

Best practices for Graphical User Interfaces design with interaction based on head movements

Vinicius Kruger da Costa
Universidade Federal de
Pelotas PPGC (UFPeL)
WeTech (IFSul)
Pelotas, Brazil
viniciusdacosta@inf.ufpel.edu.br

Andreia Sias Rodrigues
Universidade Federal de
Pelotas PPGC (UFPeL)
WeTech (IFSul)
Pelotas, Brazil
andreia.sias@inf.ufpel.edu.br

Krishna Ferreira Xavier Jr.
Instituto Federal
Sul-rio-grandense (IFSul)
WeTech (IFSul)
Pelotas, Brazil
tsixav@gmail.com

Juliana Peglow
Instituto Federal
Sul-rio-grandense (IFSul)
WeTech (IFSul)
Pelotas, Brazil
arrobepeglow@gmail.com

Rafael Cunha Cardoso
Universidade Federal de
Pelotas PPGC (UFPeL)
WeTech (IFSul)
Pelotas, Brazil
rafaelcardoso@pelotas.ifsul.edu.br

Tatiana Aires Tavares
Centro de Desenvolvimento
Tecnológico (UFPeL)
WeTech (IFSul)
Pelotas, Brazil
tatiana@inf.ufpel.edu.br

ABSTRACT

The availability of various interaction devices is a reality that expands the potential of user interface design. Traditional keyboard and mouse duet are replaced for new ways of input that use user's body as a means of interaction. However, Graphical User Interfaces (GUI) are still the major output when we analyze the form of display and feedback directed to the user. Therefore, it is necessary to rethink the design of the interaction when the devices used exploit other users' abilities in order to stimulate a better experience of using these devices when in conjunction with an IGU. In this context, the objective of this paper is to propose best practices for IGU projects that use interaction based on head movement tracking. We used the results of a Systematic Review of the Literature and a practical experiment trying to compare efficiency, effectiveness, user experience and interaction characteristics.

ACM Classification Keywords

H.5.2. User Interfaces: Graphical user interface

Author Keywords

Human Computer Interaction, Head Based Interaction, Graphical User Interface, Natural User Interface

INTRODUÇÃO

Novas formas de interação com Interfaces Gráficas do Usuário (IGU) têm sido cada vez mais utilizadas em diferentes contextos. A evolução da tecnologia permitiu que hoje tivéssemos

acesso a uma variedade de novos dispositivos e/ou softwares que permitem a manipulação de informações nos sistemas computacionais de modo não convencional.

A Interface Natural do Usuário (*NUI - Natural User Interface*) prioriza interações mais transparentes, sem a utilização de dispositivos tradicionais de Interação Humano Computador (IHC) como o mouse e teclado [29]. Essa Interface de Usuário (IU) permite uma interação com computador da mesma maneira que interagimos com o mundo físico, ou seja, utilizando recursos como voz, mãos, braço e corpo.

Comercialmente diversas soluções nesse sentido já estão estabelecidas, principalmente na indústria dos jogos eletrônicos, com o uso de dispositivos como o Microsoft Kinect¹, Playstation Move² e Nintendo WiiU³. Outros dispositivos como o Leap Motion⁴ e a pulseira MYO⁵ apresentam-se como tendências de mercado e ampliam a utilização desse tipo de recurso nos mais diversos cenários, tais como área médica militar.

Todas essas soluções são abordagens que visam controlar elementos gráficos, com o apontador numa IGU, através da substituição do uso do mouse. Essas interfaces gráficas hoje não estão somente nas telas dos computadores, também aparecem em *smartphones*, *tablets*, painéis de eletrodomésticos (como geladeiras, microondas), automóveis (*head up display*) e embutidas em tecnologias vestíveis (*wearable technology*) como o Google Glass, por exemplo.

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee.

IHC'17 Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems, October 23-27, 2017, Joinville, SC, Brazil

© 2017 Copyright 2017 SBC. ISBN 978-85-7669-405-2 (online).

DOI: [10.1145/1235](https://doi.org/10.1145/1235)

¹<http://developer.microsoft.com/en-us/windows/kinect>

²<http://www.playstation.com/en-us/explore/accessories/playstation-move>

³<http://www.nintendo.com/wiiu/>

⁴leapmotion.com/

⁵<http://www.myo.com/>

A relação estabelecida, por qualquer usuário com uma IGU, se dá através da interação no nível mais básico que compreende o uso do apontador em tarefas como clicar, selecionar, arrastar os diversos elementos exibidos na tela. Analisar essa relação, a partir dessas interações no nível mais básico, com o uso desses dispositivos e/ou softwares não convencionais, nos permite estabelecer a influência que um processo de adaptação da IGU pode facilitar o uso dessa IU.

O objetivo desse artigo é justamente avaliar essa relação entre tipos de interação com a IGU, sendo que mais especificamente interações baseadas em movimentos da cabeça. Essa avaliação seguiu o protocolo de verificação de uso de IGU, segundo o protocolo Fitts Law (ISO/TS 9241-411:2012) [19], envolvendo tarefas comuns de apontar e selecionar.

Além do uso dos dispositivos com essa finalidade de rastreamento de movimentos de cabeça, se propôs avaliar suas relações com dispositivos tradicionais (mouse e touchpad) e não convencionais com uso da NUI (Myo e Leap Motion), como forma de comparar eficiência, efetividade, experiência de uso e características de interação.

Propõe-se como contribuição estabelecer boas práticas para o projeto de IGU que utilizem esse tipo específico de interação, considerando as características dos movimentos e dos dispositivos e softwares envolvidos. Além da conexão desse tipo de interação ser relacionada a questões de desenvolvimento de TA, com foco em acessibilidade de TICs, contribui-se através dessa investigação para produção de novas possibilidades de uso desse tipo de dinâmica na IHC com interfaces de usuários *hands free*.

O POTENCIAL DOS DISPOSITIVOS DE INTERAÇÃO COMO TECNOLOGIA ASSISTIVA

Dentre os cenários de uso desses novos estilos de interação, destaca-se pelo seu potencial de impacto, o uso de dispositivos de interação para provimento de acessibilidade, especialmente para facilitar o uso do computador.

Só no Brasil, de acordo com o último levantamento disponível pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas), existem cerca de 45,6 milhões de pessoas com deficiência [15], o que corresponde a 23,9% da população brasileira. Deste total 7% apresentam deficiências motoras que incluem desde restrições leves (tremores, falta de mobilidade de um membro do corpo, por exemplo) até outras severas (esclerose lateral amiotrófica, tetraplegia, por exemplo).

Criar as condições necessárias à acessibilidade das Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) por pessoas com deficiência, permitindo a interação desses usuários da forma mais natural possível, constitui-se desafio e campo fértil de pesquisa em IHC. Percebe-se, então, que as características humanas e os estilos de interação são fatores determinantes no modo como se estrutura a relação de uso das TICs através de suas interfaces.

Essa relação nada mais é do que esse processo de interação, ou seja, a troca de estímulos e respostas que colocamos (*input*) e que recebemos (*output*) dos sistemas computacionais e que hoje ainda dependem dos sentidos básicos do nosso corpo:

como visão, audição, tato e da capacidade de movimentar o corpo [3]. Nesse contexto, usuários com alguma deficiência motora ficam excluídos da utilização das IGU disponíveis na maioria dos sistemas computacionais (Figura 1), já que precisam de dispositivos ou softwares auxiliares que possibilitem selecionar, clicar e/ou arrastar para interagir com essas interfaces.

O desenvolvimento de projetos em TA surge como resposta a demanda de inclusão das pessoas com deficiência, num campo de estudo multidisciplinar, o qual visa propiciar a real inclusão desses usuários, conferindo-os autonomia [32].

Uma solução é utilizar o rastreamento de movimento de alguma parte do corpo (ainda preservado) para possibilitar a interação com IGU por pessoas acometidas de déficit motor. Utiliza-se, desse modo, as capacidades dos usuários, com soluções que monitoram um ponto de referência que pode ser movimento da língua [14], lábios [16], olhos [18], cabeça [22] [31] [21], pé [25], entre outras.

Também existem abordagens com o uso do *input* por voz [23], sinais elétricos com origem no cérebro (*BCI - Brain Computer Interface*) [12] [11] ou muscular (*EMG - Electromyography*) [27], além de soluções que combinam diversas técnicas (multimodais) [6].

Conforme [9] a forma mais recorrente de interação por pessoas com deficiência motora se estabelece por *input* de dados com rastreamento de movimento dos olhos (35% das soluções propostas) e da cabeça (18%) e *output* visual gráfico na IGU (mais de 80%). Normalmente os dispositivos que fazem esse rastreamento dos movimentos da cabeça e olhos são TA, funcionam como substitutas ao uso das formas tradicionais de interação e são adaptadas ao nível de restrição motora que o usuário apresenta, o que gera soluções mais personalizadas [30]. Essa abordagem encontra justificativa clínica ao considerar essa região do corpo como última com movimentos preservados [22].



Figure 1. Relação entre dispositivos de entrada de dados (novas formas de interação e dispositivos não tradicionais) e saída gráfica visual através da IGU.

Tecnologias de rastreamento de movimento dos olhos (*eye tracking, eye gaze*) são totalmente baseadas em abordagens de visão computacional, envolvem algoritmos de processamento de imagem e são o foco da maioria das pesquisas. Já as de rastreamento de movimentos da cabeça (*head tracking, head based*) utilizam sensores e tecnologias de captura de movimento acopladas ao próprio usuário.

A acessibilidade de uso das TICs é dada pelo uso dessas diversas tecnologias, ou pela adaptação de dispositivos tradicionais (uma pessoa com deficiência motora usando uma caneta com a boca para digitar um texto num teclado, por exemplo). Ainda assim essa adaptação é foco de preocupação somente em um dos lados do processo de interação (*input* do usuário) e potencialmente encontram barreiras ao se relacionar com a outra ponta (*output* visual do sistema), já que as IGU não estão adaptadas a essas formas de interação, conforme exemplificado na Figura 1.

TRABALHOS RELACIONADOS

Existem diversos projetos em desenvolvimento na área de IHC com foco na interação com IGU, baseados em rastreamento de movimento de cabeça, conforme podemos ver na tabela 1. Esses trabalhos são referenciados através de um Revisão Sistemática de Literatura (RSL) [28] desenvolvido em [9], efetuado no fim de 2016, em artigos científicos produzidos nos últimos 5 anos.

A detecção dos movimentos de cabeça, segundo [1], pode ser feita através de câmeras de vídeo, definidas genericamente como soluções *video-based* ou *camera-based*. Normalmente não dependem de dispositivos externos, utilizando tecnologias disponíveis no próprio computador (webcam, por exemplo) e exigem um desempenho computacional maior por tratar o processamento da imagem em tempo real.

Outra abordagem envolve dispositivos acoplados a cabeça do usuário, com sensores e microcontroladores, que capturam e processam esse movimento (*head-based* ou *head-track*)[1], envolvendo hardwares de baixo custo computacional.

Podemos, portanto, classificar genericamente as soluções com essa finalidade em dois grupos, de acordo com a dependência do agente principal de entrada (*input*) de dados:

- **Soluções dependentes do ambiente:** Tecnologias que capturam os movimentos de cabeça através de visão computacional, utilizando abordagens *video-based*. A interação do usuário com o sistema é de forma natural (NUI), com *input* gestual, ficando centrada no computador o processamento e entrega dos dados do *output* visual da IGU.
- **Soluções dependentes do usuário:** O usuário produz os dados de *input* numa tecnologia vestível (*wearable technology*), a qual, geralmente, tem sensores acoplados (giroscópio e/ou acelerômetro). Essa captura de movimento é transmitida até o computador, que processa os dados e gera as ações de *output* na interface gráfica.

Das soluções que têm dependência do ambiente (*video-based*) a tecnologia de maior relevância é o software **Camera Mouse** [4] que é utilizado como base de pesquisas e de comparações estabelecidas por outros softwares. Seu funcionamento é baseado na captura de movimento através da webcam do próprio computador. Determina-se um ponto de referência visual (um olho, nariz, boca) criada pelo usuário no vídeo, permitindo assim o controle do mouse através do rastreamento desse ponto, além da personalização de um tempo específico (em segundos) para acionar o clique ao deixar o cursor sem movimento (*dwell time*).

Facial Human-Computer Interface (FHCI) [2], **Facial Mouse (FM)** [5] e **BlinkMouse** [20] tentam ampliar o modo de interação possibilitado pelo Camera Mouse, principalmente refinando o controle, precisão e níveis de configuração para uso da ação de clique no computador.

O **BlinkMouse** [20] abre possibilidade de *input* de gestos pré programados (como abrir e fechar a boca, ou piscar os olhos, por exemplo) para disparar as ações clique e duplo clique ao invés do (*dwell time*). Já o **FM** [5] e **FHCI** [2] introduzem um algoritmo de predição de movimentação de cursor, o qual tenta adivinhar e dar maior precisão a intenção do usuário no controle do apontador com a movimentação de cabeça.

ENLAZA e IRISCOM [8] são propostas complementares onde o rastreamento do movimento se dá tanto através de sensores acoplados ao usuário (*head tracking*), como também de software *video based*. Segundo [8] esse tipo de abordagem possibilita uma solução multimodal mais abrangente aos diversos níveis de deficiência motora, com calibração mais ágil.

A proposta apresentada por [17], **ICANDO**, tenta ampliar o rastreamento de dados para além da movimentação de cabeça, utilizando outras formas de interação, como uso da voz (*VOI - voice user interface*), contemplando, desse modo, possibilidade de acessibilidade a tecnologia também por deficientes visuais.

DOSVOX Gyro [10], **The Mouse Emulator** [22] e o **IOM** [31] são exemplos de abordagem *head-tracking*, onde o usuário assume o papel de agente principal no *input* de dados através da movimentação de sua cabeça, com o rastreamento da mesma por tecnologia vestível.

Essas TA que utilizam tecnologia vestível focam: no desenvolvimento técnico de captação e processamento do sinal de rastreamento, em formas mais adequadas de fixação/utilização desses sensores pelos usuários. Algumas soluções utilizam óculos (IOM e The Mouse Emulator) enquanto outras usam *headsets* específicos com sensores embarcados (DOSVOX Gyro) para soluções mais confortáveis.

A preocupação de boa experiência de uso nesse tipo de interação aparece com os softwares **QVirtboard** (teclado virtual) [24] e **Gravity Controls** [13]. Segundo [24] o **QVirtboard** apresenta uma proposta de solução para entrada de texto, via teclado virtual, com *input* de rastreamento de movimentação de cabeça utilizando webcam, similar ao feito pelo Camera Mouse. O diferencial dessa proposta é a busca de um modelo mais adequado de disposição dos elementos na IGU desse teclado virtual, baseado no estudo de outras referências, e em como utilizar esse layout através de uma NUI.

O **Gravity Control** [13] é um software com objetivo de melhorar controle e precisão do apontador e seus deslocamentos, criando um campo gravitacional em torno dos diversos elementos na tela. O usuário, ao controlar com movimento da cabeça o cursor do mouse (numa solução *video-based*), tem o seu apontador atraído ao se aproximar de determinado botão ou menu, facilitando desse modo o uso da IGU.

Algumas das soluções listadas na tabela 1 apresentam, entre os seus resultados, testes aplicados ao seu uso para interação

| Tecnologia Assistiva | Tipo | Rastreamento | Testes com IGU | Recomendações projeto de IGU |
|--|-------------|--------------------------------|----------------|------------------------------|
| Camera Mouse [4] | Software | Webcam | Sim | Não |
| Facial Human-Computer Interface (FHCI) [2] | Software | Webcam | Sim | Não |
| Facial Mouse (FM) [5] | Software | Webcam | Sim | Não |
| BlinkMouse [20] | Software | Webcam | Sim | Não |
| QVirtboard [24] | Software | Webcam | Não | Não |
| ENLAZA e IRISCOM [8] | Soft. Disp. | Sensores e webcam | Não | Não |
| ICANDO [17] | Software | Webcam, microfone (multimodal) | Não | Não |
| Gravity Controls [13] | Software | Webcam | Sim | Não |
| DOSVOX Gyro [10] | Soft. Disp. | Sensores | Não | Não |
| The Mouse Emulator [22] | Dispositivo | Sensores | Não | Não |
| IOM (Interface Óculos Mouse)[31] | Dispositivo | Sensores | Sim | Não |
| User Tracking [21] | Dispositivo | Kinect | Sim | Não |

Table 1. Dispositivos ou softwares que possibilitam interação em IGU baseada em rastreamento de movimento de cabeça

com IGU. Normalmente são testes de validação da tecnologia e de usabilidade com comparação entre dois ou mais tipos de softwares ou dispositivos similares, atendo-se somente as características técnicas dos mesmos.

Cada um dos grupos de tipos de solução (dependentes dos usuários ou do ambiente) apresentam algumas características específicas de uso, que normalmente são delineadas através de soluções técnicas que se preocupam com a via de entrada de dados. Contudo, nenhum dos projetos listados apresenta uma discussão sobre como a adaptação da *output* visual da IGU poderia influenciar e facilitar a interação baseada em movimentação de cabeça.

Existem estudos que apresentam recomendações específicas de melhoria de IGU dentro de um software ou contexto mais restrito, como [18] que desenvolveu uma TA de acessibilidade chamado **ActiveIris**. Nessa proposta apresentam-se algumas soluções visuais utilizadas inerentes ao estilo de interação projetado, que aqui, no caso, é por rastreamento por movimentação do olho (*eye-tracking*).

Trabalhos que avaliem essa discussão, dentro da categoria de interações baseadas em rastreamento de movimentação de cabeça são escassas e demonstram a justificativa de desenvolvimento de experiências de avaliação que melhor as caracterizem.

EXPERIMENTO

Propôs-se uma análise nessa relação, entre interações baseadas em movimento de cabeça e em como elas são impactadas pela configuração dos elementos na IGU, através do desenvolvimento de um experimento.

O planejamento desse experimento considerou os passos: (i) a escolha dos dispositivos, softwares e aparato para execução dos testes; (ii) planejamento da avaliação que inclui a identificação do grupo de participantes e dos métodos de avaliação; (iii) as ferramentas utilizadas para apoiar a avaliação: protocolo *Fitts Law* para **Usabilidade** e o *AtrakDiff*⁶ para **UX**; (iv) análise dos dados coletados.

⁶<http://attrakdiff.de/>

Dispositivos, softwares e aparato utilizado nos testes

Para aplicação dos testes, optou-se pela utilização de duas TA que baseiam sua interação com a IGU através de rastreamento de movimento de cabeça, sendo opções de substituição ao uso do mouse. As tecnologias escolhidas foram o dispositivo **IOM (Interface Óculos Mouse)** [31] e o software **Camera Mouse** [4]. Cada uma dessas tecnologias contempla um dos grupos de características de dependência de *input* de dados (dependentes do ambiente ou do usuário) e pode-se inferir, pela comparação, a influência de suas características exclusivas na sua relação com a IGU.

Também aplicou-se os testes com dispositivos tradicionais de interação - mouse e touchpad - além da utilização de outros dois dispositivos não convencionais, com uso comercial consolidado, baseados em NUI que são o MYO e o Leap Motion.

O **MYO**⁷ é uma pulseira com oito sensores bioelétricos e nove eixos de unidades de medição inercial, que permitem controlar a IGU através do rastreamento da movimentação do braço e da utilização de gestos pré configurados com as mãos para determinadas ações (fechar a mão para clicar, por exemplo).

Já o **Leap Motion**⁸ utiliza duas câmeras CCD (Charge-Coupled Device) e três sensores infra-vermelhos para captação da movimentação da mão e dedos para interação, dando ênfase na captura da motricidade fina para controle do cursor.

Essas soluções, apesar de não serem *head-based* para interação com a IGU, apresentam abordagens similares as TA relacionadas. O MYO foca numa abordagem de tecnologia vestível similar a adotada pelo IOM, enquanto o Leap Motion é dependente dos fatores do ambiente (*video-based*) tal como o Camera Mouse.

A comparação desses diversos tipos de tecnologias, que propiciam diversas formas de interação, com a mesma interface gráfica, obedecendo o mesmo critério e protocolo, permitiu

⁷www.myo.com

⁸www.leapmotion.com

uma análise comparativa mais abrangente entre: interações baseadas no rastreamento de movimentação de cabeça (IOM e Camera Mouse), interações naturais por gestos de mão e braço (MYO e Leap Motion) e dispositivos tradicionais (mouse e touchpad).

O experimento foi conduzido com um notebook equipado com Windows 10, processador 2.6 GHz, 16 GB RAM, monitor de 14 polegadas. Utilizou-se a webcam do próprio computador para uso do Camera Mouse aplicando a resolução de 1366 x 768 pixels em todos os testes.

Planejamento da Avaliação

No que tange a definição dos participantes, o experimento foi conduzido com 6 estudantes do Instituto Federal Sul-rio-grandense (IFSul) Campus Pelotas, no mês de maio de 2017. Todos eles utilizam de forma diária o computador, interagindo com ele através dos dispositivos tradicionais: mouse, teclado e touchpad. Todos são usuários típicos, ou seja, sem deficiência motora, sendo que quatro deles já haviam utilizado algum dispositivo de interação por rastreamento de movimentação de cabeça para controle de apontador na IGU, mesmo que por algumas horas. Somente um usuário já tinha contato com os dispositivos não tradicionais MYO e Leap Motion.

Apesar de parte da motivação do estudo residir na questão da acessibilidade a pessoas com deficiência motora, optou-se pelo não envolvimento de usuários atípicos nos testes. Isso se justifica pela escolha da comparação de eficiência no uso de dispositivos de interação para controle de apontadores na IGU que necessitam uso dos membros superiores, como o mouse e touchpad, em comparação com os demais dispositivos não convencionais.

Os participantes eram convidados a ficar sentados, num contexto similar a de um posto de trabalho. Eram também orientados que poderiam ficar como se sentissem mais confortáveis para uso dos diversos dispositivos (alguns ficaram em pé ao testar o MYO, por exemplo).

Para alcançar o objetivo proposto, desenvolveu-se o experimento com métodos de avaliação centrados em aspectos de **Usabilidade e Experiência de Uso (UX)**, comparando a eficiência e satisfação de uso entre os diversos dispositivos e softwares.

Enquanto a **Usabilidade** tenta quantificar a eficiência no uso de uma determinada interface na execução de tarefas, dentro de objetivos específicos num contexto de uso [3], a **UX** tenta compreender esse processo de interação numa abordagem mais qualitativa que envolve a satisfação de uso [29] de uma maneira global.

Ferramentas de Avaliação

A experiência envolveu tarefas comuns de apontar, selecionar e clicar, que são usadas como métricas para verificar a usabilidade, eficiência de uma interação com uma IGU, de acordo com a *Fitts Law* (norma ISO/TS 9241-411:2012 [19]). A atividade foi proposta usando os dispositivos previamente selecionados para comparar os valores de velocidade na execução

de tarefas (ms/t, microssegundos por tentativa) e de erros de clique (taxa de erro em porcentagem) [26].

A interface gráfica experimental do protocolo é mostrada na Figura 2. São 13 alvos circulares, dispostos em um círculo no centro da tela, que devem ser selecionados conforme a sinalização apresentada pelo software. Foram testadas duas distâncias entre os círculos (300 e 500 pixels, aproximadamente 12 e 20 cm) e três medidas de diâmetro do círculo (30, 60 e 100 pixels, aproximadamente 1,5cm, 3cm e 5cm), abrangendo seis combinações, com 13 faixas em cada bloco.

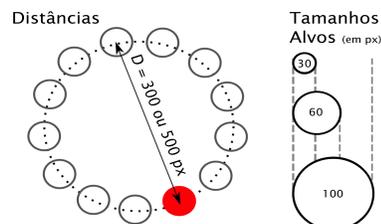


Figure 2. Interface Gráfica de Usuário experimental. As seis possibilidades de combinação entre as distâncias (300 e 500 pixels) e os tamanhos dos alvos (30, 60 e 100 pixels) apresentados aqui, quando agrupados em ordem aleatória, definem um bloco.

Além dos testes de usabilidade quantitativos do protocolo Fitts Law, optou-se por aplicar um questionário que avalie a Experiência de Usuário (UX) e a Atratividade de cada um dos dispositivos e interações propostas na avaliação.

Nessa perspectiva de avaliação qualitativa, o AttrakDiff é um instrumento para medir a atratividade de produtos interativos e a relação dos mesmos com a experiência que tiveram. Este instrumento utiliza-se de pares de adjetivos opostos para que os usuários (ou potenciais usuários) possam identificar a sua percepção do produto [7]. Os adjetivos representam uma coleção de quatro possíveis dimensões para avaliação: Qualidade pragmática (PQ); Qualidade Hedônica-Estimulação (HQ-S); Qualidade Hedônica-Identidade (HQ-I) e Atratividade (ATT).

É importante ressaltar que a qualidade hedônica e pragmática são dimensões independentes e ambas contribuem para a medida de atratividade. Após o processamento dos dados na ferramenta AttrakDiff foram obtidos os resultados discutidos na sequência.

Análise dos resultados

A partir do procedimento de avaliação sob as duas perspectivas - usabilidade e UX - foi possível estabelecer algumas relações entre o desempenho dos diversos tipos de interação, com relação tanto ao tipo de dispositivo utilizado, como também da organização dos elementos na interface gráfica.

Usabilidade

Os dispositivos mouse e touchpad apresentaram uma homogeneidade no nível de eficiência vs. porcentagem de erros, conforme resultados da Tabela 2, independente do tamanho dos elementos gráficos e distância dos mesmos na tela. Todos os participantes dos testes usam cotidianamente essa forma

| | Mouse | | Touchpad | | IOM | | Camera Mouse | | MYO | | Leap | |
|------------|----------------|---------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|
| | 300 | 500 | 300 | 500 | 300 | 500 | 300 | 500 | 300 | 500 | 300 | 500 |
| 30 | 1012,0 2,9% | 1081,4 1% | 1357,7 1% | 1542,1 6,7% | 5670,8 44,2% | 7099,4 36,6% | 2539,9 54,8% | 3066,9 51,9% | 6799,2 17,3% | 6758,0 16% | 3451,0 39,4% | 2962,0 49% |
| 60 | 777,5 1% | 948 1% | 1116 1% | 1225,8 1,9% | 5173,6 6,7% | 6049,2 13,5% | 2508,2 28,9% | 3003,6 23,1% | 6029,3 3,9% | 4373,4 7,1% | 3451,0 48,1% | 2962,0 26,9% |
| 100 | 812,5 1% | 801,4 1,9% | 1016,7 1,9% | 1090,2 0% | 4005,5 2,9% | 5414,2 1,9% | 2651,1 3,9% | 2889,7 10,6% | 3955,7 8,3% | 4677,9 2,6% | 2310,9 24,1% | 3178,7 56,1% |

Table 2. Médias de eficiência em microsegundos/tentativa (ms/t) com taxas de erros (porcentagem) em cada um dos blocos, distâncias (300 e 500 pixels) e diâmetros (30, 60 e 100 pixels) entre os diversos dispositivos comparados

de interação com a IGU e nenhum deles relatou problema de adaptação na utilização desses dispositivos.

Já com os demais dispositivos (IOM, Camera Mouse, MYO e Leap) os resultados da Tabela 2 demonstram uma relação direta entre eficiência e tamanho dos elementos dispostos na IGU. O bloco de teste com a pior efetividade ocorreu com o menor tamanho de elemento (30 pixels) na maior distância prevista no protocolo (500 pixels), apresentando as piores velocidades de deslocamento entre os círculos e a pior média de erros de clique (em torno de 38%).

Em relação a esse arranjo com pior desempenho de elementos para interação no teste, a efetividade de cliques aumenta conforme o tamanho do elemento. Em círculos com 100 pixels de diâmetro a velocidade de deslocamento para clique varia de 35% (distanciados a 300 pixels) a 19% (distanciados a 500 pixels) mais rápida do que em relação aos elementos menores (30 e 60 pixels).

Pode-se inferir, pelos dados dos testes (Figura 3), que a precisão é realmente um problema nesse tipo de interação não convencional, independente do tipo de tamanho de elemento. Se compararmos dispositivos tradicionais (taxas de erro de clique numa média de 1,4% mouse e 2% touchpad) nota-se uma grande diferença de eficácia em relação as soluções com interação baseadas em movimento de cabeça (17,6% IOM e 28,9% Camera Mouse) e que utilizam gestos para NUI (9,2% MYO e 40,6% Leap).

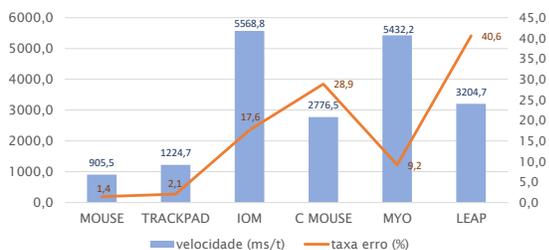


Figure 3. Comparativo das médias finais de eficiência de clique vs. taxa de erros nos dispositivos comparados.

Esse problema de precisão é atenuado quando o tamanho dos elementos é maior, diminuindo a taxa de erros. Considerando somente os dispositivos IOM e Camera Mouse, a média de erros com os círculos de 100 pixels foi de 4,8%, bem menor do que nos elementos de 30 (46,9%) e 60 pixels (18%).

Também percebe-se nos dados da Tabela 2 que não existe uma co-relação entre a proximidade dos elementos com um nível de eficácia na ação dos cliques onde cada dispositivo apresentou um comportamento diverso com relação a essa característica da IGU. Apesar de uma tendência de mais erros em distâncias maiores isso é um indício que esse tipo de interação, ao longo de um determinado tempo de execução, pode exigir deslocamentos mais otimizados como forma de aumentar a eficiência.

As médias gerais de cada um dos dispositivos destacados na Figura 3 nos apresenta, também, uma relação de que conforme a abordagem de solução há um comportamento e eficiência diferente de interação. Os dispositivos que utilizam uma abordagem de *wearable technology* dependentes do usuário (IOM e o MYO), apresentam uma movimentação de cursor mais lenta, porém com uma taxa de erros de clique muito menor em relação as soluções *camera based* dependentes do ambiente (Camera Mouse e Leap).

Outro aspecto relevante que impacta na execução de tarefas é o fato do usuário já ter alguma experiência prévia de uso com o dispositivo testado. De acordo com os resultados apresentados na Tabela 3, é possível afirmar que pessoas com experiência no uso de dispositivos *head-track* para interação com IGU baseados em movimento de cabeça, mesmo que por pouco tempo (algumas horas), tiveram um desempenho em torno de 200 ms/t mais rápido (4%) no teste, com taxas de erros em torno de 6% menores. Esses valores trazem uma métrica de curva de aprendizagem no uso de um determinado dispositivo e interação, mesmo que de uso não convencional como essa.

| | IOM | | Camera Mouse | |
|-------------|----------|----------|--------------|----------|
| | com exp. | sem exp. | com exp. | sem exp. |
| vel. (ms/t) | 5461,8 | 5675,8 | 5461,8 | 5675,8 |
| erro (%) | 12,8 | 22,4 | 27,6 | 30,1 |

Table 3. Velocidade desempenho e taxa de erros vs. experiência no uso do IOM e Camera Mouse

Experiência de Usuário

Após o processamento dos dados na ferramenta AttrakDiff foram obtidos os resultados em forma de portfólio apresentados na Figura 4. Nesta representação o eixo vertical representa a qualidade hedônica e o eixo horizontal à qualidade pragmática. Dependendo dos valores das dimensões, a representação do produto no portfólio o identifica em um ou

mais quadrantes (muito auto-orientado/auto-orientado; desejável; neutro; supérfluo e muito orientado a tarefa/orientado a tarefa). O retângulo de confiança (tom mais claro que identifica cada dispositivo) representa a precisão dos resultados. Quanto menor o retângulo, mais confiabilidade dos resultados sendo que o centro médio é o quadrado pequeno com tom escuro.



Figure 4. Gráfico de representação de percepção de experiência de uso dos dispositivos comparados utilizando ferramenta AttrakDiff.

Os dispositivos tradicionais de interação com a IGU - mouse e touchpad - ficaram com centro médio dentro do quadrante de produtos orientados a execução de tarefas. Os níveis de atratividade (ATT) desses dispositivos (conforme Figura 5) ficaram num nível mediano, sendo que o vetor de maior relevância de ambos é a qualidade pragmática (PQ), o que mostra a percepção geral dos usuários de que esses dispositivos somente servem para cumprir uma determinada função, sem ter um satisfação no seu uso (HQ-S).

Uma das grandes reclamações espontâneas dos usuários ao testar o dispositivo MYO, residia na complexidade de calibração e uso dos gestos. Um dos participantes dos testes não conseguiu efetuar o gesto de clique, necessitando modificar a configuração do mesmo para seu funcionamento. Essa consideração ficou retratada na avaliação de UX onde sua PQ foi a pior classificação entre todos os dispositivos, o que o colocou no quadrante de produto muito auto-orientado, ou seja, que fica limitado em sua atuação pelas suas próprias características, não gerando atratividade (ATT) para uso.

O Leap, por sua vez, apresentou a maior variação de observações pelos participantes que ficavam entre indiferentes a

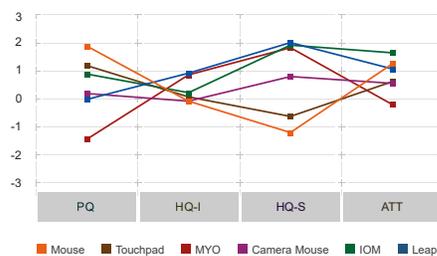


Figure 5. Gráfico de Valores Médios das Dimensões utilizando a ferramenta AttrakDiff™.

estimulados ao uso desse dispositivo. Isso o colocou num quadrante de produto auto-orientado, níveis baixos de PQ e HQ-I, mas com uma avaliação positiva de satisfação de uso (HQ-S mais alto de todos) e atratividade (ATT).

Das soluções focadas em interação com IGU baseadas em movimento da cabeça, o Camera Mouse foi avaliada como um produto neutro, com todas as dimensões medianas. Ele teve uma UX percebida de um software não somente focado em suas características (auto-orientado), como também nem orientado a execução de tarefas, não tendo uma boa avaliação na questão do estímulo e atratividade de uso.

Já o IOM foi a solução mais bem avaliada entre todos os dispositivos, ficando no quadrante de produto auto-orientado, mas na margem do quadrante de produto desejável (retângulo de confiança fica entre auto-orientado, neutro e desejável). Ele obteve uma avaliação mediana nos eixos PQ e HQ-I, porém com bons conceitos nos conceitos HQ-S e ATT. Essa avaliação demonstra margem para evoluções de uso prático desse dispositivo mesmo tendo despertado o desejo e interesse dos usuários em seu uso.

De uma maneira geral, todos esses dispositivos não convencionais nunca foram utilizados pelos participantes do teste, sendo que 4 desses usuários sequer haviam utilizado eles uma única vez. Durante a aplicação do protocolo de teste várias foram as considerações dos participantes, as quais confirmaram as tendências dos dados quantitativos e qualitativos obtidos nos testes.

Os dispositivos que utilizam abordagem *camera based* (Camera Mouse e Leap) foram apontados pelos usuários como muito imprecisos. Grande parte dessas reclamações dos participantes residia no fato de não haver um *feedback* visual que auxiliasse no processo de controle do apontador na tela. Por vezes eles não tinham certeza de terem clicado ou não sobre um elemento ou de em qual local estava o cursor na tela.

O MYO e IOM tiveram comentários mais relacionadas a mecânica de clique adotada. Enquanto o IOM foi considerado mais "lento" na velocidade de deslocamento de cursor na tela, sua técnica *dwell time* para clique minimizou a taxa de erros em relação ao MYO. Foi sugerido por dois participantes que a existência de um elemento visual num formato de *timer* poderia auxiliar na compreensão e no controle do clique. Por outro lado, o MYO tem uma alta velocidade de deslocamento, mas um gesto pré-determinado (fechar a mão) ser a ação de clique por vezes gerou frustrações de uso (participante não conseguia executar por perfeição o gesto).

Dos quatro dispositivos/software não convencionais o único que ainda se encontra em nível de protótipo é o IOM, sendo que todos eles permitem ajustes gerais de calibração para início de uso e de ajuste de velocidade. Em todos os cenários utilizou-se a configuração padrão dos dispositivos/software, o que despertou comentários dos participantes que por vezes solicitavam que uma ou outra interação movimentasse mais ou menos rápido o cursor na tela.

BOAS PRÁTICAS

Com base no experimento desenvolvido, seus resultados e na análise tanto dos aspectos de usabilidade e de experiência de usuário que envolveram a interação com a IGU, baseada nesses dispositivos não convencionais e no rastreamento de movimento de cabeça, podemos retirar algumas conclusões que referenciam a sugestão de boas práticas no desenvolvimento de projetos que envolvam essa dinâmica.

Além do experimento, a revisão sistemática de literatura também nos apresentou, nos trabalhos relacionados, uma série de dificuldades de ordem técnica/prática inerentes a esse tipo de interação e a inexistência de guias que pudessem auxiliar o design desse tipo de IU (Tabela 1).

Alguns dos problemas observados no experimento e listados nos trabalhos relacionados são:

- Tanto soluções dependentes do ambiente, como centradas no usuário, apresentam grandes problemas de precisão de deslocamento e controle do cursor dentro da IGU;
- Fadiga no uso da interação pelo movimento excessivo da cabeça principalmente em grandes e repetitivos deslocamentos de cursor pela tela;
- Desafio para selecionar os elementos na tela, principalmente os menores, com grandes dificuldades para efetuar o clique de forma natural;
- Problemas de calibração no uso inicial do dispositivo/software;
- Falta de customização de ajustes para usos mais específicos de cada solução, principalmente em TA;
- Nas soluções dependentes do usuário a maneira como os sensores são acoplados na cabeça pode gerar soluções incômodas e que não capturem adequadamente a movimentação necessária;
- Nas soluções dependentes do ambiente, além da alta carga computacional envolvida, fatores como: iluminação (excesso ou falta), posição do dispositivo que vai rastrear o movimento da cabeça, influenciam na performance das câmeras que rastreiam o movimento;

A maioria dos dispositivos/software apresenta soluções que focam exclusivamente nos elementos de captação e processamento dos dados de movimentação de cabeça. Não existe a preocupação de como uma adaptação da IGU poderia auxiliar no processo de melhor experiência de uso através desse tipo de interação.

Pode-se comprovar que existe uma melhor adaptação das IGU ao uso dos dispositivos tradicionais de controle do apontador (mouse e touchpad), enquanto que as interações baseadas em movimento de cabeça podem apresentar uma melhor UX, com melhor eficácia em termos de usabilidade, desde de que essa Interface Gráfica apresente adaptações.

Com base nisso sugere-se repensar a maneira como é organizado o design dessa interação através de algumas boas práticas na criação de projetos de IGU que levem em conta as especificidades dadas por esse contexto de uso.

Feedback Visual

Existe a necessidade de elementos visuais de *feedback* na IGU que permitam uma melhor visualização para controle tanto de movimentação de cursor, como de tempo e eficiência de clique.

Saber qual parte da cabeça é a referência para o controle do cursor do mouse auxilia o usuário no domínio da movimentação do cursor em direção do elemento na IGU desejado que deve visualmente dar retorno sobre estar selecionado. A estilização do cursor tradicional, com tamanho e formato diferenciado, possibilita uma melhor visualização para esse *feedback*.

Outro aspecto importante é gerar *feedback* visual da ação de clique através de elementos que permitam um maior controle sobre ele. Na abordagem *dwell time* do dispositivo IOM, essa necessidade ficou clara na medida que os participantes do teste por vezes não tinham certeza se já haviam, ou não, esperado o tempo necessário (2 seg.) para o clique.

O domínio da visibilidade de onde o usuário está na IGU é necessário e fundamental para uma melhor eficiência sobre suas ações dentro da tela, com alertas de erro, recuperação, clique, etc.

Organização e tamanho dos elementos na IGU

O tamanho dos elementos visuais dispostos na tela impacta na usabilidade desse tipo de interação, quanto maiores os elementos, maior a precisão de seleção e clique do mesmo. A perspectiva de elementos pequenos (ícones, menus, controle de janelas na tela e do próprio apontador) dentro da IGU limita uma melhor precisão e controle de erros dos cliques.

A relação de distância entre os elementos visuais tem pouco impacto na precisão de uso da IGU, sendo que distâncias maiores apresentam uma taxa de erro de clique um pouco maior, numa margem pequena. Contudo, considerando a realidade relatada por alguns participantes, de possibilidade de cansaço no uso desse tipo de interação por um longo tempo contínuo, indica-se que se utilize no projeto da IGU distâncias menores para ações com alta repetição, facilitando assim o deslocamento, performance e eficácia, aliada e menor esforço.

Além da questão do tamanho e disposição dos elementos na tela, cabe ressaltar a necessidade de consistência dos elementos visuais para o usuário desse tipo de interação, facilitando o reconhecimento de padrões que possam auxiliar o seu uso.

Uso e controle do usuário no processo de interação

Além dos recursos visuais de *feedback* e da reorganização da disposição e do tamanho dos elementos visuais na tela, com a finalidade de facilitar o controle do cursor, existem alguns recursos que devem ser adicionados para facilitar ainda mais a usabilidade e UX.

Uma das grandes reclamações dos participantes nos testes residia no fato de não haver a visibilidade de funcionamento e de calibragem inicial dos dispositivo/software que estavam utilizando para esse tipo de interação. Esse controle do usuário deve ser apresentado visualmente, através de soluções na IGU que demonstrem o *status* contínuo de uso, com configurações de ajuste de movimento e tutorial que fundamente o primeiro

uso. Esse tipo de interação não é cotidiana, apresentar como se estabelece esse processo com o uso do movimento de cabeça, qual a forma de executar isso de forma correta, através de ilustrações/animações, auxilia o usuário no aprendizado inicial.

A lógica de prevenção de erros também deve ser administrada através de retornos visuais na tela, tanto com *feedback* visual, como com mecanismos de controle para re-calibração ou reinício do dispositivo com fácil acesso.

Como percebido no experimento, os participantes conforme iam se habituando ao uso desse tipo de interação durante algum tempo, elevam sua eficiência, diminuindo a taxa de erros. Isso demonstra a necessidade de customizações e/ou personalizações de ajustes de uso, tal como no mouse, onde conforme a curva de aprendizado o usuário possa configurar qual a velocidade adequada de cursor relacionada a sua movimentação de cabeça, qual a postura que ele adota para o uso (se deitado ou sentado, por exemplo).

Outra funcionalidade sugerida por alguns participantes seria a de utilização na IGU de predição de movimento e clique, onde o usuário ao se aproximar de determinado elemento na tela, um botão por exemplo, tivesse o cursor atraído pelo mesmo de forma rápida, sem necessidade de efetuar todo o movimento. Isso permitiria um melhor controle e precisão do apontador e seus deslocamentos.

CONCLUSÃO E PRÓXIMOS PASSOS

Com o surgimento de diversas novas tecnologias de sensoramento em novos dispositivos/software que permitem interações não usuais, faz-se necessário a discussão sobre a utilização desses diante do paradigma atual de *output* de dados que continua sendo na IGU.

A partir do experimento desenvolvido nesse artigo, pode-se comprovar que existe uma relação direta entre a organização, disposição, configuração dos elementos numa IGU e sua melhor usabilidade e UX nas interações que utilizam dispositivos não convencionais, e em específico, baseados em movimento de cabeça.

O objetivo central desse artigo foi contribuir com boas práticas básicas para o design de interação nos projetos de IGU, adaptando esse tipo de interface a esse contexto específico, permitindo, desse modo, a criação de soluções de desenvolvimento de dispositivos e softwares que possam trazer novas funcionalidades aderentes as necessidades desse uso.

O impacto desse tipo de interação com IGU, com o rastreamento por movimentação de cabeça, encontra seu máximo potencial quando consideramos a acessibilidade a pessoas com deficiência motora. Contudo cada vez mais as IGU e os contextos diferentes das tecnologias permitem o uso de interações *hands free*.

Como próximos passos a serem explorados dentro da pesquisa existe a aplicação desses boas práticas com mais experimentos de campo que possam gerar diretrizes mais gerais de interfaces gráficas adaptáveis especificamente a interações baseadas em movimento de cabeça em diversos contextos.

REFERENCES

1. Amer Al-Rahayfeh and Miad Faezipour. 2013. Eye tracking and head movement detection: A state-of-art survey. *IEEE journal of translational engineering in health and medicine* 1 (2013), 2100212.
2. Rui Antunes, Luis Brito Palma, Fernando Coito, Hermínio Duarteramos, and Paulo Gil. 2016. Intelligent human-computer interface for improving pointing device usability and performance. In *12th International Conference on Control and Automation (ICCA), 2016*. 714–719. DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/ICCA.2016.7505363>
3. Simone Diniz Junqueira Barbosa and Bruno Santana Silva. 2010. *Interação Humano-Computador*. Campus Elsevier, Rio de Janeiro.
4. Margrit Betke, James Gips, and Peter Fleming. 2002. The camera mouse: visual tracking of body features to provide computer access for people with severe disabilities. *IEEE Transactions on neural systems and Rehabilitation Engineering* 10, 1 (2002), 1–10.
5. Zhen-Peng Bian, Junhui Hou, Lap-Pui Chau, and Nadia Magnenat-Thalmann. 2016. Facial Position and Expression-Based Human-Computer Interface for Persons With Tetraplegia. *IEEE journal of biomedical and health informatics* 20, 3 (2016), 915–924.
6. Pradipta Biswas and Pat Langdon. 2015. Multimodal intelligent eye-gaze tracking system. *International Journal of Human-Computer Interaction* 31, 4 (2015), 277–294.
7. Rafael Cardoso, Vinícius Costa, Andreia Rodrigues, Tatiana Tavares, Krishna Xavier, Jamir Peroba, Juliana Peglow, and Cleber Quadros. 2016. Doce Labirinto: Experiência de jogo utilizando interação baseada em movimentos da cabeça e recursos tangíveis. In *Anais XV Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital (SBGames 2016)*. 563–572. <http://www.sbgames.org/sbgames2016/downloads/anais/157589.pdf>
8. Alejandro Clemotte, Rafael Raya, Ramón Ceres, and Eduardo Rocon. 2013. Preliminary result from a multimodal interface for cerebral palsy users based on eye tracking and inertial technology. In *Converging Clinical and Engineering Research on Neurorehabilitation*. 443–448. DOI: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-345.46-3_72
9. Vinicius Costa, Andréia Rodrigues, Rafael Cardoso, and Tatiana Tavares. 2016. Investigação preliminar sobre Interfaces de Usuário em produtos de Tecnologia Assistiva. In *Anais XVII Encontro de Pós Graduação da Universidade Federal de Pelotas*. http://cti.ufpel.edu.br/siepe/arquivos/2016/CE_04411.pdf
10. Adriano Cruz, Henrique Serdeira, João Assis, José Borges, José Araújo, Márcia Soeiro, Marcos Carvalho, and Mário Barbosa. 2015. New Solutions for Old Problems: Use of Interfaces Human/Computer to Assist People with Visual and/or Motor Impairment in the Use

- of DOSVOX and microFênix. In *New Contributions in Information Systems and Technologies*. 1073–1079. DOI : http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-16486-1_106
11. Alessandro Ferreira, Leonardo de Miranda, and Erica de Miranda. 2012. Interfaces cérebro-computador de sistemas interativos: estado da arte e desafios de IHC. In *Proceedings of the 11th Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems (IHC '12)*. 239–248. <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2393536.2393572>
 12. Maria Hakonen, Harri Piitulainen, and Arto Visala. 2015. Current state of digital signal processing in myoelectric interfaces and related applications. *Biomedical Signal Processing and Control* 18 (2015), 334–359.
 13. Peter Heumader, Klaus Miesenberger, and Gerhard Nussbaum. 2012. Gravity controls for windows. In *Computers Helping People with Special Needs*. 157–163. DOI : <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-31534-3>
 14. Xueliang Huo. 2011. *Tongue drive: a wireless tongue-operated assistive technology for people with severe disabilities*. Ph.D. Dissertation. Georgia Institute of Technology.
 15. IBGE. 2010. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - Censo Demográfico. (2010). Retrieved February 02, 2017 from www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010.
 16. Marcelo Archajo Jose and Roseli de Deus Lopes. 2015. Human-computer interface controlled by the lip. *IEEE journal of biomedical and health informatics* 19, 1 (2015), 302–308.
 17. Alexey Karpov and Andrey Ronzhin. 2014. A universal assistive technology with multimodal input and multimedia output interfaces. In *Universal Access in Human-Computer Interaction. Design and Development Methods for Universal Access: 8th International Conference (UAHCI 2014)*, Vol. 8513. 369–378. DOI : http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-07437-5_35
 18. Pamela C. Levy, Nirvana S. Antonio, Thales R. B. Souza, Rogério Caetano, and Priscila G. Souza. 2013. ActiveIris: Uma Solução Para Comunicação Alternativa e Autonomia De Pessoas Com Deficiência Motora Severa. In *Proceedings of the 12th Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems (IHC '13)*. 42–51. <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2577101.2577113>
 19. Ian Scott Mackenzie. 2016. FittsTaskTwo (2D) - FittsLaw Software. (2016). Retrieved November 19, 2016 from www.yorku.ca/mack/FittsLawSoftware.
 20. Joanna Marnik. 2014. BlinkMouse-On-Screen Mouse Controlled by Eye Blinks. In *Information Technologies in Biomedicine*. Vol. 4. 237–248. DOI : <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-540-68168-7>
 21. João Martins, João Rodrigues, and Jaime Martins. 2015. Low-cost natural interface based on head movements. *Procedia Computer Science* 67 (2015), 312–321.
 22. Davide Mulhari, Antonio Celesti, Maria Fazio, and Massimo Villari. 2015. Human-Computer Interface Based on IoT Embedded Systems for Users with Disabilities. In *Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social-Informatics and Telecommunications Engineering, LNICST*. Vol. 150. 376–383.
 23. Moyaen Mohammad Mustaqim. 2013. Automatic speech recognition-an approach for designing inclusive games. *Multimedia tools and applications* 66, 1 (2013), 131–146.
 24. Adam Nowosielski. 2016. Minimal Interaction Touchless Text Input with Head Movements and Stereo Vision. In *Computer Vision and Graphics: International Conference, Proceedings (ICCVG 2016)*. 233–243. DOI : http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-46418-3_21
 25. Diogo Pedrosa and Maria da Graça C Pimentel. 2014. Text entry using a foot for severely motor-impaired individuals. In *Proceedings of the 29th Annual ACM Symposium on Applied Computing*. 957–963. DOI : <http://dx.doi.org/10.1145/2554850.2554948>
 26. César Augusto Martins Pereira. 2009. *Desenvolvimento e avaliação de uma interface homem-computador, com as funções de um “mouse”, controlada pelo movimento da cabeça para uso em pessoas com deficiências físicas*. Ph.D. Dissertation. Universidade de São Paulo.
 27. Claudia Perez-Maldonado, Anthony Wexler, and Sanjay Joshi. 2010. Two-dimensional cursor-to-target control from single muscle site sEMG signals. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering* 18, 2 (2010), 203–209.
 28. Kai Petersen, Robert Feldt, Shahid Mujtaba, and Michael Mattsson. 2008. Systematic Mapping Studies in Software Engineering.. In *Proceedings of the 12th international conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering (EASE'08)*, Vol. 8. 68–77. <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2227115.2227123>
 29. Jenny Preece, Yvonne Rogers, and Helen Sharp. 2013. *Design de Interação - 3ed*. Bookman Editora.
 30. Yashar Abbasalizadeh Rezaei, Gernot Heisenberg, and Wolfgang Heiden. 2014. User Interface Design for Disabled People Under the Influence of Time, Efficiency and Costs. In *International Conference on Human-Computer Interaction (IHC '14)*. 197–202. DOI : http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-07854-0_35
 31. Andréia Rodrigues, Vinicius da Costa, Márcio Machado, Angélica Rocha, Joana de Oliveira, Marcelo Machado, Rafael Cardoso, Cleber Quadros, and Tatiana Tavares. 2016. Evaluation of the Use of Eye and Head Movements for Mouse-like Functions by Using IOM Device. In *International Conference on Universal Access in Human-Computer Interaction (IHC '16)*. 81–91. DOI : http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-40244-4_9
 32. Kristen Shinohara and Jacob O. Wobbrock. 2016. Self-Conscious or Self-Confident? A Diary Study Conceptualizing the Social Accessibility of Assistive Technology. *ACM Transactions on Accessible Computing* 8, 2 (2016), 1–31.