foi detalhado nesta seção pode ser encontrado na tabela 4, onde temos as seguintes colunas:

- Nome: indicando se o método possui um nome próprio
- Usuários: se define o perfil de usuário em que esse método deve ser utilizado ou a quantidade

- Aplicação: qual tipo de aplicação é recomendado
- Custo: quanto maior o número, maior o custo
- Nível de detalhamento: quanto maior o número, melhor detalhado é o método

Estas tabelas são utilizadas tanto para avaliar um quesito individualmente, quanto para comparação entre diferentes métodos. Nelas podemos ver nitidamente qual método é mais claro ou mais custoso, assim como qual define os usuários que devem participar do teste.

	Nome	Usuários	Aplicação	Custo	Nível de Detalhamento
Guessability	Sim	10 na primera etapa, 3 a 5 na segunda e última etapa. O perfil dos usuários deve ser o mesmo dos usuários finais da aplicação	Não define	18	18
Epps	Não	Não define	Não define	8	7
Micire	Não	Não define	Não define	13	13
Brandl	Não	Não define	Aplicação que contenha as características de diversas formas da aplicação final que será criada	23	19
Hornecker	Não	Os mesmos que vão utilizar a aplicação final em seu ambiente real. Não define a quantidade.	Não define	27	15
Rakubutu	Não	20 usuários para criar um vocabulário de gestos. São necessários mais usuários caso queira analisar os gestos de acordo com a demografia dos participantes, mas não define quantos mais. Não define como devem ser os participantes.	Não define	15	20
Frisch	Não	Não define	Não define	18	19

Tabela 4 - Resumo dos métodos

4.2 GUESSABILITY

O Guessability não aponta nenhum tipo de aplicação que seria melhor beneficiada com seu uso e deixa alguns de seus elementos não claros, por isso foi realizado um estudo [23] para melhor entendê-lo. Algumas das observações obtidas neste estudo podem ser vistas a seguir:

- Os usuários escolhem os gestos consolidados para ações conhecidas (zoom, mover, pular).
- Usuários com conhecimento em programação podem possuir influência negativa, escolhendo gestos mais fáceis de reconhecimento técnico porém menos intuitivos.
- Um dos fatores que pode ser incluído no cálculo da nota de um gesto é a quantidade de repetições do mesmo, ou seja, quantos usuários realizaram aquele mesmo gesto para aquela mesma ação.
- Caso um mesmo gesto seja escolhido para duas ações diferentes, ele deve ser utilizado no caso que possuir a maior nota, devendo ser escolhido o segundo gesto com maior nota para a ação em que este gesto não pode ser escolhido.
- O usuário necessita de um contexto sobre a execução do gesto na fase 4, caso contrário podem interpretar de forma errônea como deveria ser realmente executado, o que pode resultar em uma avaliação/associação equivocada.

Este método dá liberdade para o sujeito em teste escolher os gestos que desejar, em qualquer tipo de aplicação (incluindo 2 dimensões e 3 dimensões). Essa liberdade é uma vantagem pois o sujeito não se sente limitado, podendo realizar sua escolha naturalmente, que é justamente o intuito: criar uma aplicação com gestos naturais e de fácil associação pelos seus usuários. O método Guessability não faz menção sobre quais notas devemos considerar como base, mas é fácil perceber que a sua escolha, assim como seus pesos, podem mudar completamente o resultado final.

O estudo realizado [23] apontou que a exibição de ações conhecidas pode ter trazido uma influência negativa, pois o sujeito percebia claramente a diferença entre estes tipos e tinha grande dificuldade quando precisava criar um gesto novo. Uma possível solução é utilizar este método apenas para descobrir gestos que não sejam conhecidos, já que para as ações comuns os gestos consolidados seriam escolhidos, como percebemos no caso do zoom, mover e pular. Esta afirmação confirma a heurística 6 de Nielsen [59], ou seja, usuários preferem reconhecer um gesto do que terem que recordar um novo. Neste teste também foi possível perceber qual gesto possuía alguma dificuldade para ser associado, permitindo a criação de um novo, mas considerando que 88,9% dos gestos tiveram uma alta taxa de associação, podemos

considerar que este método atingiu seu objetivo de criar um grupo de gestos que os usuários finais conseguissem utilizar de forma intuitiva.

Como foi descrito, este método consiste em duas imagens sendo trocadas regularmente, mostrando antes e depois. Fazer uma aplicação que faça essa troca é uma tarefa simples. Caso a pessoa que queira fazer o teste não saiba programar, pode até ser feito um vídeo com essa troca de imagens. Podemos perceber que o custo neste caso é baixo, resultado da criação das imagens.

O teste é gravado com uma câmera e não requer mais de uma pessoa presente, gerando mais um custo baixo.

Neste método, é feita uma análise do vocabulário de gestos criados. Essa mão de obra e tempos gastos aumentam o custo deste método.

Como o Guessability possui gasto baixo para a exibição e gravação, mas alto para a análise, este método foi considerado com custo intermediário dentre os demais citados.

Apesar de ser feita uma análise do método, ela ainda pode ser considerada superficial. Ela analisa se os gestos são intuitivos, mas falta uma análise da ergonomia dos gestos e da facilidade que o sistema os reconheceria. Esse método dá uma garantia da qualidade dos gestos escolhidos, mas poderiam ser feitas análises mais detalhadas para se afirmar com maior certeza de que o vocabulário de gestos definido é bom.

Durante a explicação do método, as etapas são claras:

- como escolher usuários (perfil e quantidade)
- como executar teste (o que exibir, como, gravação, etc)
- como criar o vocabulário a partir dos criados
- como analisar este vocabulário

A única etapa que contém algumas falhas na explicação é sobre a análise dos gestos para criação do vocabulário. É dito que devem ser feitas perguntas, mas não é claro quantas, que tipo, como focá-las, como atribuir pesos e quem deveria definir estes pesos (considerando que um designer e um programador podem ter idéias diferentes do que priorizar). Essas dúvidas deixam uma abertura de forma que o desenvolvedor possa criar suas perguntas e pesos até que o resultado seja um que ele queira e não o que fosse melhor naquele caso.

Em geral, podemos dizer que este é um bom método para criação de um vocabulário de gestos. Como melhorias podemos citar uma melhor explicação de como escolher os gestos e uma melhor análise do vocabulário criado.

4.3 EPPS ET AL.

Ao realizarmos um teste sem nenhum *feedback* corremos um risco, pois como foi visto no uso deste método, foram criados gestos que não seriam possíveis em uma aplicação com reconhecimento apenas em 2 dimensões. Se o pesquisador não perceber este erro no momento de sua execução, o participante poderá continuar criando gestos inadequados, resultado em um vocabulário de gestos que não poderá ser utilizado para aquela aplicação, o que vai contra o objetivo do método.

Neste método foram criadas algumas limitações, determinando quando deveriam ser utilizadas uma ou duas mãos. Esse tipo de limitação deve ser feita com cuidado. Por exemplo, considere-se o caso em que um desenvolvedor diga ao sujeito: faça a ação A com uma mão e a ação B com a outra, ficando a critério do sujeito qual mão utilizar em cada caso. Com isso o desenvolvedor pode chegar na conclusão: usuários preferem utilizar a mão direita para a ação A e a esquerda para a ação B. Se outros desenvolvedores olharem apenas a conclusão do estudo realizado com este método vão passar a usar sempre a mão direita quando tiver uma ação A e a mão esquerda para a ação B. O problema nisto é que imaginando que o método não desse essa limitação, o usuário poderia fazer as duas ações com a mão direita, preferindo esta opção, ou seja, a limitação imposta pelo método gerou, neste caso, um resultado equivocado. Essas limitações podem ser úteis para dar idéias aos sujeitos que eles não haviam imaginado, por não pensar que poderia utilizar duas mãos, por exemplo. Uma alternativa neste caso seria fazer um teste livre e outro com limitações e depois o próprio sujeito poderia dizer qual seria sua escolha final de gesto para aquela ação.

Este método foi classificado como o mais barato dentre os aqui analisados. Isso se deve ao fato que:

- a exibição da aplicação é simples, sendo apenas uma imagem;
- para a gravação é utilizada apenas uma câmera e não necessita mais que um pesquisador acompanhando;
- não é feita uma análise posterior, não gerando custo nesse caso.

Caso um desenvolvedor opte pelo uso deste método, ele irá se beneficiar com o baixo custo. O que deve analisar é se essa economia irá compensar alguns defeitos do método, como sua falta de análise posterior à criação do vocabulário.

Este método apresentou a menor nota também no quesito nível de detalhamento. Durante sua explicação não detalha:

- quantos e quais sujeitos deve utilizar no teste;

- como definir quais são as formas do teste (Ex: uma mão, duas mãos e uma ação para cada mão);
- como chegar nas quantidades de cada forma de executar o teste (Ex: 20 com uma mão, 12 com duas, 4 de uma ação para cada mão);
- como definir qual forma usar em qual ação;
- **como escolher os gestos para criar o vocabulário.**

Este último ponto merece destaque, pois apesar dos pesquisadores deixarem implícito que seriam escolhidos os gestos mais utilizados para cada ação, ele não deixa essa afirmação clara. Saber como o vocabulário será montado é de extrema importância em um método. Essa criação faz parte do objetivo do método, se um desenvolvedor possui dúvidas quanto a esta etapa, pode escolher os gestos de alguma outra forma, o que seria não seguir de fato o método.

Não podemos garantir que este método atinge o objetivo de criar um vocabulário de gestos, porque não é feita nenhuma análise para verificar essa afirmação. Este método, apesar de barato, possui muitas falhas em sua descrição. Observando os outros métodos, Epps *et al.* [14] poderia incorporar características positivas dos outros, a fim de obter um método com melhor qualidade.

4.4 MICIRE ET AL.

A falta de *feedback* foi proposital neste método, mas, ao lermos sobre este estudo realizado, mais uma vez podemos perceber que esta falta causou alguns problemas, pois não permitia ao sujeito perceber que fazia algum gesto inconsistente. Os autores descreveram como a maioria dos participantes permanecia com a mão ou dedo encostando na mesa interativa enquanto pensavam no gesto, isso fez com que as gravações dos gestos resultassem possuírem muitos gestos de "*press and hold*".

Nas tarefas não era especificado quantos mãos ou dedos deveriam ser utilizados, não forçando ou limitando o sujeito. Podemos perceber que neste estudo isso gerou um resultado positivo, pois chegou-se em muitos gestos com multi-dedos e mãos, diferente de outros estudos realizados. Se este método limitasse os sujeitos ao uso de um único dedo ou mão, seguindo resultados encontrados com diferentes métodos, como o citado anteriormente feito por Epps *et al.* [14], não teria sido encontrado o vocabulário de gestos que este estudo chegou.

Um possível motivo para esta diferença de resultado entre Epps *et al.* e Micire *et al.* é que o primeiro foi realizado analisando tarefas comuns de um desktop (a imagem em si já era uma do Windows), tarefas estas que já possuem gestos consolidados para a maioria dos

usuários com uso de *mouse*, sendo muito difícil realizar gestos diferentes. No caso do segundo, a aplicação dos robôs parecia ser algo mais voltado para mesa interativa, como se os usuários estivessem mexendo nos robôs físicos, por isso agiam como tal.

Esses resultados não implicam que o método de Epps et al. deva ser utilizado para aplicações com tarefas semelhantes a um desktop e Micire et al. as demais. Podemos perceber que estes métodos são muito semelhantes. Essas observações apenas mostram a variedade de tipos de aplicações em que os métodos possam ser utilizados para se gerar o vocabulário de gestos.

A exibição da aplicação durante o teste é semelhante ao do método Guessability, por isso o custo também será. Na gravação o custo é um pouco maior, pois são gravados os traços feitos no *tablet*. Para que isso seja possível, é necessária alguma ferramenta específica. Como exemplo de ferramenta existem o GestureKit [17] e \$N [53].

Neste método o vocabulário de gestos não é avaliado, o que não gera nenhum custo nessa fase. Como foi dito anteriormente, essa etapa é necessária para garantir a qualidade do vocabulário de gestos criado.

Na descrição do método e seu uso, os pesquisadores detalham o grupo de participantes, mas não indicam como ele deve ser formado, suas características e quantidade. É necessário saber pelo menos um valor mínimo de sujeitos que seja considerado uma amostra significativa.

O teste em si é claro, explicando como devem ser as imagens e como obter os gestos. Apesar de ser claro como devem ser obtidos todos os gestos, não é claro como montar o vocabulário a partir deles. Assim como o método de Epps et al. [14], deixam implícito que serão utilizados os que tiveram maior número de repetição. Essa informação vaga deixa aberta algumas possibilidades:

- uso apenas dos mais utilizados;
- uso dos dois ou mais gestos mais utilizados por ação;
- uso, na realidade, de todos os gestos criados.

Com a falta de detalhamento, também não sabemos como proceder em casos de conflito de gestos, onde o mesmo gesto é o mais utilizado em duas ou mais ações diferentes.

Estas deficiências precisam ser resolvidas para termos um método de qualidade.

4.5 BRANDL ET AL.

A existência de *feedback* foi crucial neste método, pois sem ele os sujeitos dificilmente perceberiam a baixa precisão no uso do dedo, o que poderia gerar um resultado diferente para este experimento.

Este tipo de método é bom para comparar diferentes situações, pois não mostra apenas uma opção e pede para que o sujeito a avalie. O método mostra opções (dentro das limitações dos desenvolvedores) e deixa para o sujeito decidir qual a melhor. Deixar o sujeito utilizar a aplicação várias vezes com todas as técnicas é importante, pois caso fosse apenas feita uma pesquisa sobre a opinião dos sujeitos, eles poderiam responder com algum preconceito de alguma técnica se nunca tivessem a utilizado.

Para a execução deste método, os custos foram maiores do que as técnicas citadas anteriormente, pois os desenvolvedores criaram de fato uma aplicação, o que permitiu o mecanismo de *feedback*. O desenvolvimento de uma aplicação, mesmo que simples, gasta mais tempo e dinheiro do que um simples protótipo.

Existiu um custo também para a análise dos gestos. Esse custo é referente apenas a análise para se criar o vocabulário, pois nenhuma avaliação foi feita do vocabulário final, seja de usabilidade ou de ergonomia.

Um outro ponto interessante deste método é que a aplicação utilizada para o teste não era a aplicação para que este experimento era destinado. Os desenvolvedores não desenvolveriam uma aplicação de um labirinto, eles estavam trabalhando com diferentes editores gráficos. Usuários de editores gráficos geralmente possuem seu preferido e, caso os desenvolvedores escolhessem apenas um para o teste, os usuários dos demais editores poderiam criticar o teste e suas formas de *input*, sendo que no fundo estariam criticando o editor que já conheciam mas não gostavam. Para resolver este problema, os desenvolvedores escolheram uma ação comum a todos os editores e criaram uma aplicação que possuía essa mesma ação.

Apesar do método não identificar como os participantes para o teste devem ser selecionados, as etapas da execução e de escolha dos gestos são claras e bem detalhadas.

A validação do vocabulário de gestos não existe neste método, sendo um ponto a ser melhorado. Conforme já foi mencionado, esta etapa é fundamental para garantir que o método atingiu seu objetivo de criar um vocabulário de gestos de qualidade.

4.6 HORNECKER

Além das vantagens já citadas ao se realizar o teste em um ambiente real, uma outra é a escolha dos sujeitos. Quando são escolhidos sujeitos para um teste, são necessários anúncios ou os desenvolvedores chamam pessoas já conhecidas. O problema é que, caso não seja tomado o devido cuidado, este grupo selecionado pode não possuir as principais características do grupo de usuários reais da aplicação. Neste método os sujeitos que realizam o teste são os próprios usuários finais, aumentando as chances do vocabulário de gestos ser aceito.

Durante o teste os sujeitos faziam mais críticas a aplicação como um todo. Quando a apli-

cação não reconhecia um gesto que os sujeitos utilizavam, estes se demonstravam frustrados e faziam reclamações com as outras pessoas que ali se encontravam. Durante experimentos feitos junto com os desenvolvedores, muitas vezes os participantes se sentem intimidados ou não querem fazer uma crítica ao trabalho alheio, não compartilhando defeitos importantes que encontraram.

A aplicação utilizada possuía falhas de interação, assim como faltava o reconhecimento de gestos que os sujeitos gostariam de utilizar. Esses problemas faziam os participantes focarem muito em como realizar a interação com a mesa e não com o que estava acontecendo de fato com a aplicação. O objetivo ao utilizar este, ou qualquer um dos outros métodos, é encontrar o vocabulário de gestos que faça os usuários sequer perceberem que estão fazendo, tendo sua atenção voltada apenas para a aplicação em si. Por isso, caso seja decidido realizar um teste deste tipo, a aplicação deveria reconhecer o maior número de interações possíveis.

Esse método possui o maior custo dentre os analisados. Isso se deve principalmente ao custo do desenvolvimento de uma aplicação com mecanismos de *feedback*. O método de Brandl *et al.* [5] também desenvolvia uma aplicação com *feedback*, mas a preocupação com o design era menor. Para o método de Hornecker a aplicação estava mais próxima de um produto final do que um protótipo como no caso de Brandl *et al.* [5]. O custo de gravação era baixo, como a maioria dos aqui citados, dependendo apenas de câmeras e anotações feitas pelos observadores.

Após o teste, os resultados foram analisados para se obter informações relevantes, como quais gestos eram mais utilizados ou quais deveriam existir mas não haviam sido desenvolvidos nessa aplicação. Essa análise também gerou um custo.

Na descrição do método é especificado quais sujeitos devem realizar o teste, aonde e como o mesmo deve ser realizado. Nestas primeiras etapas ficam algumas dúvidas menores como a quantidade mínima de sujeitos que devem participar do teste.

A explicação da etapa de escolha dos gestos para criar o vocabulário é falha. O método deixa implícito que continuará usando os gestos que foram bem avaliados, retirará os que não foram e adicionará os que os sujeitos comentaram que gostariam que existisse. A falha é que esta informação não é totalmente clara, não há a certeza de que realmente essa é a intenção dos pesquisadores. Apesar de ser uma boa suposição, é necessária uma garantia de como esse vocabulário deveria ser de fato criado ou alterado, de forma que o resultado final seja satisfatório. Ele também não descreve como lidar com um gesto que foi bem avaliado por alguns usuários, mas mal avaliado por outros.

Este método deve ser utilizado quando se possui tempo e dinheiro. Os desenvolvedores devem decidir se os resultados obtidos durante o uso do método compensarão os gastos que terão com o desenvolvimento da aplicação.

A grande vantagem desse método é justamente a liberdade que o sujeito possui para dizer o que pensa sem se sentir inibido, já que está fazendo seus comentários para seus próprios amigos ou família.

4.7 RAKUBUTU ET AL.

Neste método, os participantes tem o total controle de quais gestos irão compor o vocabulário da aplicação. Os desenvolvedores, ou facilitadores como se referem em sua pesquisa, classificam os gestos, criam formas de análise dos mesmos, mas no fim tudo se resume a escolha dos mais utilizados pelos participantes. Mesmo quando existe um empate, são os próprios participantes que fazem a escolha. Todas as análises e classificações feitas não tiveram um propósito na criação deste vocabulário de gestos. Esse poder dado aos participantes pode não ser algo bom, pois ser o mais utilizado não implica em ser o melhor. Os gestos não foram avaliados quanto a sua ergonomia, se garantem uma boa usabilidade na aplicação ou mesmo se a aplicação conseguirá reconhecê-los. Esse método tira totalmente a responsabilidade dos desenvolvedores, deixando todo o papel de decisão para os participantes, que podem não ter conhecimento necessário para criar estes gestos.

Pensando pelo lado positivo, as análises feitas pelos próprios sujeitos podem ser utilizadas posteriormente, pois caso os desenvolvedores percebam que todos os gestos foram mal avaliados, podem repensar na ação correspondente, se ela é clara, válida, etc. No caso da classificação, caso percebam a preferência para determinados gestos, podem manter esses gestos para outras aplicações desenvolvidas futuramente com características semelhantes.

Durante a execução do teste existia um facilitador acompanhando lado a lado o participante. Isso garantia que antes de criar o gesto o sujeito sabia exatamente qual ação seria executada, pois poderia tirar qualquer dúvida que tivesse em sua mente. Com isso temos uma garantia de que o gesto criado não foi fruto de uma má interpretação, o que geraria um gesto inadequado que poderia não ser entendido por seus usuários finais. Os desenvolvedores devem avaliar se foram necessárias muitas explicações neste processo, pois a aplicação final não terá um facilitador acompanhando cada usuário e, caso a ação em si não seja clara, seu gesto associado pode não ser considerado intuitivo.

Este método foi um dos mais baratos analisados. Para o teste em si não é criada nenhuma aplicação, são exibidos os vídeos chamados de referências. Para criar estes vídeos basta realizar a ação desejada e utilizar alguma ferramenta de gravação de tela, como Camtasia [6] ou QuickTime [67]. Essa etapa não requer gastos elevados.

A classificação e análise dos gestos, apesar de não terem sido utilizadas durante a criação do vocabulário, são tarefas que requerem mão de obra e, conseqüentemente, custo. Caso essa

etapa seja retirada do método, já que não adiciona informações à escolha dos gestos, os gastos do método seriam reduzidos, tornando-se o segundo mais barato dentre os analisados. Ser um dos mais baratos não implica em ser melhor que os demais. Ao contrário de retirarmos essa etapa, ela deveria ser melhor desenvolvida. Seus resultados deveriam ser adicionados tanto na etapa de formação do vocabulário, quanto na etapa posterior de avaliação da qualidade do mesmo. Desta forma teríamos um método com um custo um pouco mais elevado que o inicial, mas ao mesmo tempo mais eficiente e eficaz.

Para realizar o teste, são definidas algumas características do grupo de participantes. Apesar de fornecer esse guia, com a quantidade mínima por exemplo, ainda faltam informações sobre o perfil desses sujeitos. Essa deficiência de informação nessa etapa não ocorre nas demais, onde é bem explicado como deve ser o procedimento para criação dos gestos e a escolha dos mais utilizados para montar o vocabulário de gestos.

Esse método é um dos mais baratos e o mais claro em sua descrição, porém a falta de análise do vocabulário de gestos não permite afirmarmos que esse método é de fato um bom método, já que não sabemos a qualidade dos gestos selecionados, se são intuitivos, de fácil reconhecimento, memorização, possui boa ergonomia, entre outras características.

4.8 FRISCH ET AL.

Este método é muito semelhante ao Guessability, por isso muitas das críticas positivas e negativas feitas ao Guessability também são válidas neste caso.

Os custos também são muito próximos, já que a exibição da aplicação é semelhante, a gravação é feita apenas por câmeras nos dois casos e ambos gastam com análise. A diferença de gastos se dá na maior parte da etapa da análise, pois enquanto o Guessability faz a análise dos gestos para criar o vocabulário e depois outra para verificar a qualidade do vocabulário, Frisch *et al.* [16] faz a análise apenas dos gestos para criar o vocabulário.

Neste método outra forma de *input* foi introduzida, dando mais opções para os sujeitos, o que é um ponto positivo já que mostra mais uma opção que o sujeito não consideraria normalmente. O sujeito não era obrigado a realizar uma ação com apenas uma técnica específica e depois avalia-la como feito em Epps *et al.* [14], ele podia testar as possibilidades e, então, decidir qual era a melhor na sua opinião naquele caso.

Este método, assim como a maioria dos descritos nesta pesquisa, não esclarecem como criar o grupo de participantes para o teste. A descrição do teste em si é feita de forma clara, assim como boa parte da etapa sobre como escolher os gestos para o vocabulário.

Apesar do método detalhar como escolher os gestos baseado nos mais utilizados e os com maiores notas, ele deixa dúvida quando ocorrem conflitos entre os gestos, ou seja, quando o

mesmo gesto é o mais utilizado em diferentes ações. Neste caso, o método não explica como desfazer o conflito e para qual ação aquele gesto deve corresponder.

Uma etapa que deveria existir neste método, assim como deveria existir em todos os outros métodos que já não a possuem, é a etapa de avaliação do vocabulário de gestos, para garantir a qualidade do vocabulário de gestos e, conseqüentemente, do método.

4.9 SÍNTESE DAS ANÁLISES DOS MÉTODOS DE ELICITAÇÃO

Estes métodos auxiliam fornecendo guias e dicas para os desenvolvedores que não sabem como definir um vocabulário de gestos para sua aplicação. É fácil entender a idéia por trás deles e conseguir segui-la, porém algumas falhas recorrentes nos métodos tendem a dificultar esse processo.

Nenhum dos métodos define claramente como criar o grupo de participantes para o teste. Alguns definem características, outros a quantidade, mas em todos os casos faltam informações para se obter o grupo desejado. Atualmente, quando o desenvolvedor escolher algum destes métodos, ele pode imitar a quantidade e as características usadas pelos pesquisadores do método selecionado ou utilizar alguma outra definição que já esteja acostumado.

A explicação sobre como obter gestos eram suficientes para que essa etapa fosse reproduzida, porém nem sempre como fazer a escolha destes gestos para se montar vocabulário era clara. É necessário que os passos sejam bem definidos e que os desenvolvedores consigam segui-los e obter o vocabulário de gestos corretamente.

Um outro ponto que a maioria dos métodos possuía uma falha era no momento de analisar a qualidade do vocabulário criado. Alguns métodos possuíam uma etapa de avaliação, mas nenhuma era completa. Outros apenas assumiam que o método de escolha já era suficiente para obter um vocabulário de qualidade, não sendo necessária essa avaliação.

Os custos variaram bastante, pois foram desde métodos sem análises e com uso de protótipo simples até métodos que necessitavam a criação de uma aplicação final, gerando com custos elevados.

É possível perceber que os métodos ajudam nos casos que os desenvolvedores não possuem nenhuma experiência. Ao mesmo tempo é possível perceber que os métodos possuem espaço para melhorias. Com essas melhorias os métodos tendem a gerar vocabulários de gestos com melhor qualidade e de forma mais fácil para o desenvolvedor compreender.

5 METAMÉTODO

A análise feita no capítulo anterior permitiu perceber pontos comuns entre diferentes métodos. Estes pontos em comum podem ser utilizados para a criação de um metamétodo. Esse metamétodo será uma estrutura para a criação de novos métodos. Ele pode ser considerado uma base, onde cada método pode adicionar suas características e peculiaridades. Neste capítulo esse metamétodo é discutido.

Os métodos possuem uma etapa da escolha dos usuários, da aplicação ou ações que queriam associar a algum gesto, a criação dos gestos em si, seguida pela criação do vocabulário e alguns possuem uma etapa posterior de avaliação que definia se aquele seria o vocabulário final ou se seria necessário uma nova rodada pelo método, criando outros gestos. Na figura 13 é possível ver as etapas do metamétodo. Cada etapa será detalhada nas seções a seguir.

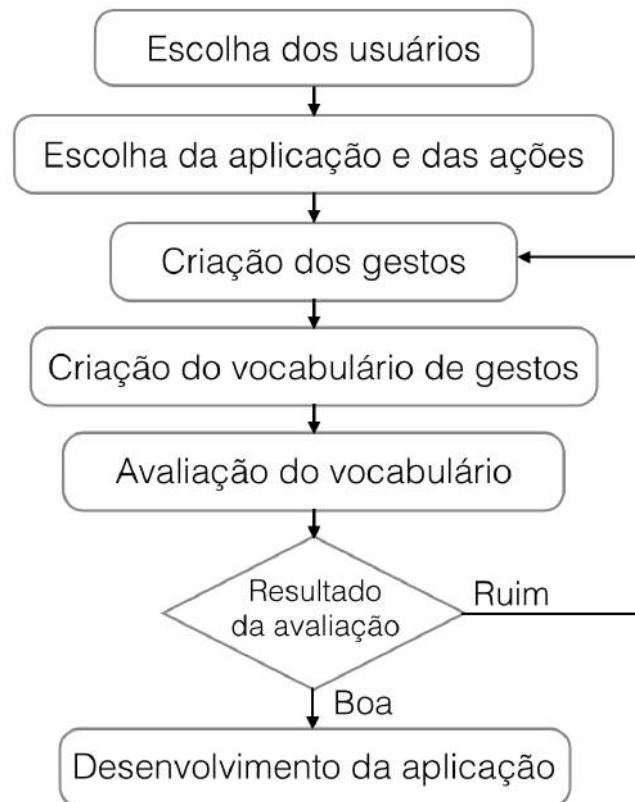


Figura 13 - Metamétodo

5.1 ESCOLHA DOS USUÁRIOS

São necessários dois grupos distintos de usuários durante a execução do método. Um irá criar os gestos e o outro irá analisar o vocabulário criado. O primeiro grupo será referenciado como criadores e o segundo como avaliadores. Em ambos os casos, é necessário a escolha de

usuários representativos [58]. Para isso é necessário definir tanto as características do grupo, quanto sua quantidade.

Quando uma aplicação é desenvolvida, ela possui um público alvo. Os sujeitos que participarão dos testes precisam pertencer a este mesmo público alvo [70]. Imagine que uma aplicação seja criada para ajudar na reabilitação de pessoas com alguma deficiência motora, caso os testes sejam feitos com pessoas que não possuam essa deficiência, os gestos criados podem sequer ser possíveis de serem reproduzidos pelos reais usuários da aplicação. De forma semelhante, uma aplicação criada para crianças não terá as mesmas características que outra feita para idosos. Existem muitas limitações ou experiências prévias que influenciam os diferentes grupos de sujeitos.

Uma pesquisa feita nos EUA, Reino Unido, Canada, Australia, Europa Continental, Brasil, China, Equador, India, Israel, Mexico, Nova Zelândia, Singapura e África do Sul, mostrou que as agências de recrutamento cobram em média \$107,00 por participante [58]. Essas agências encontram os usuários representativos para a sua aplicação, mas o custo elevado por participante faz com que os desenvolvedores optem por escolher um número pequeno de sujeitos ou que façam seu próprio recrutamento. Um outro custo é o pagamento feito pelo tempo do sujeito, essa mesma pesquisa [58] mostrou que são pagos em média \$64,00 por hora para cada sujeito, variando em média \$118,00 para sujeitos que fossem profissionais de alto nível e \$32 para não profissionais.

É comum que desenvolvedores chamem pessoas no seu próprio núcleo para participarem do teste ou colocam anúncios com recompensas para novos participantes. É muito importante que seja verificado as características dessas pessoas, para que a comodidade para obter esse grupo não seja mais importante que a criação um grupo representativo. Caso o grupo de participantes contenha amigos ou familiares, é importante que essa relação não influencia o teste. Essas observações são válidas tanto para os criadores quanto para os avaliadores.

O próximo passo é decidir a quantidade de sujeitos. Essa quantidade varia no caso dos criadores e dos avaliadores.

Na maioria dos casos, 5 sujeitos são suficiente para encontrar a maioria dos problemas de usabilidade de uma aplicação[60, 56], conforme vemos no gráfico 1 [57]. Existem algumas exceções a esse número mínimo [60]:

- Estudos quantitativos (visando estatística e não novas idéias): 20 usuários;
- *Card sorting*: 15 usuários;
- *Eyetracking*: 39 usuários.

Caso algum desenvolvedor queira criar seu método, deve avaliar se irá utilizar alguma destas três técnicas citadas, sendo necessário o número correspondente de sujeitos. Dificilmente um

desenvolvedor optará por utilizar alguma técnica que necessite muitos sujeitos e que gere um custo elevado, por isso podemos considerar o número 5 como o mais comum para a quantidade de pessoas do grupo.



Gráfico 1 - Problemas de usabilidade encontrados por número de usuários testados [57]

Para escolher a quantidade de criadores, os desenvolvedores podem escolher a que julgarem necessária ou que tenham encontrado em alguma outra pesquisa. Caso não tenham conhecimento suficiente, podem fazer uma analogia, com o *card sorting* por exemplo. Nele são criados grupos com as cartas fornecidas, sendo considerado 15 sujeitos um número suficiente para obter resultados significativos. Nos métodos de elicitação são criados os gestos. Como nos dois casos são feitas criações, os desenvolvedores também podem utilizar 15 sujeitos no mínimo durante seu teste.

Desta forma a primeira etapa do metamétodo é concluída.

5.2 ESCOLHA DAS AÇÕES DA APLICAÇÃO

Os desenvolvedores já possuem uma aplicação para a qual desejam que seja criado o vocabulário de gestos associado. É esta aplicação que será utilizada no teste, não necessariamente ela totalmente desenvolvida, mas alguma forma dela. Como essa aplicação será exibida faz parte do próximo passo. Neste passo são definidas quais ações dessa aplicação serão exibidas para o grupo de criadores de gestos.

Como foi visto nos métodos detalhados anteriormente, existe a etapa que diz "escolher as ações mais relevantes ou importantes", mas não é explicado como defini-las, se existe algum número mínimo ou máximo. Em nenhum dos métodos pesquisados essa explicação é feita. Mesmo em outros artigos não detalhados aqui que possuam uma etapa de definição de tarefas para algum tipo de criação, essa explicação não foi encontrada. Atualmente, cabe ao desenvolvedor escolher quais são essas ações a partir de seus próprios critérios.

Utilizando a teoria *General Problem Solver* (GPS) [54] pode-se dizer que os objetos são os elementos da aplicação, que geram ou recebem alguma ação, enquanto os operadores são os gestos neles realizados. Um exemplo de objetivo utilizado no GPS é "Encontrar uma forma de transformar o objeto A no objeto B", que é justamente o objetivo ao utilizar os gestos, seja mudar a posição, abrir um elemento novo, fechar um existente, criar uma trajetória, fazer desenhos, etc. Para definir as ações para o teste, pode ser utilizado o princípio da redução dos objetivos do GPS [54]. Nele um objetivo é substituídos por um grupo de objetivos mais simples. Por exemplo, ao invés de criar:

- *Um gesto para mover um personagem até um ponto X e fazê-lo atacar um adversário*

Deve ser criado:

- *Um gesto para mover um personagem até um ponto X*

- *Um gesto para atacar um adversário*

Como consequência, os problemas tornam-se mais fáceis para os sujeitos conseguirem resolver, não precisando pensar em diferentes fatores e, desta forma, focam naquele único resultado desejado. Também podem ser utilizados contextos associados a cada ação, assim um mesmo gesto pode fazer tarefas diferentes dependendo do contexto [61].

Para escolher as ações, pode ser feita uma analogia com a escolha das tarefas em um teste de usabilidade. De acordo com Dumas *et al.* [12] devem ser escolhidas:

- tarefas importantes, como as realizadas frequentemente ou relacionadas a funções importantes;
- tarefas que os avaliadores prevejam que os usuários terão dificuldade;
- tarefas que permitam uma examinação minuciosa do sistema, como aquelas que só podem ser realizadas através de uma navegação até o fundo da hierarquia do sistema ou tarefas que possuam multi-links ou atalhos;
- tarefas que influenciam os objetivos comerciais;
- tarefas que examinem as áreas que sofreram redesign;
- tarefas relacionadas a funções recém adicionadas.

De acordo com Rubin *et al.* [70] existem quatro critérios para escolher as tarefas:

- frequentes: tarefas que são realizadas mais frequentemente;
- críticas: tarefas que se realizadas incorretamente podem gerar sérias consequências;
- vulneráveis: tarefas que os desenvolvedores prevêm que serão de difícil execução ou que possuam alguma falha já identificada;

- prontas: quando nem todas as funcionalidades estão prontas, são escolhidas aquelas que já tiveram seu desenvolvimento finalizado.

Existam outras formas de escolher as tarefas para um teste de usabilidade [13], mas é encontrado um padrão na escolha. Caso o desenvolvedor tenha duas tarefas e só possa testar uma, será escolhida aquela com maior probabilidade de ter algum problema de usabilidade, assim seus defeitos podem ser listados e, então, corrigidos. Essa probabilidade é fruto de fatores como quantidade de uso da função, dificuldade da mesma, a quanto tempo a função existe no sistema, etc.

Para o metamétodo, a escolha seguirá os mesmos princípios. Primeiro, devem ser listadas todas as ações existentes, ou seja, todas que necessitem um gesto associado. Em seguida, devem ser criadas sub ações, seguindo a teoria *General Problem Solver* (GPS) [54] citada anteriormente. Essa nova lista será considerada de fato as ações existentes. Para o metamétodo, uma ação com maior probabilidade de possuir algum problema significa uma ação que não possui um gesto associado.

Muitas ações já possuem gestos consolidados, graças ao seu uso em superfícies multi-toque. Estas ações perdem sua prioridade, pois as chances dos gestos criados serem os mesmos que os já consolidados são grandes. Caso a aplicação tenha poucas ações e os desenvolvedores queiram testar todos os gestos, essas ações podem entrar na lista.

Quando os desenvolvedores realizam muitos testes para aplicações semelhantes, pode surgir um padrão. Desta forma, os desenvolvedores podem excluir ações que não necessariamente estejam consolidadas em toda a área, mas que ganharam uma consolidação em seus próprios testes.

O importante é definir as tarefas de forma que não fique cansativo para o usuário e que traga um resultado positivo.

5.3 CRIAÇÃO DOS GESTOS

Nesta etapa, os participantes criam os gestos para as ações definidas na etapa anterior. Mais uma vez, cabe ao criador do método realizar uma decisão. Neste momento, ele precisa decidir como exibirá as ações. Como foi possível observar nos métodos descritos anteriormente, pode ser utilizada uma única imagem, uma sequência de imagens, vídeos, etc. A exibição pode ser feita em papel [22], em uma mesa interativa, uma diferente superfície multi-toque ou outra forma a escolha do desenvolvedor. A explicação de cada uma por ser por meio de texto, áudio ou o próprio desenvolvedor falando o que deve ser realizado.

Nos testes em geral, existem duas formas de tarefas:

- Detalhar todas as etapas, inclusive possuindo um fim definido. Em seguida é avaliado como o participante conseguiu ou não executar a tarefa.
- Detalhar o início da tarefa, deixando o fim em aberto para o participante defini-lo. Após a conclusão da tarefa, pode ser realizada uma análise sobre os diferentes resultados obtidos.

No metamétodo, será feito o segundo tipo de tarefa. Deve ser exibida a ação e o gesto em si é aberto para o participante criar.

É importante que as ações sejam independentes uma das outras, ou seja, caso o usuário não consiga criar um gesto para a ação A, isso não deve impedi-lo de criar um gesto para as ações B, C, D e assim por diante.

Os desenvolvedores não devem influenciar a execução dos gestos, deixando o participante criar livremente. Em alguns casos, pode existir alguma limitação, por exemplo: apenas gestos em duas dimensões, apenas três toques simultâneos, uso de apenas um objeto por vez (em casos que objetos também possam ser utilizados), entre outras. Essas limitações podem ser devido ao *hardware*, *software*, técnicas de reconhecimento utilizadas, experiência dos desenvolvedores, etc. Se, durante o teste, o desenvolvedor perceber que algum integrante do grupo criador estiver ultrapassando alguma dessas limitações, ele pode avisar este participante. Porém, o desenvolvedor deve avaliar a quantidade de vezes que os criadores ultrapassaram cada limitação, pois, caso seja um problema recorrente com os sujeitos, deve ser avaliado se o problema é na forma da apresentação da ação, que está induzindo o erro, ou se é alguma limitação da aplicação que deva ser reavaliada.

A limitação não pode ser de forma que impeça uma alternativa que seja possível e que pode, inclusive, ser melhor que a oferecida. Por exemplo, deve existir uma boa razão para dizer aos sujeitos utilizarem sempre duas mãos em todos os gestos, por exemplo, ao invés de dar a liberdade para o participante escolher o uso de uma ou duas mãos, caso as duas possibilidades sejam suportadas na aplicação.

A aplicação pode suportar diferentes formas de entrada, como caneta ou outros objetos, além do uso de mãos. Neste caso, essa possibilidade deve ser exibida ao usuário. As demais possibilidades não devem estar apenas disponíveis, o teste deve ser feito de forma que o participante teste de fato as possibilidades, pois pode possuir algum preconceito com alguma forma e, por isso, não queira testar. Os desenvolvedores também podem permitir que o sujeito imagine a existência de algum elemento na tela que gostariam que existisse, como um menu, e realizar o gesto no elemento imaginário.

Durante a criação do teste, deve existir alguma forma para gravar os gestos sendo realizados. A forma mais simples é utilizar câmeras gravando as mãos realizando os gestos, como visto nos métodos detalhados nesta pesquisa. Outra forma comum, que também foi vista nesta

pesquisa, é a gravação dos gestos através de um software que captura o traçado do gesto na superfície multi-toque. Existem ferramentas que gravam a reação dos sujeitos e aonde está sendo realizado o toque naquele momento [43]. Os desenvolvedores podem realizar anotações de detalhes que julgarem importantes durante a execução do teste ou mesmo fazerem um desenho de como seria o traçado do gesto. Independente de qual seja a forma utilizada para armazenar o gesto realizado, ela deve ser suficiente para que outra pessoa possa reproduzi-lo exatamente igual.

Uma definição simplificada dessa etapa seria: exibir a ação dando liberdade de criação para o participante, dentro das limitações da aplicação, de forma que ele possa criar o gesto que julgar mais adequado para cada ação.

5.4 CRIAÇÃO DO VOCABULÁRIO DE GESTOS

Na etapa anterior foi obtido um grande número de gestos. Neste momento, os desenvolvedores devem decidir quais serão utilizados de fato na aplicação. Para isso o método criado a partir deste metamétodo deve estipular três regras:

1. Quantos gestos utilizar para cada ação
2. Como escolher o(s) gesto(s) de cada ação
3. Como proceder em caso de conflitos

As duas primeiras regras estão interligadas, ou seja, pode existir o caso em que inicialmente os desenvolvedores definem um gesto por ação, mas, durante a escolha de qual gesto utilizar, percebem dois que seriam uma boa escolha e, desta forma, modificam a primeira regra para aceitar mais de um gesto.

O número definido na primeira regra é limitado pela experiência do desenvolvedor, ou seja, será escolhido um número que ele consiga produzir. Geralmente é definido um gesto por ação, mas deve existir no método a liberdade para os criadores da aplicação poderem utilizar mais de um, como feito por Frisch *et al.* [16]. Uma forma como o método poderia definir seria:

Utilizar de um a três gestos por ação

A segunda regra diz respeito a como os gestos devem ser avaliados para ser feita a escolha dos melhores e, assim, criado o vocabulário. A maioria dos métodos aqui descritos utilizaram apenas a quantidade de repetições como critério de escolha. Essa escolha é muito superficial, pois não indica de fato que aquele era o gesto mais adequado, apenas o mais popular. Por exemplo, um jogo que possua algum *achievement* cuja obtenção dependa da realização de um determinado gesto, os desenvolvedores escolherão um gesto que possua alguma dificuldade, ou

seja, não querem que seja o mais popular ou de fácil execução. Neste caso, deve existir algum critério que indique o grau de dificuldade, assim o desenvolvedor pode escolher um gesto que seja difícil de ser executado, mas não impossível. Alguns exemplos de critérios:

- Repetição
- Conforto ao realizar gesto
- Intuitivo
- Fácil memorização
- Preferência de uso de algum elemento na tela

Cada critério deve possuir um peso, positivo ou negativo. Cada gesto recebe uma nota em cada um dos critérios. A nota final de cada gesto é a soma de todas as notas em cada critério multiplicadas por seu respectivo peso. Por exemplo, critérios A peso 1, B peso 2 e C peso -1, receberam as notas 5, 1 e 2 respectivamente, teremos assim que a nota final será:

$$1*5 + 2*1 - 1*2 = 5.$$

A nota atribuída em cada caso pode ser feita tanto pelo próprio sujeito, por um novo grupo de sujeitos criado para isso (neste caso deve possuir as mesmas características que o grupo de avaliadores) ou os desenvolvedores. Para decidir quem escolherá a nota em cada critério, é necessário identificar quem saberia avaliá-lo. Por exemplo, no quesito intuitivo o sujeito poderia responder, enquanto na quantidade de repetições é o desenvolvedor que possui a resposta. É necessário um cuidado para que o desenvolvedor, que não possui as mesmas características do usuário real da aplicação, não queira avaliar critérios como conforto ou fácil memorização, que são dependentes do tipo de usuário que realiza o gesto.

Desta forma é obtida a classificação dos gestos e, então, os desenvolvedores podem escolher os melhores classificados para cada ação, limitando-se a escolher a quantidade determinada na primeira regra desta etapa.

Um problema que pode facilmente ocorrer é algum conflito. Um exemplo de resultado pode ser visto na tabela 5. Inicialmente seria escolhido gesto X para ação A e B, gesto K para C e D e gesto K e W para ação E, o que evidencia conflitos.

Primeiramente será decidido para qual ação o gesto X corresponderá. Como ele recebeu nota 4 em A e 5 em B, significa que ele é melhor avaliado para B do que para A, desta forma é escolhida a ação B. A ação A passa a utilizar o gesto Y, pois é o que possui segunda melhor nota.

Essa idéia não é válida para o gesto K, já que ele possui a mesma nota nos dois casos, por isso será observada a nota do segundo gesto melhor avaliado. Como podemos ver, a ação C

	Ação A	Ação B	Ação C	Ação D	Ação E
Gesto X	4	5	1	1	1
Gesto Y	3	2	2	2	3
Gesto Z	2	1	5	3	2
Gesto K	1	2	6	6	5
Gesto W	2	3	2	2	5

Tabela 5 - Exemplo de classificação de gestos

possui gesto com nota 5, enquanto a ação D possui gesto com nota 3. Se o gesto K fosse escolhido para a ação C, a ação D ficaria com um gesto com nota 3 que seria uma situação pior do que deixar o gesto K para a ação D, resultando no gesto Z com nota 5 para o C. Por isso, essa segunda configuração deve ser escolhida.

Por fim, a situação da ação E pode ser resolvida dependendo do número definido na primeira regra desta etapa. Caso pudesse ser escolhido dois gestos por ação, os desenvolvedores poderiam escolher os gestos K e W. Como neste exemplo o gesto K já foi utilizado para a ação D, ele não poderia ser escolhido. Se for possível apenas um gesto por ação, essa limitação do gesto K já estar associado se mantém. Assim temos que a ação E deve ser executada através do gesto W.

O resultado final da associação de gestos e ações pode ser visto na tabela 6.

	Ação A	Ação B	Ação C	Ação D	Ação E
Gesto X		X			
Gesto Y	X				
Gesto Z			X		
Gesto K				X	
Gesto W					X

Tabela 6 - Gesto escolhido para cada ação

Com a criação desta tabela, essa etapa de criação do vocabulário de gestos é concluída.

5.5 AVALIAÇÃO DO VOCABULÁRIO

O vocabulário deve ser avaliado utilizando três critérios: usabilidade, ergonomia e reconhecimento técnico. A seguir serão descritos como proceder em cada caso.

5.5.1 Usabilidade

Existem diferentes tipos de teste de usabilidade[12]:

- Diagnóstico, encontrando pontos positivos e negativos de um design;
- Medir a usabilidade de um produto;
- Comparar a usabilidade de dois ou mais produtos.

Nesta etapa queremos validar a qualidade do vocabulário de gestos, ou seja, medindo quanto o mesmo possui uma boa usabilidade. Para isso, os participantes devem avaliar cada gesto. A forma como o gesto será avaliado cabe ao criador do método definir.

O moderador passa uma tarefa para o participante, cria uma configuração inicial, define qual o resultado esperado e cria um *benchmark* para aquela tarefa [70]. Por exemplo, no Guessability [86] a tarefa era associar cada cartão com um gesto a um cartão com uma ação. O estado inicial era todos os cartões com gesto de um lado e todos com ações de outro. O resultado esperado era todas as associações serem feitas corretamente de acordo com o vocabulário criado. Neste caso não foi definido um *benchmark*, mas poderia ser considerado sucesso caso a taxa de acerto fosse 75% ou que todos fossem associados corretamente em até 5 minutos por exemplo. A escolha do *benchmark* deve ser feita através da experiência do desenvolvedor, devendo ser realista, pois atingir um valor de 100% em sistemas que não sejam críticos como relacionados a vida de outras pessoas é muito incomum.

Durante o teste, algumas regras devem ser seguidas pelo moderador [12]:

1. Decida como interagir, de acordo com o propósito do teste.
2. Respeite os direitos do participante.
3. Lembre sua responsabilidade para com usuários futuros.
4. Respeite o participante como um especialista, mas se mantenha no comando.
5. Seja profissional, o que inclui ser genuíno.
6. Deixe o participante falar
7. Lembre que sua intuição pode te ajudar e prejudicar.
8. Seja imparcial.
9. Não entregue informações inadvertidamente.

10. Fique sempre atento.

Um fator cultural também deve ser considerado ao realizar os testes. Por exemplo, na Ásia é considerado indelicado criticar o trabalho alheio, o que torna muito difícil ter um *feedback* real do vocabulário. Para resolver este problema existem técnicas, como a Técnica Bollywood [73]. Neste técnica, ao invés do pesquisador passar uma tarefa diretamente, ele precisa criar uma fantasia, um contexto, assim o sujeito se sente dentro da história e com liberdade para fazer suas críticas.

Jeffries *et al.* [32] realizaram um teste comparando quatro técnicas de avaliação: heurística, teste de usabilidade, diretrizes e caminhada cognitiva. A quantidade de problemas encontrados em cada caso pode ser vista na tabela 7. Após obter resultados e realizar uma análise, a conclusão deste teste foi de que a combinação de avaliação heurística com teste de usabilidade era a melhor solução, pois encontraram os problemas mais severos.

	Avaliação Heurística	Teste de Usabilidade	Diretrizes	Caminhada Cognitiva
mais severos	28	18	12	9
menos severos	52	2	11	10

Tabela 7 - Quantidade de problemas encontrados por cada método de avaliação [32]

Por isso, o ideal é uma avaliação heurística ser feita nesta etapa. As dez heurísticas dadas por Nielsen [59] exibidas na seção 2.1 podem ser utilizadas. Por exemplo:

- Identificar se existe uma relação entre o gesto utilizado no objeto virtual com um real (heurística: *Relação entre o mundo real e o sistema*);
- Verificar a consistência entre os gestos da aplicação, assim como os gestos já consolidados (heurística: *Consistência e padrões*);
- Se existe mais um gesto associado para a mesma ação (heurística: *Flexibilidade e eficiência de uso*);
- Se o gesto produz *feedback* diferente quando é executado corretamente de quando é executado incorretamente (heurística: *Ajuda os usuários a reconhecer, diagnosticar e recuperar-se de erros*).

A avaliação de usabilidade de cada gesto deve ser a combinação destas duas técnicas.

É possível encontrar muitos livros sobre como realizar testes de usabilidade [70, 13, 3], caso o desenvolvedor não saiba como fazê-lo.

5.5.2 Ergonomia

Os gestos do vocabulário precisam ser confortáveis ao serem realizados, ou seja, sem causar estresse, fadiga ou qualquer tipo de lesão.

Na figura 14 são vistos os gestos possíveis para uma mão realizar. O dedo, por exemplo, tem mobilidade para cima ou para baixo, mas pouca para o lado, sendo considerado um movimento não natural. Um gesto que utilize esse tipo de posição, como um gesto cujo usuário tenha que abrir muito os dedos, será considerado um gesto não usual ou não natural. Esse tipo de gestos pode causar estresse.

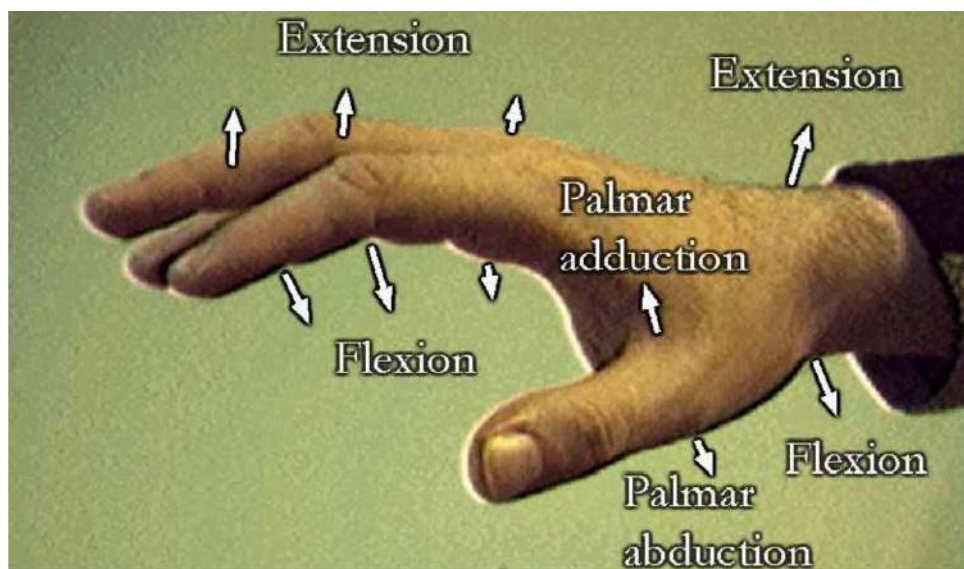


Figura 14 - Movimentos da mão[61]

Como princípios da ergonomia podemos citar [21, 25, 77]:

- Evitar posições não naturais
- Evitar repetição
- Relaxar os músculos
- Posição neutra relaxada é no meio entre todas as posições não naturais
- Evitar permanecer em uma posição estática
- Evitar força interna e externa nas juntas e parada de fluidos corporais

Ao avaliar o vocabulário, deve ser verificado se obedecem a estes princípios. Para isso deve ser observado o esforço de cada gesto, tempo de duração, os possíveis efeitos que este gesto pode causar a longo prazo, etc.

Gestos que utilizem toda a mão requerem mais esforço físico do que gestos com alcance limitado dos dedos e esse esforço físico excessivo pode causar fadiga desnecessária [89].

Essa etapa é difícil para a maioria dos desenvolvedores, pois eles não possuem o conhecimento ou experiência necessária para avaliar a ergonomia de um gesto. Os sujeitos não devem ser os responsáveis por essa avaliação pelo mesmo motivo. Neste caso, um especialista em ergonomia é quem deve fazer esta avaliação. O especialista pode utilizar sujeitos para a avaliação, fazendo com que eles realizem os gestos e informem qualquer incômodo que sentirem, mas esta não deve ser a única avaliação, já que existem consequências que são perceptíveis apenas após um longo período que não é possível ser testado em uma única sessão.

Esta etapa é fundamental para manter a saúde dos usuários da aplicação, não criando gestos que possam o prejudicá-los a curto ou longo prazo.

5.5.3 Reconhecimento técnico

Esse quesito é dependente da técnica utilizada para o reconhecimento dos gestos [47] e da experiência dos desenvolvedores. Reconhecedor de gesto é a parte de um software responsável pela interpretação do toque obtido pelos sensores e a geração de um evento para a aplicação sempre que um gesto válido é realizado pelo usuário [71]. O ideal é que os gestos sejam suficientemente distintos para serem reconhecidos de forma mais fácil possível [89].

O peso que a facilidade para o reconhecimento técnico possui sobre a avaliação final do vocabulário deve ser balanceado com os demais quesitos. Por exemplo, um teste realizado [61] criou seis gestos, sendo que eles utilizavam 0 dedos, 1 dedo, 2 dedos e assim respectivamente. É possível perceber que esse vocabulário é fácil de ser reconhecido tecnicamente, porém, ao ser avaliado, percebeu-se que o vocabulário era inapropriado pelas razões: fisicamente estressante; realização impossível para algumas pessoas e funcionalidade ilógica imposta.

Na literatura existem diversas técnicas de reconhecimento de gestos [15, 69, 10, 88]. É comum que estas técnicas que sejam utilizadas juntamente com algum *framework* [36, 74, 78]. O *framework* MT4j [41] permite, inclusive, que sejam utilizados diferentes algoritmos de reconhecimento para cada gesto. Na pesquisa feita por Cirelli et al. [8] podem ser vistas comparações entre algumas dessas técnicas e *frameworks*. Os desenvolvedores precisam escolher a melhor combinação de técnica e *framework* para o vocabulário de gestos que desejam reconhecer.

Uma das técnicas possíveis para reconhecimento dos gestos é *machine learning*. Podemos fazer uma analogia com um *benchmark* dessa técnica para imagens com um *benchmark* dessa técnica utilizada para gestos. O *benchmark* ImageNet [72] fornece um grupo de imagens e o reconhecimento esperado para cada imagem. De forma semelhante, poderia ser criado um *benchmark* para os gestos. Nesse *benchmark* criado deveria existir o vocabulário de gestos

definido a fim de determinar se a combinação técnica e *framework* escolhida será capaz de reconhecê-lo. A partir desse *benchmark* o desenvolvedor poderia decidir se a quantia de gestos reconhecidos corretamente, eliminando falsos positivos e negativos, é aceitável. O valor de quanto seria aceitável depende do desenvolvedor, por exemplo, poderia definir que a taxa de acertos deveria ser pelo menos 85%. Caso essa taxa não seja atingida existem duas soluções possíveis: mudar a técnica de reconhecimento ou mudar o vocabulário de gestos. Os desenvolvedores deveriam primeiramente tentar reconhecer os gestos com uma técnica diferente, porque em teoria o vocabulário criado é de qualidade, então deveria ser escolhida uma técnica capaz de reconhecê-lo. O *benchmark* criado para testar a primeira técnica deve, então, ser utilizado novamente. Caso a taxa seja maior do que a estipulada, essa técnica deverá ser a escolhida. Mas se a taxa continuar abaixo da desejada e os desenvolvedores não tiverem conhecimento ou custos para tentar com outras técnicas, a mudança deverá ser feita no vocabulário. Os gestos que não puderam ser reconhecidos ou que foram facilmente reconhecidos como outros deverão ser revisados. Um novo fluxo deverá ser realizado para descobrir novas possibilidades de gestos para os problemáticos.

É difícil para um método adotar uma única forma de avaliar o reconhecimento técnico, justamente por existir uma vasta lista de possibilidades de técnicas e a avaliação será dependente dela. Por isso é importante que o método deixe claro que, independente da técnica utilizada para reconhecimento, os gestos devem ser avaliados sob seu ponto de vista, verificando se podem ser reconhecidos e ter sua distinção com sucesso mantendo a qualidade do gestos nos outros dois quesitos já analisados nesta etapa.

5.6 DESENVOLVIMENTO DA APLICAÇÃO

Esta etapa é para ilustrar que o vocabulário de gestos gerado foi de qualidade e pode ser utilizado para a criação da aplicação. Não faz parte explicitamente do escopo do metamétodo, servindo como uma referência de que o resultado foi alcançado.

Neste momento, cabe ao desenvolvedor escolher ferramentas, linguagens e outros elementos que julgar necessário para que sua aplicação seja desenvolvida.

5.7 FLUXO

O fluxo das etapas deve ser conforme exibido na figura 13 (página 56). Uma etapa só pode ser iniciada após suas anteriores terem sido finalizadas. Em um cenário ideal esse fluxo será percorrido uma única vez e como resultado será formado um vocabulário de gestos de qualidade que será utilizado no desenvolvimento da aplicação.

O metamétodo prevê o caso em que o vocabulário de gestos não foi bem avaliado, seja todo ele ou apenas alguns de seus gestos. Seja qual for o caso, o fluxo precisa ser repetido, mas o perfil dos usuários e as ações não devem sofrer mudanças, por isso o fluxo se inicia na etapa de criação dos gestos. Todas as outras etapas devem ser seguidas na mesma ordem a partir de então.

É possível perceber a importância da definição de bons *benchmarks* ou critérios na etapa de avaliação do vocabulário, pois caso sejam criados com valores muito difíceis de serem atingidos (por exemplo uma taxa de 100%), o desenvolvedor terá que repetir o fluxo inúmeras vezes, dificilmente obtendo o vocabulário perfeito. Com valores realistas o fluxo pode até ser repetido, mas não incessantemente. Como não foram encontrados *benchmarks* ou outras avaliações mais detalhadas nessa área, é difícil definir o que seriam estes valores realistas, por isso a experiência do desenvolvedor possui muito peso nesta definição. Existe o caso de que mesmo com valores realistas o fluxo precise ser refeito diversas vezes, porque a técnica de reconhecimento escolhida não é capaz de reconhecer os gestos distintamente e/ou porque o gesto não foi bem avaliado nos quesitos de usabilidade e/ou ergonomia. Caso isso aconteça deve-se repensar no fluxo como um todo, se os usuários são os corretos, se as ações estão claras, se o método para criar e avaliar os gestos são adequados, se a técnica de reconhecimento utilizada é a ideal, etc.

Com um método de qualidade, que gere baixa repetição do fluxo, será formado o vocabulário de gestos que tende a satisfazer tanto os desenvolvedores quanto os usuários da aplicação.

6 CONCLUSÃO

Esta pesquisa teve dois objetivos: uma análise de um conjunto representativo de métodos de elicitación para criação de vocabulário de gestos para superfícies multi-toque e a criação de um metamétodo que serve como base para criação de outros métodos.

Para a obtenção do primeiro objetivo, foi feita uma pesquisa bibliográfica. Alguns métodos foram selecionados e analisados sistematicamente. Foram avaliados os custos, clareza das instruções, qualidade, entre outros fatores. Os resultados obtidos ajudam os desenvolvedores a realizarem uma escolha de qual método utilizar, pois conhecem as forças e fraquezas de cada. Os desenvolvedores também devem levar em conta suas próprias limitações, como limite de gastos, para fazer a escolha. Essa análise também permite que os criadores de métodos aprendam com os problemas aqui apresentados e melhorem seus próprios métodos, podendo, inclusive, incorporar características positivas aqui exibidas que possam trazer melhorias para a sua criação do vocabulário de gestos. Assim, foi criada uma contribuição na área, com melhor entendimento da situação atual dos métodos de elicitación.

O segundo objetivo apresentado nesta pesquisa foi a criação de um metamétodo. Para a sua criação foram utilizados os resultados das análises feitas para o objetivo anterior. Foram percebidas as semelhanças entre todos, formando-se uma base inicial do que o metamétodo deveria possuir. Em seguida, os problemas encontrados nos métodos fizeram o metamétodo ser reavaliado, percebendo as mudanças que deveriam ocorrer no mesmo, ou seja, quais fases que não estavam inclusas inicialmente em todos os métodos, mas deveriam fazer parte do metamétodo por ser de extrema importância. Desta forma, o metamétodo foi criado e todas as suas etapas foram explicadas com detalhes para que sejam obtidas com sucesso. A importância deste segundo objetivo é que ele não apenas ajuda a entender a situação atual dos métodos, sobre como é sua estrutura, mas também ajuda em trabalhos futuros dos desenvolvedores. Esse metamétodo permite que sejam criados métodos de forma estruturada, de forma que alguém que não tenha conhecimento na área pelo menos possua uma base para dar início ao seu método, garantindo um mínimo de qualidade, já que foram estipuladas todas as etapas mínimas necessárias e como obter cada uma delas.

6.1 TRABALHOS FUTUROS

Os resultados aqui apresentados possibilitam que haja continuidade desta pesquisa.

Seguindo a linha do primeiro objetivo, podem ser realizadas mais análises para descobrir se os métodos vêm apresentando melhorias. Outra continuidade nessa linha, seria os mesmos métodos serem analisados sob outras formas e pontos de vistas que não tenham sido abordados

nesta pesquisa, trazendo mais riqueza para os resultados.

No que se refere ao segundo objetivo, outros trabalhos podem ser realizados, testando na prática o metamétodo. Podem ser feitas algumas etapas: criação de fato de um método a partir do metamétodo aqui elucidado, teste com esse novo método e, por fim, uma análise, verificando quais foram qualidades e defeitos encontrados na execução, gerando possíveis melhorias para o metamétodo.

Para a avaliação do vocabulário de gestos, foi visto que uma possibilidade é o uso de *benchmarks*, que atualmente não foram encontrados. Desta forma, mais um trabalho futuro possível é a criação de um *benchmark* para o reconhecimento de gestos. Nesse *benchmark* o grupo de gestos utilizados para a avaliação deveria possuir gestos dos três tipos possíveis [64]: abertos, fechados e que se cruzam. O grupo também poderia incluir os gestos que são encontrados na maioria das aplicações (Ex: *tap*, *hold*, *pan*, *flick*, *pinch*, *stretch*). Conforme as aplicações fossem consolidando gestos para ações específicas, esses gestos passariam a fazer parte do grupo de amostras do *benchmark*. Quando um desenvolvedor for utilizar o *benchmark* para avaliar uma técnica escolhida, ele pode adicionar seu vocabulário de gestos ao grupo de gestos pré-definidos.

Referências Bibliográficas

- 1 ADOBE PHOTOSHOP. Disponível em : <<http://www.photoshop.com/>>. Acesso em: 7 dez. 2014.
- 2 BACHL, S. et al. Challenges for designing the user experience of multi-touch interfaces. **Proc. Workshop on Engineering Patterns for Multi-Touch Interfaces**. 2010.
- 3 BARNUM, C. M.; DRAGGA, S. **Usability testing and research**. [S.l.]: Allyn & Bacon, Inc., 2001.
- 4 BENKO, H. et al. Insights on interactive tabletops: a survey of researchers and developers. **research. microsoft. com**, 2009.
- 5 BRANDL, P. et al. Combining and measuring the benefits of bimanual pen and direct-touch interaction on horizontal interfaces. **Proceedings of the working conference on Advanced visual interfaces**. p. 154–161, 2008.
- 6 CAMTASIA. Disponível em : <<http://www.techsmith.com/camtasia.html>>. Acesso em: 6 jan. 2015.
- 7 CHEN, F.-S.; FU, C.-M.; HUANG, C.-L. Hand gesture recognition using a real-time tracking method and hidden markov models. **Image and Vision Computing**, Elsevier, v. 21, n. 8, p. 745–758, 2003.
- 8 CIRELLI, M.; NAKAMURA, R. A survey on multi-touch gesture recognition and multi-touch frameworks. **Proceedings of the Ninth ACM International Conference on Interactive Tabletops and Surfaces**. p. 35–44, 2014.
- 9 CLAYPHAN, A. et al. Firestorm: a brainstorming application for collaborative group work at tabletops. **Proceedings of the ACM International Conference on Interactive Tabletops and Surfaces**. p. 162–171, 2011.
- 10 COLLOBERT, R.; BENGIO, S.; MARIÉTHOZ, J. **Torch: a modular machine learning software library**. [S.l.: s.n.], 2002.
- 11 DIAMONDTOUCH. Disponível em : <<http://circletwelve.com>>. Acesso em: 30 dez. 2013.
- 12 DUMAS, J. S.; LORING, B. A. **Moderating usability tests: Principles and practices for interacting**. [S.l.]: Morgan Kaufmann, 2008.

- 13 DUMAS, J. S.; REDISH, J. **A practical guide to usability testing**. [S.l.]: Intellect Books, 1999.
- 14 EPPS, J.; LICHMAN, S.; WU, M. A study of hand shape use in tabletop gesture interaction. **CHI'06 extended abstracts on human factors in computing systems**. p. 748–753, 2006.
- 15 FREEMAN, W. T.; ROTH, M. Orientation histograms for hand gesture recognition. **International Workshop on Automatic Face and Gesture Recognition**. v. 12, p. 296–301, 1995.
- 16 FRISCH, M.; HEYDEKORN, J.; DACHSELT, R. Investigating multi-touch and pen gestures for diagram editing on interactive surfaces. **Proceedings of the ACM International Conference on Interactive Tabletops and Surfaces**. p. 149–156, 2009.
- 17 GESTUREKIT. Disponível em : <<http://dailyjs.com/2014/04/28/gesturekit/>>. Acesso em: 7 jan. 2015.
- 18 GEYER, F. et al. Designing reality-based interfaces for creative group work. **Proceedings of the 8th ACM conference on Creativity and cognition**. p. 165–174, 2011.
- 19 GIUSTI, L. et al. Dimensions of collaboration on a tabletop interface for children with autism spectrum disorder. **Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems**. p. 3295–3304, 2011.
- 20 GLASER, B. G.; STRAUSS, A. L. **The discovery of grounded theory: Strategies for qualitative research**. [S.l.]: Transaction Publishers, 2009.
- 21 GRANT, C. Ten things you should know about hand and wrist pain. **F-One Ergonomics, Ann Arbor, Michigan**, 2002.
- 22 GUTIERREZ, M. et al. Evaluating paper prototype for tabletop collaborative game applications. In: **Entertainment Computing–ICEC 2013. Entertainment Computing–ICEC 2013**. [S.l.]: Springer, 2013. p. 168–171.
- 23 GUTIERREZ, M.; NAKAMURA, R. Study of guessability method in a game for multitouch screen. **Information Systems and Technologies (CISTI), 2014 9th Iberian Conference on**. p. 1–6, 2014.
- 24 HARTMANN, B. et al. Augmenting interactive tables with mice & keyboards. **Proceedings of the 22nd annual ACM symposium on User interface software and technology**. p. 149–152, 2009.

- 25 HEDGE, A.; MUSS, T. M.; BARRERO, M. Comparative study of two computer mouse designs. **Methods**, v. 6, p. 8, 1999.
- 26 HEYDEKORN, J.; FRISCH, M.; DACHSELT, R. Evaluating a user-elicited gesture set for interactive displays. **Mensch and Computer**. p. 191–200, 2011.
- 27 HINRICHS, U.; CARPENDALE, S. Gestures in the wild: studying multi-touch gesture sequences on interactive tabletop exhibits. **Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems**. p. 3023–3032, 2011.
- 28 HORNECKER, E. “I don’t understand it either, but it is cool”-visitor interactions with a multi-touch table in a museum. **Horizontal Interactive Human Computer Systems, 2008. TABLETOP 2008. 3rd IEEE International Workshop on**. p. 113–120, 2008.
- 29 HUNTER, S. et al. Memtable: an integrated system for capture and recall of shared histories in group workspaces. **Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems**. p. 3305–3314, 2011.
- 30 I-VOLUCE. Disponível em : <<http://www.evolute.com/multitouch-table.htm>>. Acesso em: 30 dez. 2013.
- 31 ISO, I. Iec 25010: 2011: systems and software engineering—systems and software quality requirements and evaluation (square)—system and software quality models. **International Organization for Standardization**, 2011.
- 32 JEFFRIES, R. et al. User interface evaluation in the real world: a comparison of four techniques. **Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems**. p. 119–124, 1991.
- 33 JIAO, X.; DENG, H.; WANG, F. An investigation of two-handed manipulation and related techniques in multi-touch interaction. **Machine Vision and Human-Machine Interface (MVHI), 2010 International Conference on**. p. 565–568, 2010.
- 34 JORDÀ, S. et al. The reactable: exploring the synergy between live music performance and tabletop tangible interfaces. **Proceedings of the 1st international conference on Tangible and embedded interaction**. p. 139–146, 2007.
- 35 JULIÀ, C. F.; JORDA, S. Songexplorer: a tabletop application for exploring large collections of songs. **ISMIR**. p. 675–680, 2009.

- 36 KALTENBRUNNER, M. Reactivision and tuio: a tangible tabletop toolkit. **Proceedings of the ACM international Conference on interactive Tabletops and Surfaces**. p. 9–16, 2009.
- 37 KHARRUFA, A.; LEAT, D.; OLIVIER, P. Digital mysteries: designing for learning at the tabletop. **ACM International Conference on Interactive Tabletops and Surfaces**. p. 197–206, 2010.
- 38 KIM, J.-W.; NAM, T.-J. Eventhurdle: supporting designers' exploratory interaction prototyping with gesture-based sensors. **Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems**. p. 267–276, 2013.
- 39 KO, S. et al. Applying mobile device soft keyboards to collaborative multitouch tabletop displays: design and evaluation. **Proceedings of the ACM International Conference on Interactive Tabletops and Surfaces**. p. 130–139, 2011.
- 40 LAO, S. et al. A gestural interaction design model for multi-touch displays. **Proceedings of the 23rd British HCI Group Annual Conference on People and Computers: Celebrating People and Technology**. p. 440–446, 2009.
- 41 LAUFS, U.; RUFF, C.; ZIBUSCHKA, J. Mt4j-a cross-platform multi-touch development framework. **arXiv preprint arXiv:1012.0467**, 2010.
- 42 LIKERT, R. A technique for the measurement of attitudes. **Archives of psychology**, 1932.
- 43 LOOKBACK. Disponível em : <<https://lookback.io/>>. Acesso em: 5 fev. 2015.
- 44 MARQUARDT, N. et al. The continuous interaction space: interaction techniques unifying touch and gesture on and above a digital surface. In: **Human-Computer Interaction–INTERACT 2011. Human-Computer Interaction–INTERACT 2011**. [S.l.]: Springer, 2011. p. 461–476.
- 45 MARQUARDT, N. et al. Designing user-, hand-, and handpart-aware tabletop interactions with the touchid toolkit. **Proceedings of the ACM international conference on interactive tabletops and surfaces**. p. 21–30, 2011.
- 46 MASOODIAN, M.; MCKOY, S.; ROGERS, B. Hands-on sharing: collaborative document manipulation on a tabletop display using bare hands. **Proceedings of the 8th ACM SIGCHI New Zealand chapter's international conference on Computer-human interaction: design centered HCI**. p. 25–31, 2007.

- 47 MATTSSON, H. Gesture recognition system. **US Patent 7,129,927**, 2006.
- 48 MEYER, T.; SCHMIDT, D. Idwristbands: ir-based user identification on multi-touch surfaces. **ACM international conference on interactive tabletops and surfaces**. p. 277–278, 2010.
- 49 MICIRE, M. et al. Analysis of natural gestures for controlling robot teams on multi-touch tabletop surfaces. **Proceedings of the ACM International Conference on Interactive Tabletops and Surfaces**. p. 41–48, 2009.
- 50 MICROSOFT PIXEL SENSE. Disponível em : <<http://www.microsoft.com/en-us/pixelsense/default.aspx>>. Acesso em: 30 dez. 2013.
- 51 MORRIS, M. R. et al. Cooperative gestures: multi-user gestural interactions for co-located groupware. **Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in computing systems**. p. 1201–1210, 2006.
- 52 MORRIS, M. R.; WOBROCK, J. O.; WILSON, A. D. Understanding users' preferences for surface gestures. **Proceedings of graphics interface 2010**. p. 261–268, 2010.
- 53 \$N. Disponível em : <<https://depts.washington.edu/aimgroup/proj/dollar/ndollar.html>>. Acesso em: 7 jan. 2015.
- 54 NEWELL, A.; SHAW, J. C.; SIMON, H. A. Report on a general problem-solving program. **IFIP Congress**. p. 256–264, 1959.
- 55 NIELSEN, J. Enhancing the explanatory power of usability heuristics. **Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems**. p. 152–158, 1994.
- 56 NIELSEN, J. Estimating the number of subjects needed for a thinking aloud test. **International journal of human-computer studies**, Elsevier, v. 41, n. 3, p. 385–397, 1994.
- 57 NIELSEN, J. Why you only need to test with 5 users. **Jakob Nielsen's Alertbox**, 2000.
- 58 NIELSEN, J. Recruiting test participants for usability studies. **Jakob Nielsen's Alertbox**, 2003.
- 59 NIELSEN, J. Ten usability heuristics. 2005.
- 60 NIELSEN, J. How many test users in a usability study. **Retrieved June**, v. 1, p. 2013, 2012.

- 61 NIELSEN, M. et al. A procedure for developing intuitive and ergonomic gesture interfaces for hci. In: **Gesture-Based Communication in Human-Computer Interaction. Gesture-Based Communication in Human-Computer Interaction.** [S.l.]: Springer, 2004. p. 409–420.
- 62 NORMAN, D.; WADIA, B. The next touch evolution advancing the consumer experience in other realms: tasks and tough environments. **SID Symposium Digest of Technical Papers.** v. 44, n. 1, p. 541–543, 2013.
- 63 NORTH, C. et al. Understanding multi-touch manipulation for surface computing. In: **Human-Computer Interaction–INTERACT 2009. Human-Computer Interaction–INTERACT 2009.** [S.l.]: Springer, 2009. p. 236–249.
- 64 NYGÅRD, E. S. Multi-touch interaction with gesture recognition. Institutt for datateknikk og informasjonsvitenskap, 2010.
- 65 PIANESI, F.; TOMASINI, D.; ZANCANARO, M. Tabletop support for small group meetings: initial findings and implementation. **2nd Workshop on Multi-User and Ubiquitous User Interfaces 2005 (MU3I 2005).** p. 17, 2005.
- 66 QIN, Y. et al. Utable: a seamlessly tiled, very large interactive tabletop system. **Proceedings of the ACM International Conference on Interactive Tabletops and Surfaces.** p. 244–245, 2011.
- 67 QUICK TIME. Disponível em : <<https://www.apple.com/ca/quicktime/>>. Acesso em: 6 jan. 2015.
- 68 RAKUBUTU, T.; GELDERBLUM, H.; COHEN, J. Participatory design of touch gestures for informational search on a tablet device. **Proceedings of the Southern African Institute for Computer Scientist and Information Technologists Annual Conference 2014 on SAICSIT 2014 Empowered by Technology.** p. 276, 2014.
- 69 REKIMOTO, J. Smartskin: an infrastructure for freehand manipulation on interactive surfaces. **Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems.** p. 113–120, 2002.
- 70 RUBIN, J.; CHISNELL, D. **Handbook of usability testing: howto plan, design, and conduct effective tests.** [S.l.]: John Wiley & Sons, 2008.
- 71 RUBINE, D. **Specifying gestures by example.** [S.l.]: ACM, 1991. 4.

- 72 RUSSAKOVSKY, O. et al. Imagenet large scale visual recognition challenge. **arXiv pre-print arXiv:1409.0575**, 2014.
- 73 SCHAFFER, E. The bollywood technique. **Human Factors International, UI Design Newsletter, June**, 2002.
- 74 SCHOLLIERS, C. et al. Midas: a declarative multi-touch interaction framework. **Proceedings of the fifth international conference on Tangible, embedded, and embodied interaction**. p. 49–56, 2011.
- 75 SEIFRIED, T. et al. Cristal: a collaborative home media and device controller based on a multi-touch display. **Proceedings of the ACM International Conference on Interactive Tabletops and Surfaces**. p. 33–40, 2009.
- 76 SHAER, O. et al. Enhancing genomic learning through tabletop interaction. **Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems**. p. 2817–2826, 2011.
- 77 SHAW, G.; HEDGE, A. The effect of keyboard and mouse placement on shoulder muscle activity and wrist posture. **CU Ergo, Cornell University**, 1977.
- 78 SHEN, C. et al. Diamondspin: an extensible toolkit for around-the-table interaction. **Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems**. p. 167–174, 2004.
- 79 SPACELANES. Disponível em : <<https://nsquaredsolutions.com/games/spacelanes/>>. Acesso em: 10 out. 2014.
- 80 SUN, Q. et al. A multi-touch interface for fast architectural sketching and massing. **Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems**. p. 247–256, 2013.
- 81 TEICHE, A. et al. Multi-touch technologies. **NUI Group**, p. 100, 2009.
- 82 TICHY, W. F. Should computer scientists experiment more? **Computer**, IEEE, v. 31, n. 5, p. 32–40, 1998.
- 83 TSE, E. et al. Enabling interaction with single user applications through speech and gestures on a multi-user tabletop. **Proceedings of the working conference on Advanced visual interfaces**. p. 336–343, 2006.

- 84 WALL, J. Demo i microsoft surface and the single view platform. **Collaborative Technologies and Systems, 2009. CTS'09. International Symposium on**. p. xxxi–xxxii, 2009.
- 85 WOBBROCK, J. O. et al. Maximizing the guessability of symbolic input. **CHI'05 extended abstracts on Human Factors in Computing Systems**. p. 1869–1872, 2005.
- 86 WOBBROCK, J. O.; MORRIS, M. R.; WILSON, A. D. User-defined gestures for surface computing. **Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems**. p. 1083–1092, 2009.
- 87 WU, M.; BALAKRISHNAN, R. Multi-finger and whole hand gestural interaction techniques for multi-user tabletop displays. **Proceedings of the 16th annual ACM symposium on User interface software and technology**. p. 193–202, 2003.
- 88 WU, Y.; HUANG, T. S. Vision-based gesture recognition: a review. In: **Gesture-based communication in human-computer interaction. Gesture-based communication in human-computer interaction**. [S.l.]: Springer, 1999. p. 103–115.
- 89 YEE, W. Potential limitations of multi-touch gesture vocabulary: differentiation, adoption, fatigue. In: **Human-Computer Interaction. Novel Interaction Methods and Techniques. Human-Computer Interaction. Novel Interaction Methods and Techniques**. [S.l.]: Springer, 2009. p. 291–300.
- 90 YOON, H.-S. et al. Hand gesture recognition using combined features of location, angle and velocity. **Pattern Recognition**, Elsevier, v. 34, n. 7, p. 1491–1501, 2001.