



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS
FACULDADE DE COMPUTAÇÃO

BRUNO AKIRA FUKUSHIMA MURAKAMI

**AVALIAÇÃO DA INTERAÇÃO POR RASTREAMENTO DE
CABEÇA EM COMPUTADOR E TABLET**

Belém - PA

2017

Bruno Akira Fukushima Murakami

**Avaliação da Interação por Rastreamento de Cabeça em
Computador e Tablet**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisição para obtenção do grau de Bacharel em Ciência da Computação. Instituto de Ciências Exatas e Naturais. Universidade Federal do Pará.

Orientador: Prof. Dr. Bianchi Serique Meiguins

Belém - PA

2017

Bruno Akira Fukushima Murakami

**Avaliação da Interação por Rastreamento de Cabeça em
Computador e Tablet**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisição para
obtenção do grau de Bacharel em Ciência
da Computação. Instituto de Ciências
Exatas e Naturais. Universidade Federal
do Pará.

Data da defesa: Belém-PA, 10 de março de 2017

Conceito: _____

Prof. Dr. Bianchi Serique Meiguins – Orientador
Faculdade de Computação – ICEN/UFPA

Prof. Dr. Marcelle Pereira Mota – ICEN/UFPA

Prof.Msc. Anderson Gregório Marques Soares – UFRA

Dedico este trabalho aos meus pais, Alice Kimico Fukushima Murakami e Bernardo Makoto Murakami que sempre me incentivaram e motivaram a nunca desistir e a sempre estudar para assim conseguir um grande futuro, dedico também a minha irmã, Aline Misue Fukushima Murakami que sempre me incentivou e serviu de força mental e espiritual nessa árdua caminhada.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus por ter me saúde para persistir e seguir em frente.

Gostaria também de agradecer a minha mãe que sempre me motivou a estudar e minha irmã que sempre me deu forças e até pagou minha inscrição no mestrado!

Agradeço ao meu orientador, o prof. Dr. Bianchi Serique Meiguins por ter me dado a oportunidade de ingressar no LabVis e também por poder realizar meu TCC junto a sua orientação, certamente que seus pensamentos, ideias, orientações e críticas foram vitais para que eu conseguisse terminar este trabalho.

Agradeço a família LabVis, Dr. Gustavo Resque, Mestre Tiago Araujo, Mestre Brunelli Miranda, Mestre Paulo Roberto, Mestre Roberto Franco e a futura mestre Luciana Brito que sempre se mostraram solícitos a me ajudar em qualquer problema que enfrentasse.

Agradeço ao Mestre Alexandre Freitas por ter me ajudado incessantemente nesse processo e por sempre ter me apoiado e dado as energias e apoio necessário para concluir esse trabalho. (Certamente, será um excelente orientador).

Agradeço aos meus colegas de turma, Arthur Moraes, Ariane Garcia, Bleno Vale, Diego Oliveira, Géssica Pinheiro, Mateus Rodrigues, Marcos Leal, Walisson Cardoso, Leonardo Afonso, Lana Priscila, entre outros que sempre estiveram juntos de mim nessa jornada que foi a graduação sempre com brincadeiras, porém se ajudando mutuamente.

Agradeço aos meus amigos que fiz durante minha vida, em especial André Costa, Hugo Almeida, Frederick Hesse, Larissa Oliveira e Rafaela Alves vocês sempre foram meus portos seguros, sei que se precisar de ajuda de vocês, ela certamente virá.

Por fim, agradeço aqueles que de alguma forma, direta ou indiretamente me ajudaram na conclusão deste trabalho.

RESUMO

Este trabalho tem o objetivo de estudar e avaliar interações por Rastreamento de Cabeça (RC) em aplicações para desktop e dispositivos móveis. As aplicações selecionadas para avaliação foram: gerenciador de arquivos e navegador Web, pois são aplicações de uso diário e frequente dos usuários. O RC é baseado em tecnologia de baixo custo, tanto software quanto hardware, software gratuito e webcam comum. A avaliação da interação por meio de RC está focada no clique e clique duplo, ambas consideradas interações de baixo-nível, e testes de usabilidade com usuários. Diante disso, foram definidas 10 tarefas para ambiente desktop computador, divididas em 5 para o gerenciador de arquivos e 5 para o navegador web. Já para plataforma móvel (tablet) foram definidas 7 tarefas, sendo 4 para o gerenciador de arquivos e 3 para o navegador web, sendo que para cada plataforma participaram 10 usuários. O aspecto quantitativo da avaliação considerou duas métricas: tempo de conclusão da tarefa e erro na interação proposta. Por sua vez, o aspecto qualitativo fez uso da entrevista. Por fim, os resultados apontam que os usuários se sentem mais incomodados quando realizam interações nas regiões dos cantos da tela independente da plataforma e o rastreamento é mais preciso no ambiente desktop do que no tablet, bem como os ícones são considerados pequenos pelos usuários para interação com RC.

Palavras-chave: Rastreamento de cabeça, Teste de Usabilidade, Plataforma Desktop e Móvel.

ABSTRACT

This work has the objective to study and evaluate head tracking (HT) interactions in Desktop and Mobile applications. The chosen applications for the evaluation were: file manager and web browser because they are applications used daily and frequently by the users. The HT is based in a low-cost technology, both software and hardware, free software and a common webcam. The evaluation of the interaction through HT aims the click and double click, both considered low-level interactions, and usability tests with users. Therefore, 10 tasks were defined for desktop computer environment, divided into 5 for the file manager and 5 for the web browser. As for the mobile platform (tablet), 7 tasks were defined, 4 for file manager and 3 for the web browser, being that for each platform involved 10 users. In turn, the qualitative aspect made use of the *Thinking-aloud Protocol* to extract user information about his experience with HT. Finally, the results indicate that the users feel more uncomfortable when they perform interactions in the corners of the screen independent of the platform and tracking is more accurate in the desktop environment than on the tablet, as well the icons are considered small by the users.

Keywords: Head Tracking, Usability test, Mobile and Desktop Platform.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Quantidade de arquivos publicados na ACM sobre o tópico de Interação não-convencional	1
Figura 2 - Quantidade de arquivos publicados no Science Direct sobre o tópico de Interação não-convencional.	2
Figura 3: Classificação das interações por (Sedig, Parsons, Dittmer, & Haworth, 2014).....	3
Figura 4: Experiência proposta no trabalho de Yim, Qiu e Graham (2008).....	7
Figura 5: Método de rastreamento.....	8
Figura 6: Localização da face obtida no trabalho de Miyamar e Matsuda (2012).....	9
Figura 7: Marcadores em verde na face do usuário para rastrear pela webcam. Fonte: Nabati e Behrad (2010).....	9
Figura 8: Características da face para serem rastreadas no trabalho de Takahashi e Mitsukura (2013).....	10
Figura 9: Imagem do eViacam.....	11
Figura 10: painel de controle da ação do mouse.....	11
Figura 11: Eviacam para Desktop em Uso.....	12
Figura 12: eViacam para Tablet em Uso.....	13
Figura 13 - Gráfico que mostra o tempo de término da Atividade 1 no Computador.....	18
Figura 14 - Gráfico que mostra o tempo de término da Atividade 2 no Computador.....	19
Figura 15 - Gráfico que mostra a relação dos erros entre as atividades.....	20
Figura 16 - Tempo de término da Atividade 1 no Tablet.....	21
Figura 17 - Tempo de término da Atividade 2 no Tablet.....	22
Figura 18 - Relação dos erros entre as atividades 1 e 2.....	23
Figura 19: Relação de tempo da atividade 2 entre Computador e Tablet.....	24
Figura 20: Relação de erros da atividade 2 entre Computador e Tablet.....	25
Figura 21: Relação de tempo e erro na atividade 1 para o computador.....	25
Figura 22: Relação de tempo e erro na atividade 2 para o computador.....	26
Figura 23: Relação de tempo e erro na atividade 1 para o tablet.....	27
Figura 24: Relação de tempo e erro na atividade 2 para o tablet.....	30
Figura 25: Grupos de usuários apontaram as dificuldades na interação com o computador....	30
Figura 26: Grupos de usuários apontaram as dificuldades na interação com o computador....	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Opinião dos pontos negativos na interação com o computador.....	28
Tabela 2: Opinião dos pontos negativos na interação com o tablet.....	29
Tabela 3: Opinião dos pontos positivos na interação com o computador.....	31
Tabela 4: Opinião dos pontos positivos na interação com o tablet.....	32

LISTA DE SIGLAS

HT – Head Tracking

INC – Interação não-convencional

IHC – Interação Humano Computador

RC – Rastreamento de Cabeça

SO – Sistema Operacional

SUMÁRIO

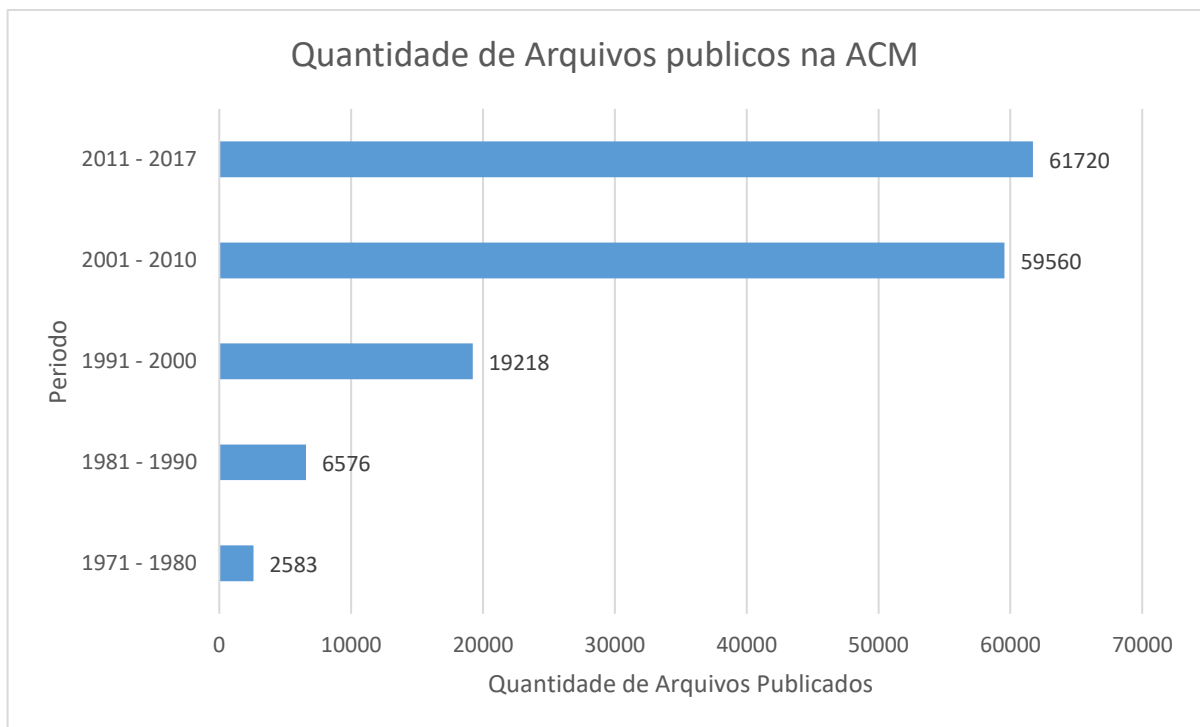
1.INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Justificativa.....	3
1.2. Objetivo Geral.....	4
1.3. Objetivos Específicos.....	4
1.4. Organização do Trabalho.....	4
2.FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	5
2.1. Rastreamento de cabeça.....	5
2.2. eViacam para computador.....	10
2.3. eViacam para tablet.....	12
3.METODOLOGIA.....	14
3.1. Ambiente de teste.....	14
3.2. Cenários.....	14
3.2.1. Cenário Windows.....	14
3.2.2. Cenário Windows utilizando navegador.....	15
3.2.3. Cenário Android.....	16
3.2.4. Cenário Android utilizando navegador.....	16
3.3. Perfil dos Usuários.....	16
3.4. Métricas.....	17
4.RESULTADOS.....	18
4.1. Resultados quantitativos.....	18
4.2. Resultados qualitativos.....	27
5.CONSIDERAÇÕES FINAIS E TRABALHOS FUTUROS.....	33
6.REFERÊNCIAS.....	35

1. INTRODUÇÃO

O mundo atual, vive em uma crescente busca de melhorias e isso é refletido nas mudanças tecnológicas que vivemos. Poucas pessoas imaginaram 40 anos atrás que um dispositivo, como um celular smartphone, um pouco maior que 15cm teria tanto poder de processamento. No entanto não foram só os dispositivos que mudaram, mas a interação com eles também, antigamente só se conseguia realizar tarefas computacionais se estivesse interagindo com mouse e teclado, hoje existem vários meios de interação, como por exemplo, comando de voz, reconhecimento de gestos, comandos através de ondas cerebrais e etc., dito isso conclui-se que a interação tradicional, através de teclado e mouse, certamente perderá espaço para essas interações.

As interações citadas são conhecidas como Interação Não-Convencional (INC) e **MACHADO (2010)** afirma que dispositivos não-convencionais é o nome como é conhecido o conjunto de equipamentos não popularmente utilizados em sistemas de computação. Dessa forma INC pode ser definida como uma interação utilizando tais dispositivos.

Durante os últimos anos o campo de interações não-convencionais (INC) vem crescendo conforme apontam os gráficos representados na **Figura 1** e na **Figura 2**.



*Figura 1 - Quantidade de arquivos publicados na ACM sobre o tópico de Interação não-convencional.
Fonte: Autor.*

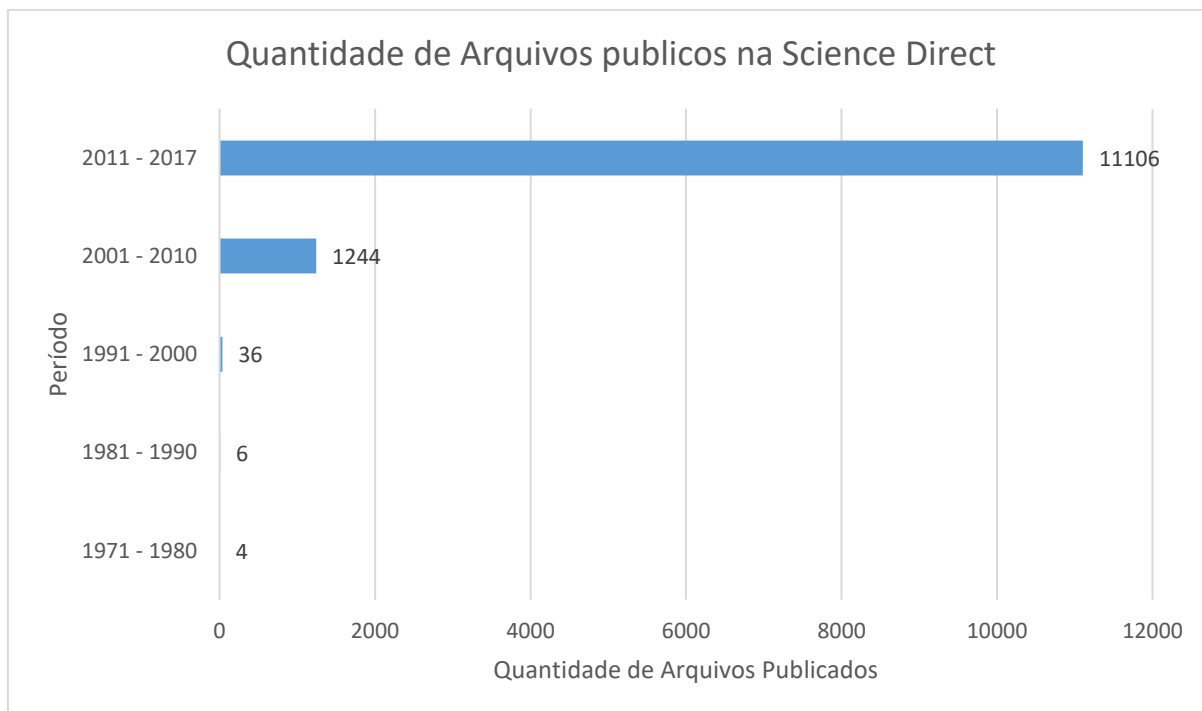


Figura 2 - Quantidade de arquivos publicados no Science Direct sobre o tópico de Interação não-convençãoal. Fonte: Autor.

A pesquisa para aquisição dos dados para a criação das **Figuras 1 e 2**, foi realizada nos sites ACM e SCIENCE DIRECT através da palavra-chave: Non conventional interaction e foram definidos cinco intervalos: 1971 a 1980, de 1981 a 1990, de 1991 a 2000, de 2001 a 2010 e de 2011 até hoje. Sendo que os dados coletados foram meramente quantitativos uma vez que não se leu todos os artigos encontrados.

A **Figura 1** comprova que de 2011 até agora na base de dados da ACM já se encontram mais artigos sobre INC do que nos períodos anteriores. A **Figura 2** ratifica a afirmação de que INC vem crescendo, pois, os artigos de 2011-2017, representam quantitativamente mais do que a soma de todos os artigos dos anos passados.

Dentre as INC destaca-se a interação por rastreamento de cabeça, a qual através de algoritmos realiza a detecção da face ou da própria cabeça para movimentar o mouse de acordo com os movimentos realizado pelo usuário.

Para entender melhor os conceitos da área de Interação Humano Computador (IHC) **NORMAN (1986)** define que interação é um processo através do qual o usuário formula uma intenção, planeja suas ações, atua sobre a interface, percebe e interpreta a resposta do sistema e avalia se seu objetivo foi alcançado. **SEDIG et. Al.(2014)**, classificou a interação em níveis de mais abstração para um nível mais físico, este último é representado pelo evento da interação, como por exemplo: clicar ou arrastar e soltar (*Drag and Drop*). Esta classificação foi

estabelecida dentro de um ambiente de visualização de informação, afim de analisar as interações neste ambiente.

A **Figura 3**, apresenta a divisão em grupos de macro e micro interações. As macro estão localizadas no topo da pirâmide e as micro na base da mesma. Há também a subdivisão em quatro níveis que são: *Atividades, Tarefas, Interações e Eventos*.

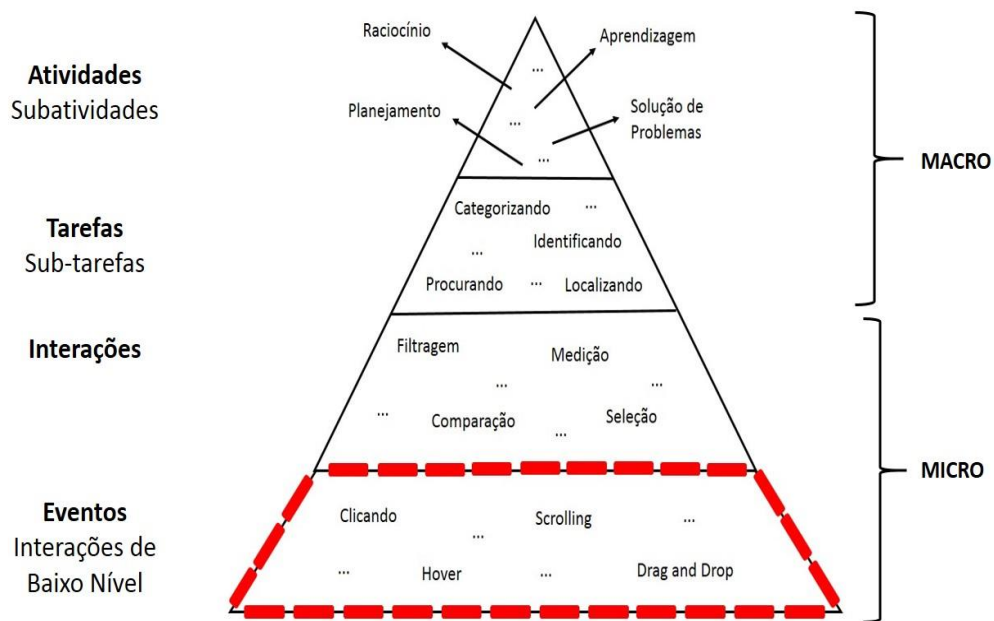


Figura 3: Classificação das interações por (Sedig, Parsons, Dittmer, & Haworth, 2014)

MORAN (1981) afirma que a *interface* de um sistema interativo compreende toda a porção do sistema com a qual o usuário mantém contato físico (motor ou perceptivo) ou conceitual durante a interação. Por isso, a grande maioria dos usuários acredita que o sistema é a interface com a qual entram em contato (**HIX e HARTSON, 1993**). Já *usabilidade* está relacionada com a facilidade de aprendizado e uso da interface, bem como a satisfação do usuário em decorrência desse uso (**NIELSEN, 1993**).

Este trabalho visa realizar uma avaliação de usabilidade de uma interação não-convencional, a partir de interações de baixo nível dentro da interface do sistema operacional. Os testes são realizados tanto no computador quanto no tablet e analisa três fatores que são: erro, tempo e a entrevista com o usuário.

1.1 Justificativa

A tecnologia vem cada vez evoluindo mais e mais e com isso novas necessidades e possibilidades vem surgindo, as antigas interações já não são suficientes para satisfazer o

usuário, assim sendo, novas interações surgiram e estão ganhando forças nas diversas áreas do conhecimento, desse modo o estudo de usabilidade, nessa abordagem em específico, o de rastreamento de cabeça (Head Tracking) se faz indispensável para averiguar se os softwares criados provem as interações necessárias para que o usuário consiga exercer suas tarefas de modo rápido, eficiente e confortável. O intuito desse estudo é averiguar os pontos negativos das aplicações e sugerir melhorias acerca da utilização do rastreamento de cabeça, para que com isso o usuário final sinta uma precisão e conforto maior na hora de utilizar essa INC.

1.2 Objetivo Geral

O estudo realizado tem por objetivo geral avaliar a interação por rastreamento de cabeça em tarefas cotidianas do usuário utilizando uma câmera comum no computador e no dispositivo móvel.

1.3 Objetivo Específico

Para atingir o objetivo geral alguns objetivos foram definidos, eles são:

- Realizar levantamento bibliográfico sobre rastreamento de cabeça.
- Escolher e estudar alguns softwares de rastreamento de cabeça.
- Definir plano de teste e métricas a serem avaliados para interação com rastreamento de cabeça realizados pelo usuário.

1.4 Organização do Trabalho

Este trabalho está dividido em sete seções, elas são:

Introdução: Apresenta o trabalho, mostrando sua relevância para a área assim como os objetivos gerais e específicos.

Referencial Teórico: Apresenta os conceitos importantes para o entendimento desse trabalho.

Metodologia: Apresenta como o trabalho será conduzido, mostrando assim ambiente de teste, perfil dos usuários e métricas a serem analisadas no desenvolvimento.

Resultados: Apresenta os resultados dos testes, tanto para Computador quanto pra Tablet e até mesmo relacionando-os.

Considerações Finais e Trabalhos Futuros: Apresenta uma conclusão do estudo e aponta melhorias para serem aplicadas nos softwares usados ou nas interações realizadas.

Referências: Apresenta as referências utilizadas no decorrer desse trabalho.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Esta seção apresenta alguns conceitos teóricos que auxiliaram no desenvolvimento deste trabalho. A utilização do rastreamento de cabeça em diferentes áreas de pesquisa, e o baixo custo voltado para utilização de webcams são alguns dos pontos que foram analisados em diferentes trabalhos pesquisados.

2.1 Rastreamento de cabeça

Há trabalhos, em diferentes áreas, que fazem uso do movimento da cabeça para diversas finalidades, seja no suporte a outras tecnologias ou mesmo como forma de interação, a qual se destaca a naturalidade com que se realiza o movimento da cabeça.

AI-RAHAYFEH et al (2013) enfatiza que os movimentos da cabeça são considerados naturais, simples e efetivos para apontar para objetos, interagir e até mesmo se comunicar. Desse modo, navegar em um ambiente virtual utilizando uma abordagem que detecta o movimento do rosto e da cabeça se torna simples, intuitiva e discreta (**KANG, 1997**).

Em seu estudo, **BÚN et al (2015)**, demonstra o emprego do rastreamento de cabeça aplicado a um contexto educativo, utilizando dispositivos já existentes no mercado. Através da realização de um treinamento imersivo com estudantes de disciplinas médicas, aplicavam-se tarefas cujo objetivo era verificar a adaptabilidade do usuário na utilização do rastreamento de cabeça, na interface adotada pelos pesquisadores.

Para a presente investigação, demonstrou-se de fundamental importância verificar em que ocasiões – isto é, em que dispositivos e áreas de estudo – o rastreamento de cabeça pode ser, potencialmente, explorado. Uma vez contemplado os objetivos deste trabalho, enfatizar as tarefas cotidianas do usuário utilizando este recurso, permitirá a efetuação de uma análise consistente da interação de RC, através da aquisição do parecer do usuário a respeito de sua experiência.

Os movimentos com a cabeça estão presentes no repertório comportamental das pessoas desde a infância, assumindo inclusive diversos sentidos comunicativos. **COSTA (1998)** realizou um estudo com bebês utilizando um estímulo sonoro para deflagrar o movimento da cabeça. O principal achado apontou que, para além dos estímulos visuais, o som influenciou a mudança de direção das cabeças dos participantes. Porém, quando se adota a comunicação visual, estímulos da mesma natureza são mais eficazes.

Dessa forma, o rastreamento da cabeça demonstra-se como um recurso em potencial para a navegação no ambiente virtual, pois os estímulos visuais e sonoros podem compor um auxílio ao usuário no encontro de regiões de interesse em dada interface. Contudo, ressalva-se

a necessidade do acréscimo de formas de interações mais físicas conforme aponta **SEDIG (2014)**.

Partindo do pressuposto de que o usuário possa movimentar o cursor sem utilizar o mouse, é preciso executar as respectivas ações no sistema, de uma forma não convencional. Para estes fins, **HANSEN et. Al (2003)** definiu o *Dwell Time* como o intervalo em que o cursor aponta para um item e uma ação é executada. De acordo com o autor, o *Dwell Time* pode ser classificado, adotando sua ativação em três categorias, a saber: contínuo, acumulativo e adaptativo. A primeira categoria – contínuo - diz respeito à inicialização do comando e execução da ação, em um período de tempo previamente estabelecido, a qual é retomada ao concluir a ação. Esta interação demonstrou ser apropriada para ações do tipo clique. A segunda categoria – acumulativo – também adota um período de tempo previamente. Contudo, ao se iniciar o comando e a ação ser executada, não há a retomada do período ao fim da ação. Os resultados do estudo apontam que esta interação é adequada às interações do tipo clique duplo ou *drag and drop* (agarrar e soltar). A categoria adaptativo pressupõe, conforme sua denominação, a flexibilidade do sistema na adoção de alguns parâmetros para execução de comandos e ações, analisados através da interação do usuário com o mesmo. Dentre estes parâmetros, destacam-se a frequência de erros a cada ativação, número de execuções, dentre outros.

Desta forma, podemos analisar que o *Dwell Time* é uma das formas de interação que mais se adapta para INC, isto auxiliou o desenvolvimento desde trabalho de tal forma que o *software* usado para realizar a interação com o sistema utiliza o *Dwell Time* como chave para as interações baixo nível.

O trabalho de **KULSHRESHTH & LAVIOLA JR. (2013)** ilustra outra maneira de utilizar o rastreamento de cabeça através do rastreador TrackIR 5. Os autores desenvolveram um estudo não intrusivo cujo objetivo foi investigar os benefícios do rastreamento de cabeça aplicado à videogames modernos. Os resultados demonstraram que a utilização desta tecnologia como opção à substituição do mouse, teclado ou joystick apresentou-se adequada a dois games dentre quatro avaliados. No entanto, estes games são considerados de “*slow pace*”, isto é, as ações não necessitam de tanta agilidade para ser executada.

Na perspectiva de utilização desta INC a games, o estudo de **YIM, QIU & GRAHAM (2008)**, propôs uma experiência através do designer e desenvolvimento de um jogo em que os usuários poderiam interagir com o movimento da cabeça. A **Figura 4**, apresenta o cenário em que o usuário foi submetido. Neste estudo, foi utilizado um sensor de um console de videogame em conjunto a um joystick. A movimentação da cabeça era efetivamente para navegação na

interface proposta. Isto fortalece a interação com *Dwell Time* adotada neste trabalho, dessa forma o usuário pode ter as mãos livres ao navegar e interagir com a interface.

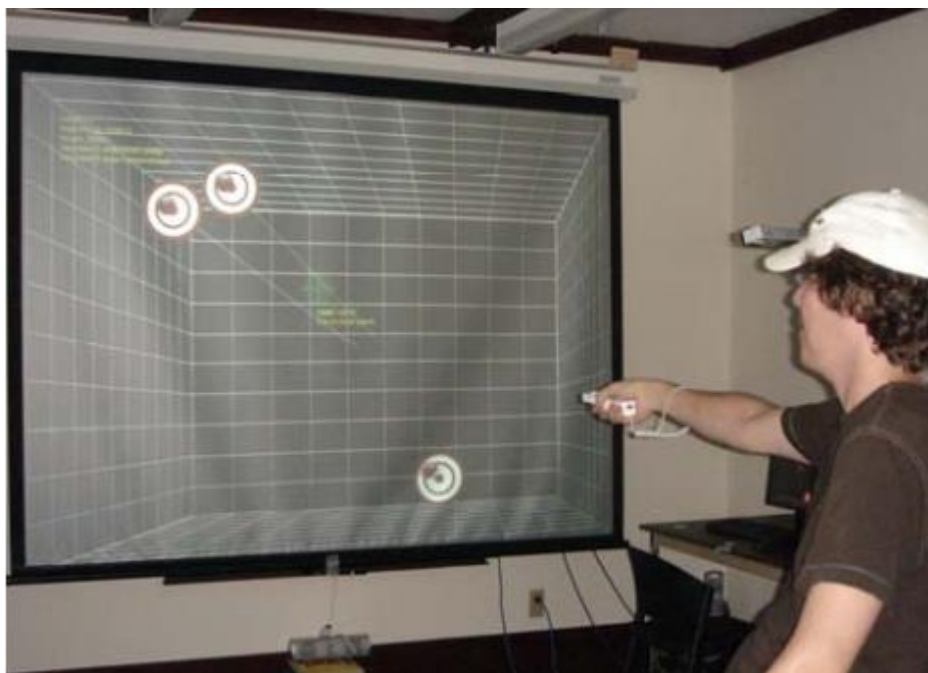


Figura 4: Experiência proposta no trabalho de Yim, Qiu e Graham (2008)

AI-RAHAYFEH et al (2013), em seu estudo cita que há diferentes meios para estimar a posição da cabeça, entre eles: a detecção do movimento da cabeça baseado em visão computacional, métodos baseados em sinais acústicos, métodos baseados em sensores de giro e acelerômetros e técnicas híbridas.

Os autores **MURPHY-CHUTORIAN & TRIVEDI (2009)** apresentam uma taxonomia baseada nas abordagens que utilizam estimativas da posição de cabeça para realizar uma interação. A seguir segue a taxonomia proposta:

- Método de modelo de Aparência
- Método de Detecção de Arrays
- Método de Regressão não-linear
- Método de Incorporação
- Método dos Modelos Flexíveis
- Métodos Geométricos
- Métodos de Rastreamento
- Métodos Híbridos

Dentre os métodos citados acima, o foco desse estudo é acerca dos métodos de rastreamento que se utilizam de câmeras comuns, ou aparelhos específicos para realizar uma

interação a partir do movimento da cabeça. Os métodos de rastreamento de cabeça operam seguindo os movimentos da cabeça dentro de frames consecutivos de um vídeo, como mostrado na **Figura 5**.

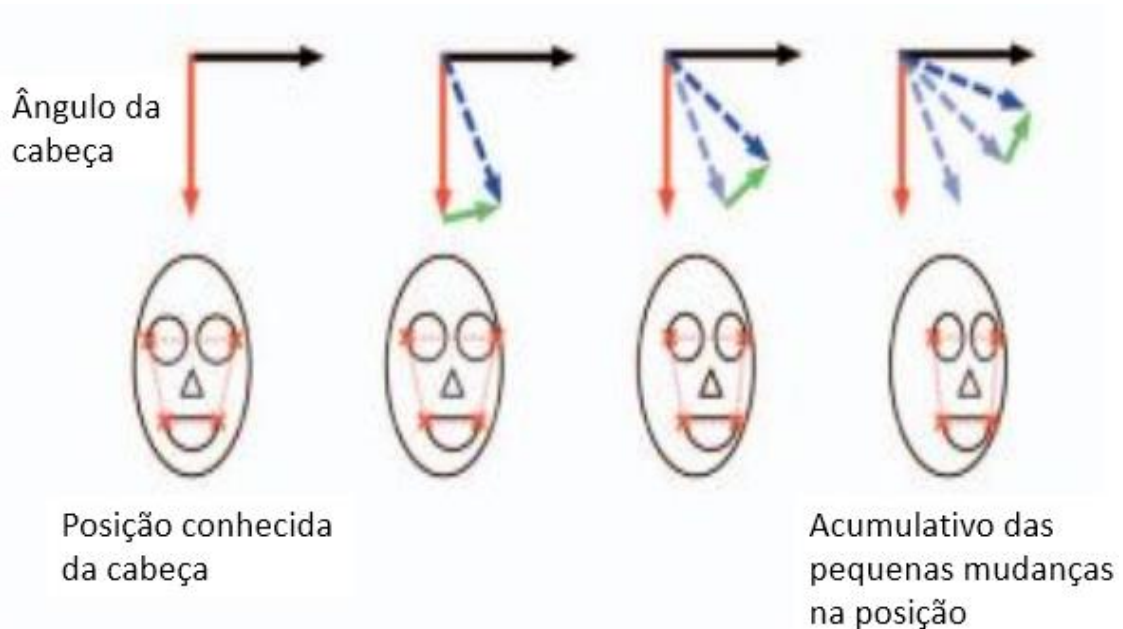


Figura 5: Método de rastreamento. Fonte: Murphy e Chutorian (2009).

MIYAMA & MATSUDA (2012), usa a detecção da face para realizar a estimativa da posição da cabeça com a webcam. Em seu estudo, é utilizado um dos algoritmos mais usados para detecção da face, o método de Viola-Jones (**VIOLA & JONES, 2001**), este método usa as características de Haar-Like, que é representado por classificar os *frames* do vídeo em cascata com o algoritmo de AdaBoost. O método é dito como eficiente para detecção da parte frontal da face, na comunidade acadêmica, porém, a taxa da detecção é lenta e prejudicada quando usada em tempo real. A **Figura 6** apresenta os resultados que foram obtidos no resultado de **MIYAMA e MATSUDA (2012)**, onde é possível observar que mesmo tendo oclusão da face (**Figura 6.(f)**), o algoritmo usado ainda estima a localização da face por meio da região dos olhos.

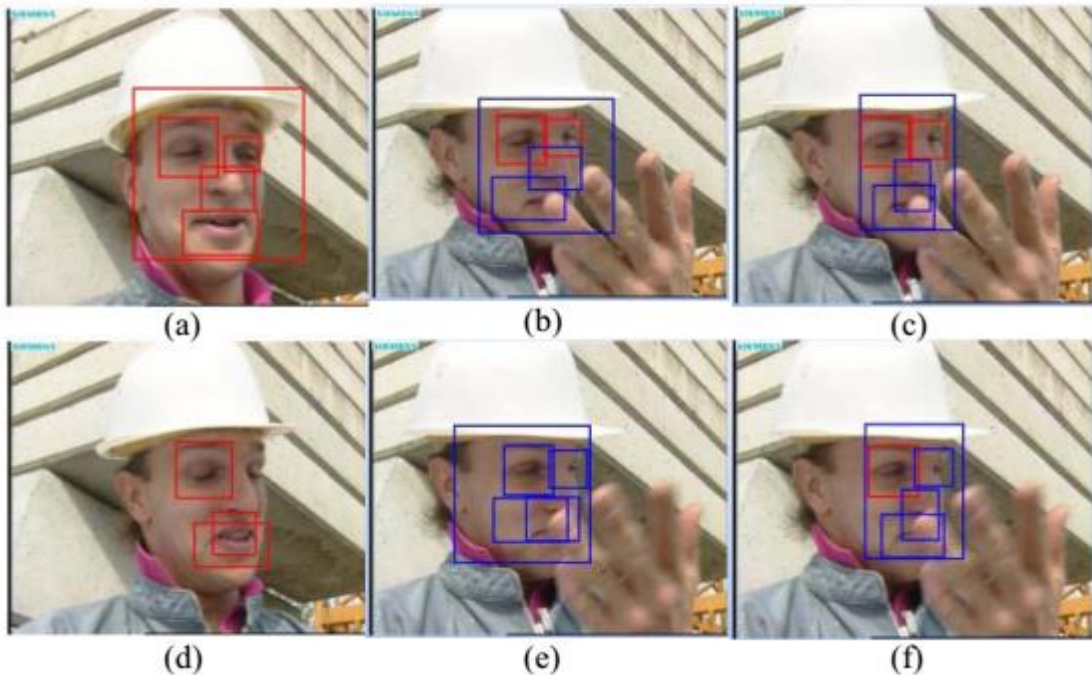


Figura 6: Localização da face. Fonte: Miyama e Matsuda (2012)

Outro trabalho que utiliza a estimativa da posição da cabeça é apresentado por **NABATI & BEHRAD (2010)**, seu objetivo é controlar o cursor do mouse através de marcadores localizados no rosto do usuário (**Figura 7**). Nabati mostra que estes marcadores podem ser substituídos por características da face ou de outra região de interesse que for usada para rastrear, como por exemplo, o nariz ou olhos.

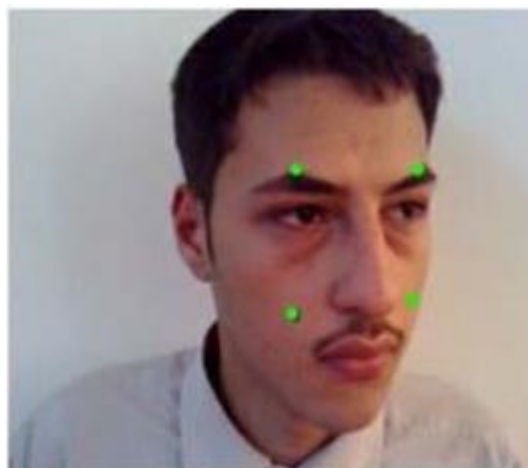


Figura 7: Marcadores em verde na face do usuário para rastrear pela webcam. Fonte: Nabati e Behrad (2010)

TAKAHASHI & MITSUKURA (2013) desenvolveram rastreamento da cabeça utilizando dispositivos móveis. Em seu trabalho são extraídas características que podem ser

rastreadas em diversas posições da cabeça, de acordo com o movimento feito pelo usuário é então realizado rastreamento. A **Figura 8** ilustra a face de um usuário e respectivamente as características que foram tomadas para realizar o rastreamento.

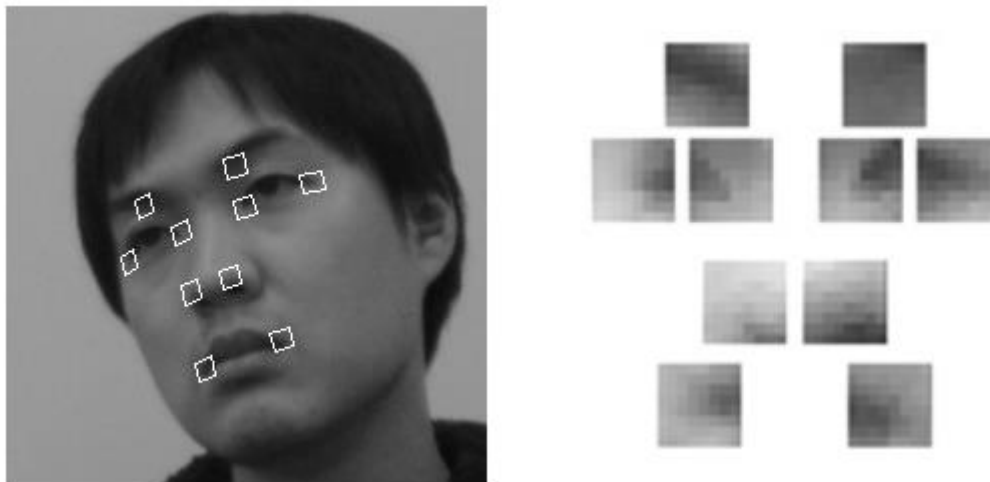


Figura 8: Características da face para serem rastreadas. Fonte: Takahashi e Mitsukura (2013).

Dentre todos os softwares levantados que realizam o rastreamento de cabeça via câmera comum, o escolhido para este trabalho foi o Enable Viacam (eViacam), que pode ser encontrado na página do eViacam¹. Sua escolha foi por ele ser o único que ofereceu uma versão gratuita e *open-source*, onde utiliza-se uma *webcam* para fazer o rastreamento além de ter versões para computadores e dispositivos móveis.

2.2 – eViacam para computadores

É um software que substitui o *mouse* e que tem por função mover o cursor através dos movimentos da cabeça. Funciona em um computador Desktop e Notebook requer apenas uma webcam para uso, o software é livre, aberto e funcional em várias plataformas, e o código é majoritariamente escrito na linguagem de programação C.

O eViacam na sua tela inicial (**Figura 9**), apresenta uma janela na qual ele mostra a imagem recebida pela câmera, já realizando uma demarcação no rosto do usuário, através de um algoritmo de detecção facial. Além disso ele apresenta algumas opções referentes a configuração e ativação do rastreamento. Outro elemento que surge ao iniciar o eViacam é o painel de controle da ação (**Figura 10**) que irá simular o mouse, este, lista grande parte das interações de clique que um mouse convencional dispõe.

A distribuidora do eViacam não cita nenhuma distância padrão para que o funcionamento seja melhor pois isso depende das configurações da webcam que será utilizada.

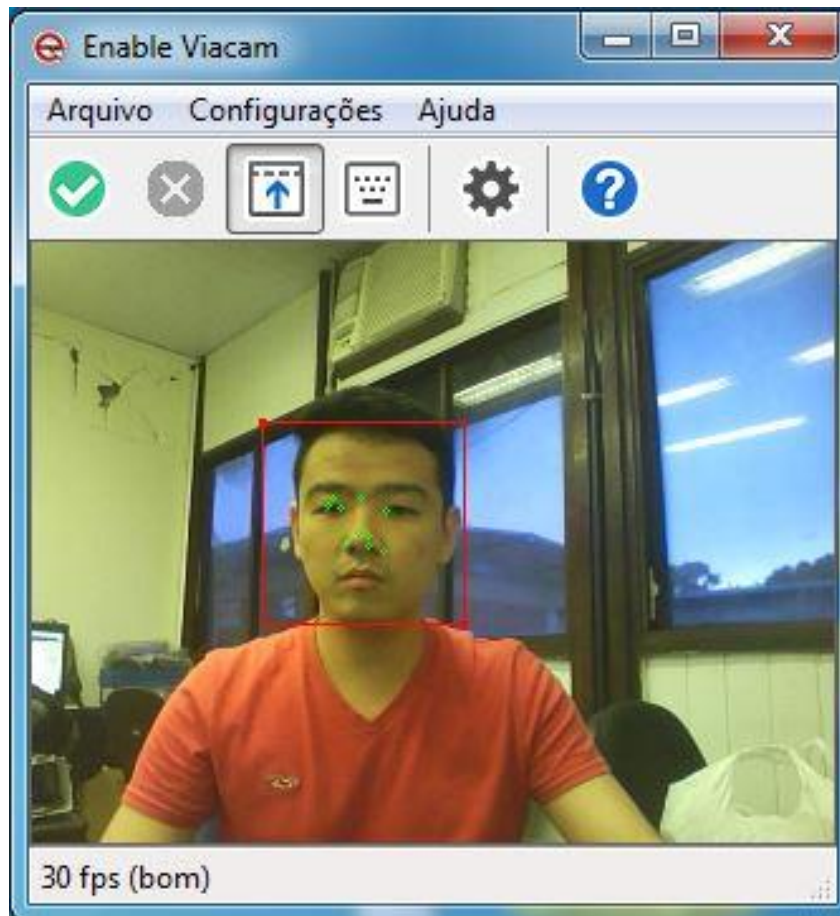


Figura 9: Imagem do eViacam. Fonte:Autor



Figura 10: painel de controle da ação do mouse. Fonte: eViacam

Por padrão a ação inicial é o clique simples, simulando o botão esquerdo do mouse, no entanto uma vez selecionada outra ação, esta, é concluída e logo após a é retomada a padronização, ou seja, clique simples. O primeiro ícone da **Figura 10** é meramente ilustrativo, indicando a logomarca do eViacam. Seguindo da esquerda para a direita existem as seguintes funções que simulam o mouse e que podem ser acionadas:

- Pause: Referente a pausar o painel de seleção da ação.
- Clique simples com botão esquerdo.
- Clique simples com botão do meio.
- Clique simples com botão direito.
- Clique simples com botão esquerdo seguido da função arrastar o item.
- Duplo clique com botão esquerdo.
- Ocultar/Mostrar janela principal.

O eViacam ainda apresenta uma aba de configurações na qual o usuário pode definir suas preferências de sensibilidade do movimento da cabeça, limite da área de trabalho, tempo de espera do clique (*Dwell Time*), configurações de cliques duplos, atalhos e etc.

A **Figura 11** mostra o eViacam para Desktop em uso. A seta indica o quadrado gerado para detectar a face e o círculo indica o painel de opções de cliques.

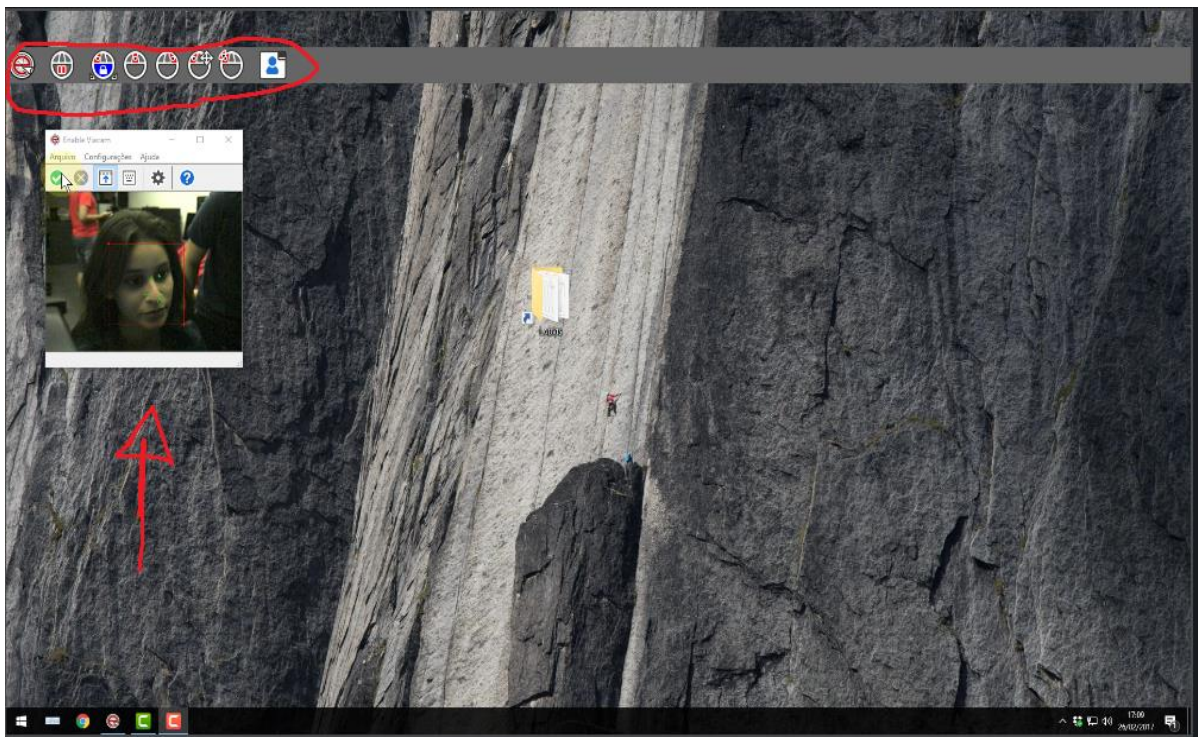


Figura 11: Eviacam para Desktop em Uso. Fonte: Autor

2.3 – eViacam para Tablet

O software simula um cursor dentro do sistema operacional Android, no eViacam para Tablet usamos as configurações de Acessibilidade/Serviços para ativar. Ao iniciar o eViacam, são explicadas suas funções e informado que o rastreamento não funciona com o teclado padrão do Android, porém fornece a opção de mudar para o teclado desenvolvido pela EVA, o qual é

um teclado feito especialmente para captar as interações do rastreamento de cabeça dentro do sistema operacional ou do navegador.

O posicionamento deve ser entre 30 – 50 cm do rosto pois assim ele terá uma captação melhor do rosto. Após o informe de posicionamento você poderá definir a sensibilidade vertical e horizontal de forma manual.

No site da empresa responsável pela criação do eViacam são divulgadas algumas restrições como:

- A maioria dos teclados padrões não funcionam com o eViacam.
- Não funciona na maioria dos jogos.
- Os navegadores não fazem a gestão adequadas de certas ações.
- Aplicações como Maps, Earth e Galeria funcionam com algumas restrições.
- Não se pode usar simultaneamente com outra aplicação que faz uso da câmera.
- Pode haver incompatibilidade com produtos no mercado.

A **Figura 12** mostra o funcionamento do eViacam para o Tablet, a seta indica a captura realizada pela câmera, de modo a criar uma marcação no rosto. Já a parte com contorno mostra os comandos disponível nos celulares e tablets como retornar, home e etc.

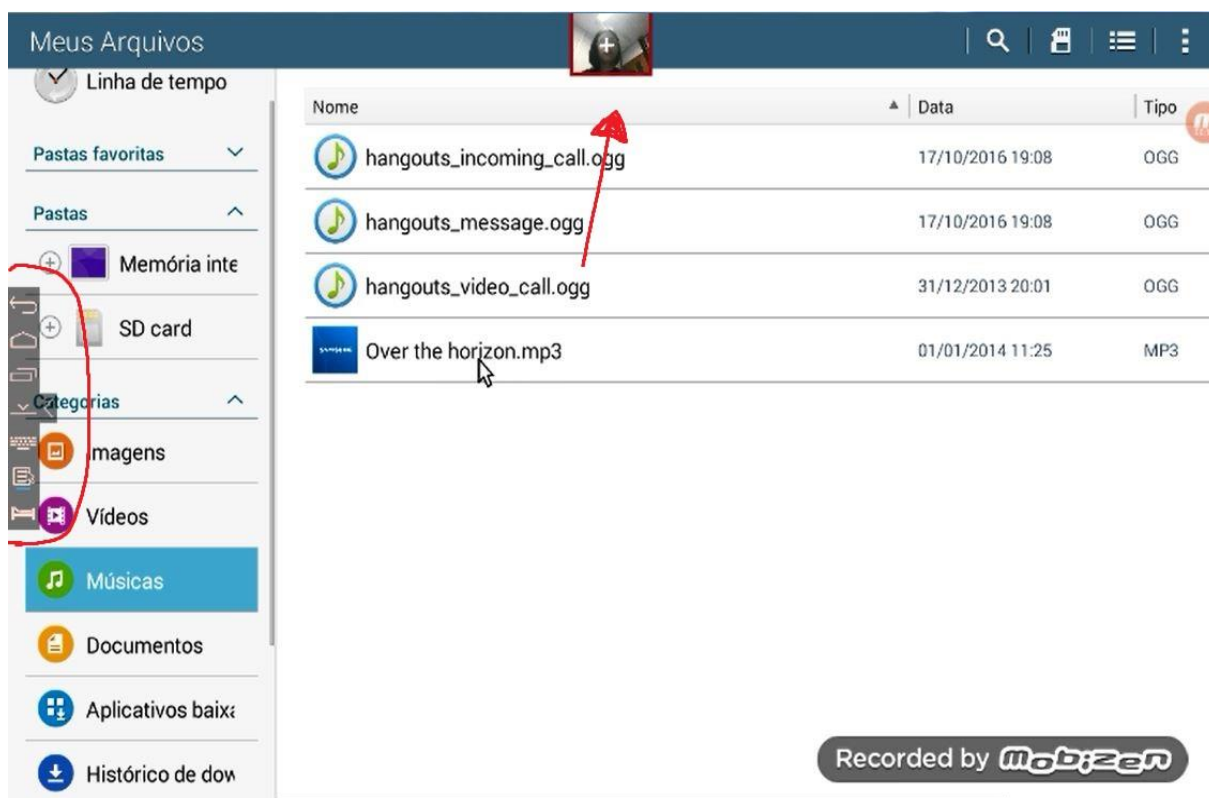


Figura 12: eViacam para Tablet em Uso. Fonte: Autor

3. Metodologia

Nesta seção será descrito o ambiente de testes, o perfil dos usuários e as métricas utilizadas na elaboração do trabalho.

3.1 Ambiente de teste

Todo o desenvolvimento do trabalho foi feito em um ambiente controlado. Foi utilizado um computador desktop HP EliteDesk com monitor EliteDisplay E231 de resolução 1920x1080, sistema operacional Windows 10 Home versão 1607, processador Intel(R) Core i5-4570, memória RAM 8GB cujo software de rastreamento de cabeça foi o eViacam v2.1.0. O tablet era um Samsung Galaxy Tab 4 10.1, Android 4.4.2 KitKat, 1.2 Ghz Quad-Core ARM Cortex-A7, 1.5GB RAM e 16GB de memória interna cujo software usado foi EVA Facial Mouse.

3.2 Cenários

Existiram dois cenários de teste no ambiente que utiliza o computador: O primeiro é o do próprio sistema operacional onde o usuário executará algumas funções básicas dentro dele e o outro será um navegador na qual o usuário fará algumas interações com elementos típicos da navegação pela internet. Existirá um cenário para tablet no qual ele realizará ações comuns no sistema Android.

No computador foram escolhidos um total de dez tarefas, divididas em cinco no gerenciador de arquivos e cinco no navegador, já no tablet foram definidas sete tarefas, quatro no gerenciador de arquivos e três no browser. O motivo do tablet ter uma menor quantidade de tarefas é que no dispositivo móveis não existem as interações de clique duplo e clique com o botão direito para serem executadas.

Durante os testes utiliza-se teclados virtuais que fogem do padrão utilizados pelo sistema operacional (SO). No Windows utiliza-se o teclado virtual e no Android utiliza-se o teclado virtual disponibilizado pelo eViacam (EVA Keyboard).

3.2.1 Cenário Windows

No sistema operacional Windows serão executadas cinco ações.

- **Abrir a pasta localizada na área de trabalho:** Esta tarefa envolve executar o duplo clique ou clique do botão direito e após isso o esquerdo para abrir a pasta. O intuito dessa interação é que o usuário possa analisar como é a execução de ações no centro da tela.

- **Copiar e colar o arquivo “teste.txt” na própria pasta:** Esta tarefa envolve a execução do clique com o botão direito no arquivo e a interação com ícones próximos e em lista. Avalia-se aqui a precisão a qual o usuário executa tão ação.
- **Abrir o Teclado Virtual:** O Teclado Virtual é o software que nos permitirá realizar a entrada de informação no sistema utilizando caracteres. Ele exibe na tela uma imagem semelhante ao teclado físico que estamos acostumados. O Teclado Virtual que utilizamos é do padrão QWERTY, que é o utilizado no Brasil [ABNT NBR 10347:1991]. O componente gráfico para esta tarefa encontra-se na região inferior da tela, nos permitindo analisar se o usuário encontra dificuldade em interações nesta região. Esta tarefa visa fornecer a ferramenta para a edição de um arquivo de texto. Os eventos de interação são apontar e clicar.
- **Editar o arquivo “teste-cópia.txt” inserindo a frase “123 qbl”:** Esta tarefa nos permite fazer três avaliações, que são: tempo que o usuário leva para inserir texto, dificuldade interação com componentes dispostos lado a lado, e interação com o tamanho destes componentes. Os eventos de interação utilizados aqui são apontar e clicar em cada componente gráfico referente às letras da frase a ser inserida. A frase foi determinada de forma arbitrária, onde o trecho “123” visa a avaliação da interação com componentes muito próximos e o trecho “qbl” visa a avaliação do tempo levado em interações onde os componentes estão dispostos um pouco mais afastados uns dos outros.
- **Fechar o gerenciador de arquivo:** Esta tarefa tem por objetivo analisar a interação com o componente no canto superior esquerdo, região de difícil interação, segundo **FREITAS et. al. (2016)** Eventos de interação: apontar e clicar.

3.2.2 Cenário Windows utilizando Navegador

No navegador serão executadas cinco ações:

- **Iniciar o navegador:** Esta tarefa é para iniciar as interações no navegador, ação que acontece na região inferior, dentro dos 10% definidos como de difícil acesso. Os eventos de interação são apontar e clicar.
- **Realizar busca da palavra “Gato”:** Ação que necessita do apoio do teclado virtual para inserir o endereço de uma página na internet. Eventos de ação: apontar e clicar, para cada componente gráfico referente às letras pertencentes a URL.

- **Abrir um resultado:** Interação com componentes pequenos como os links existentes em uma página que levam à outras páginas. Interação com mais de uma atividade no navegador.
- **Abrir uma nova aba e alternar entre elas:** Interação na qual o usuário apontará para o ícone de abrir nova aba e clicará sobre uma aba e outra. O intuito dessa tarefa é verificar se o tamanho da aba e a precisão do clique estão aceitáveis.
- **Fechar o gerenciador de arquivo:** Esta tarefa tem por objetivo analisar a interação com o componente no canto superior esquerdo, região de difícil interação, segundo Freitas et. al. Eventos de interação: apontar e clicar.

3.2.3 Cenário Android

No cenário do Gerenciados de Arquivos do Android foram executadas quatro tarefas.

- **Abrir pasta “Meus Arquivos”:** Verificar se o clique cumpre com as expectativas. Eventos de interação: apontar e clicar.
- **Clicar na aba de imagens:** Verificar a precisão com a qual o usuário move o cursor dentre uma lista. Eventos de interação: apontar e clicar.
- **Selecionar a primeira imagem:** Verificar como é a interação com um item que necessita de um software para executá-lo. Eventos de interação: apontar e clicar.
- **Após selecionada, voltar para a imagem anterior utilizando a função “swipe”:** Verificar a eficiência da estratégia utilizada para simular o swipe (ícones nos cantos da tela para passar de uma imagem para outra). Eventos de interação: apontar e clicar.

3.2.4 Cenário Android utilizando Navegador

No cenário do navegador do Android foram executadas três tarefas.

- **Abrir o navegador “Google Chrome”:** Verificar se o clique cumpre com as expectativas. Eventos de interação: apontar e clicar.
- **Digitar a palavra “Gato”:** Verificar a precisão e eficiência do uso do teclado através do rastreamento da cabeça. Eventos de interação: apontar e clicar.
- **Usar o “scroll” para descer a página e selecionar o primeiro link da procura.** Verificar a eficiência do scroll dentro do navegador. (Apontar para o canto onde você deseja efetuar o scroll). Eventos de interação: apontar e clicar.

3.3. Perfil dos Usuários

Os usuários escolhidos para o teste estão na faixa etária de 18 – 50 anos, divididos entre homens e mulheres, todos com conhecimento médio/avançado com relação a utilizar as funções

de um computador ou tablet e que nunca tiveram contato com nenhum tipo de INC. Nenhum com limitação física ou mental. Todos conseguiram realizar as tarefas propostas.

3.4. Métricas

Para analisar o desempenho do usuário em relação à interação com o rastreamento de cabeça foram adotados três parâmetros, dois quantitativos e um qualitativo.

- **Erro:** parâmetro quantitativo que visa medir quantos cliques errados o usuário deu, onde errado é definido como clique em algum item que fuja do contexto dado ao usuário.
- **Tempo:** parâmetro quantitativo que se refere ao tempo que o usuário leva para executar uma tarefa e/ou cenário.
- **Entrevista:** Instrui-se ao usuário que fale qualquer coisa que venha a mente ao término de uma tarefa (Lewis,1982). Essa técnica é conhecida por entrevista e tem por intuito captar a opinião de usuário de modo rápido e prático sem influenciá-lo. Todos os usuários deram sua opinião após as tarefas referentes as plataformas terem sido realizadas.

4. Resultados

Esta seção será responsável por apresentar gráficos, tabelas, entre outros com o objetivo de avaliar os dados obtidos nos testes. Será feita uma análise no aspecto quantitativo através de tempo e erro, e, no aspecto qualitativo identificando e categorizando a experiência do usuário com o rastreador de cabeça.

Para motivos de contextualização, vale lembrar que no computador as tarefas são divididas em dois cenários que são: Gerenciados de Arquivos no SO Windows e Navegador (Google Chrome), e no Tablet usando: Gerenciados de Arquivos no SO Android e Navegador (Google Chrome).

Todos os usuários conseguiram realizar as tarefas propostas.

4.1 – Resultados Quantitativos

A **Figura 13** mostra um gráfico em que exibe o tempo que os usuários levaram para finalizar a atividade 1 no computador, e a **Figura 14** mostra o gráfico que exibe o tempo que os usuários levaram para finalizar a atividade 2 no mesmo equipamento. É notório que a atividade 1 média com relação ao tempo que a da atividade 2. Os erros como foram esclarecidos na **seção 3**, tiveram mais frequência na atividade 1 o qual é ratificado na **Figura 15**.

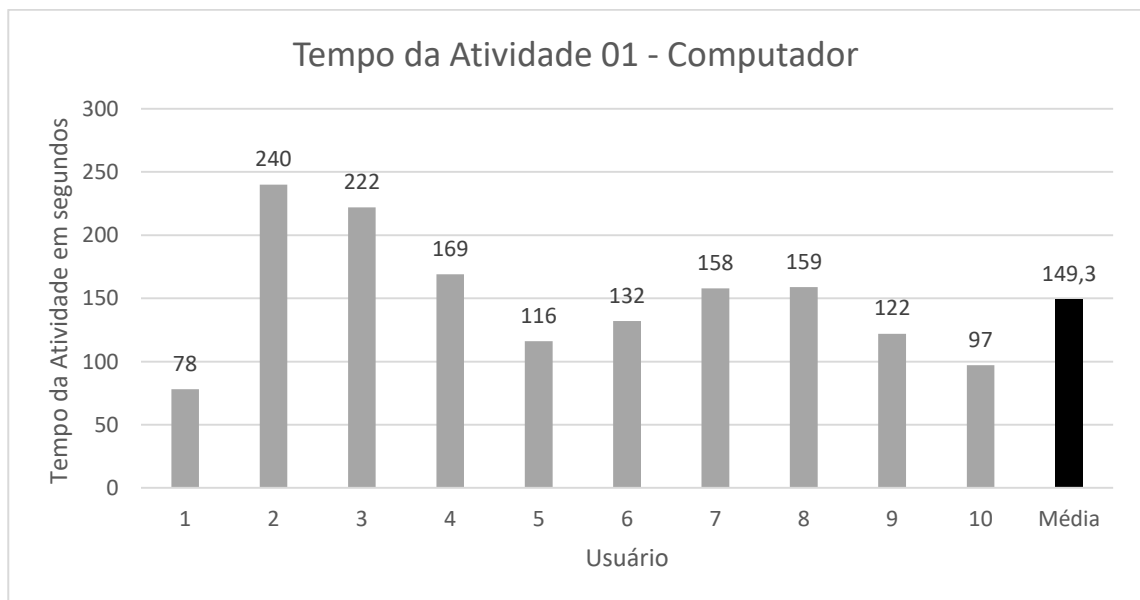


Figura 13 - Gráfico que mostra o tempo de término da Atividade 1 no Computador

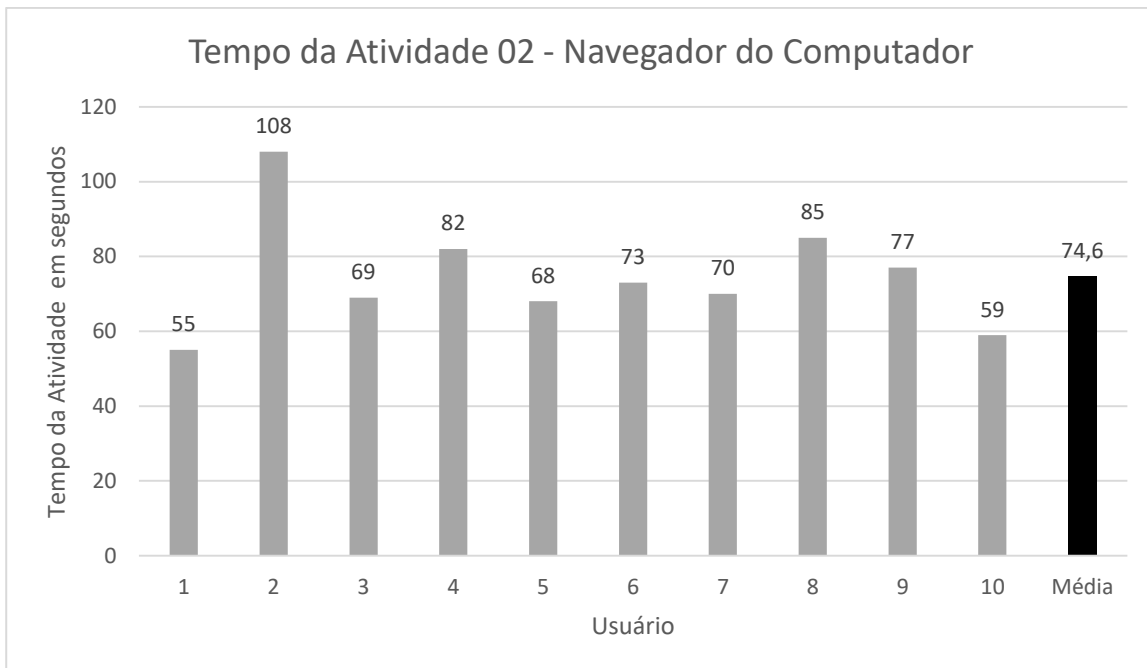


Figura 14 - Gráfico que mostra o tempo de término da Atividade 2 no Computador

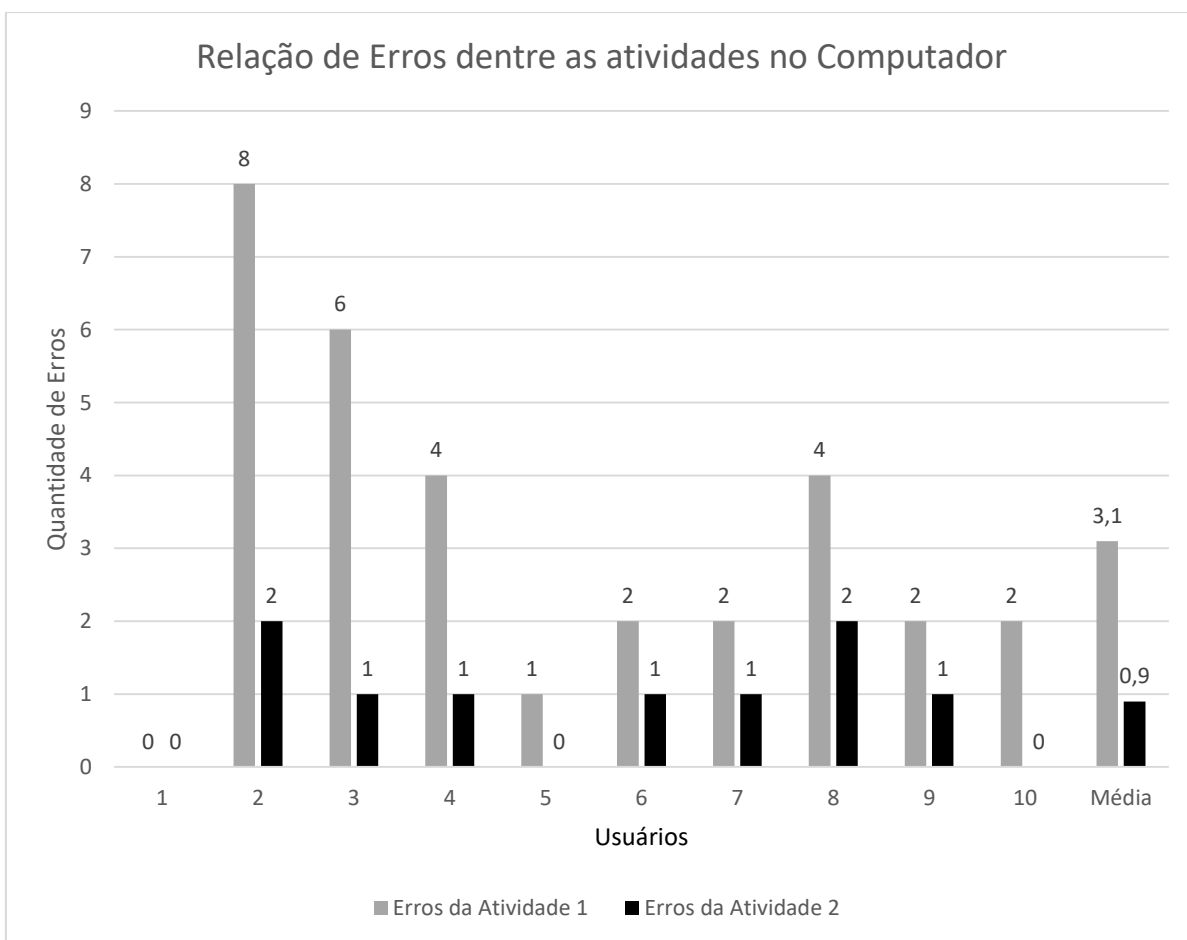


Figura 15 - Gráfico que mostra a relação dos erros entre as atividades – 30

Estes erros estão presentes devido a presença de outros tipos de ações na atividade 1, como clique com botão direito e duplo clique, sendo assim o usuário deveria modificar o tipo de clique usando a barra de localizada no canto superior da tela. Segundo **FREITAS (2016)**, as interações no extremo da tela são mais difíceis de se alcançar, sendo assim um motivo dos erros denotados.

Na **Figura 16** é apresentado o tempo que os usuários levaram para finalizar a atividade 1 no tablet. Ao mesmo passo, que na **Figura 17** é apontado o tempo que os usuários levaram para finalizar a atividade 2 no mesmo equipamento.

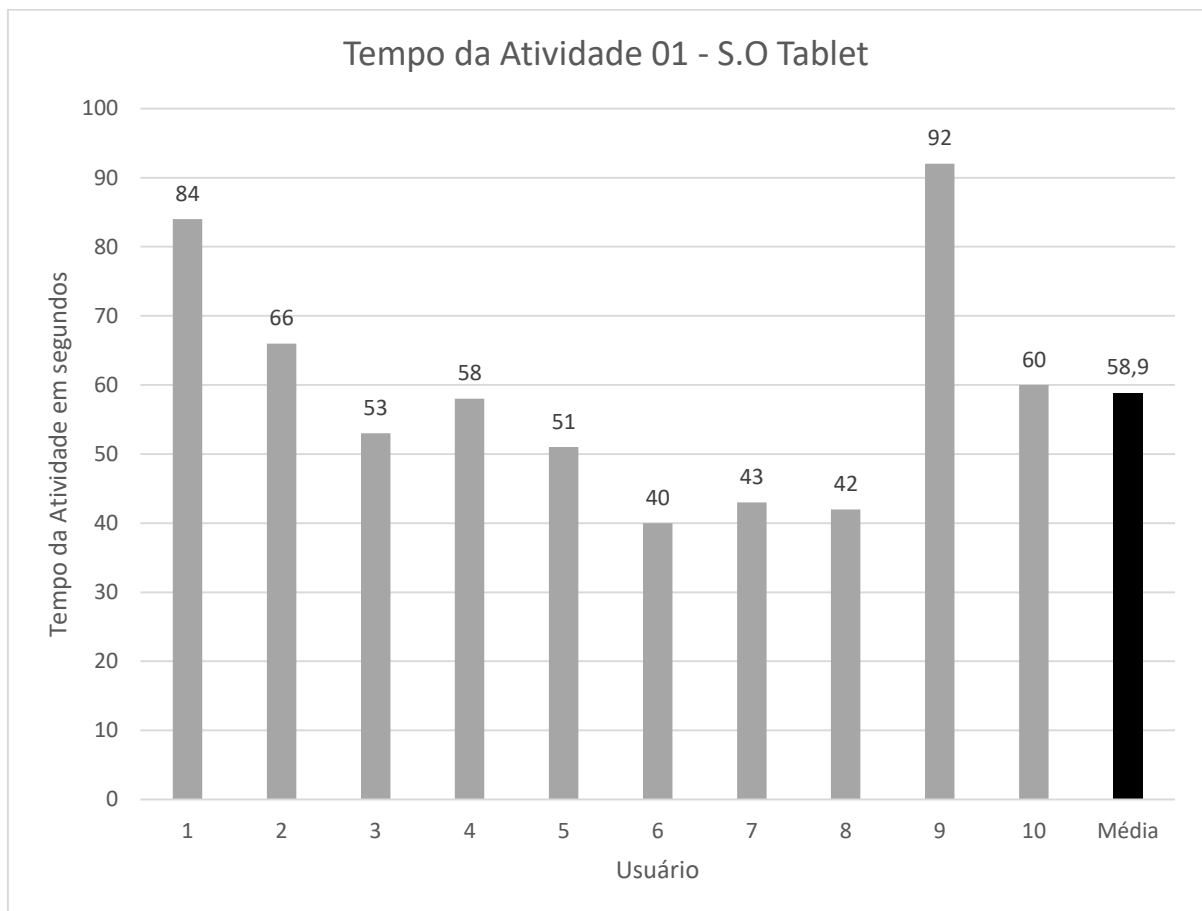


Figura 16 - Tempo de término da Atividade 1 no Tablet

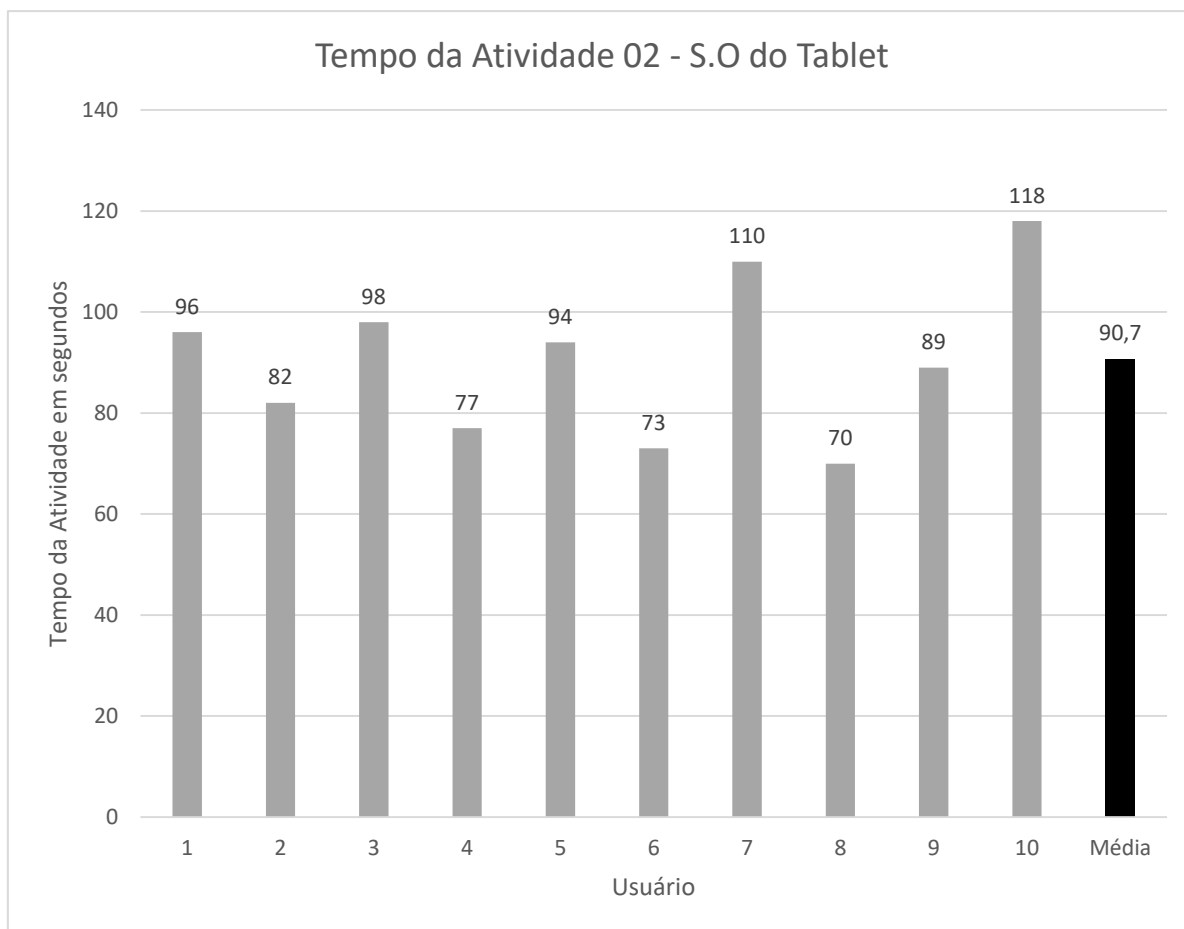


Figura 17 - Tempo de término da Atividade 2 no Tablet

Percebe-se que a atividade 1, o qual é utilizado o gerenciador de arquivos foi em média mais rápida para ser executada do que no navegador. Isso se deve a quantidade de erros mais elevadas na atividade 2, como mostra a **Figura 18**.

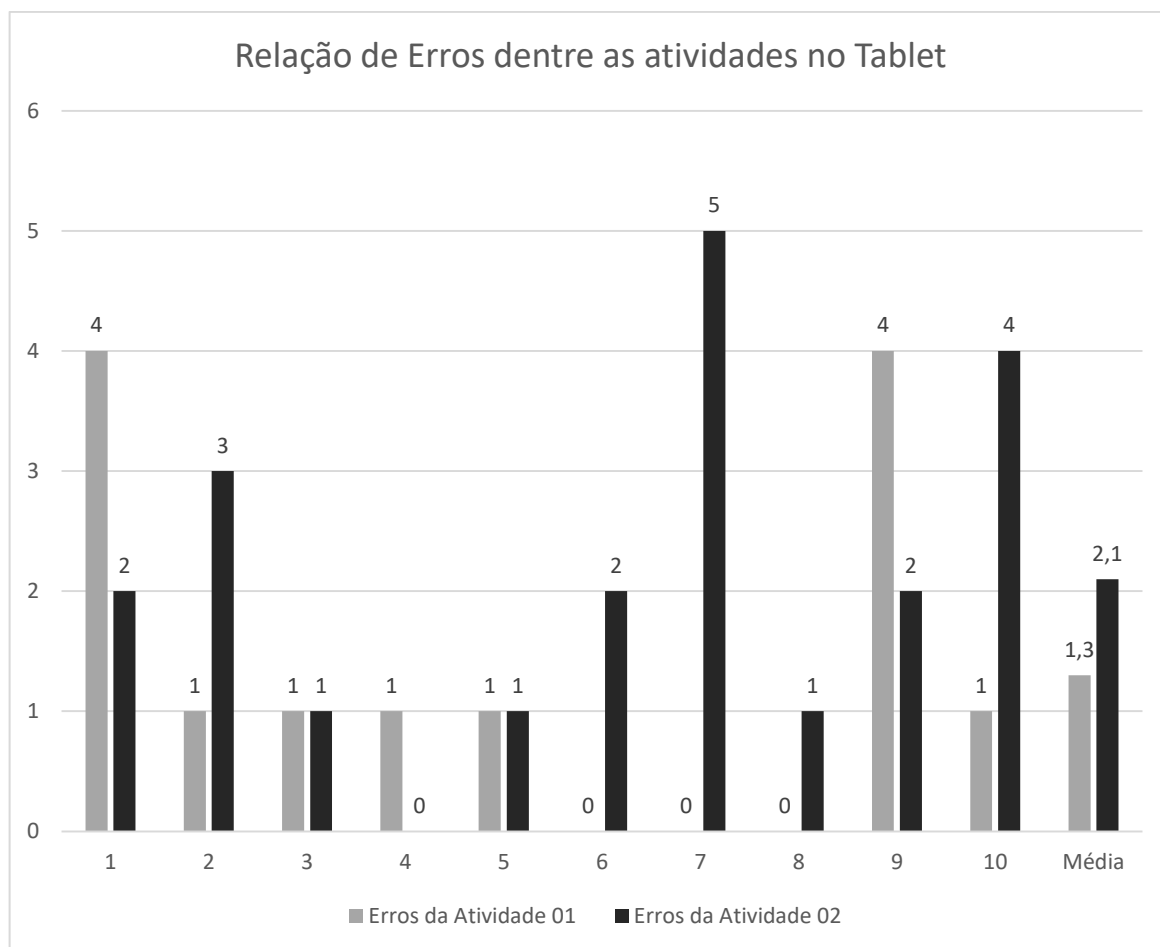


Figura 18 - Relação dos erros entre as atividades 1 e 2.

Há uma maior dificuldade da atividade 2 em relação a 1, pois somente dois usuários realizaram a atividade 1 com menos erros do que na 2. O motivo de ter se encontrado mais erros na atividade 2 é que a implementação do rastreamento de cabeça para os navegadores tem certas limitações e dificuldades apontadas pelos usuários como a função de barra de rolagem. No entanto, essa análise será feita na seção 5.2. Tal dificuldade é percebida pois somente dois usuários, no caso, os usuários 1 e 9 realizaram a atividade 1 com mais erros do que na 2.

Para fazer a relação entre as tecnologias, foi analisada a atividade 2 pois suas tarefas são semelhantes em relação a cliques e desempenho. No entanto para o computador houveram cinco tarefas, já no tablet somente três.

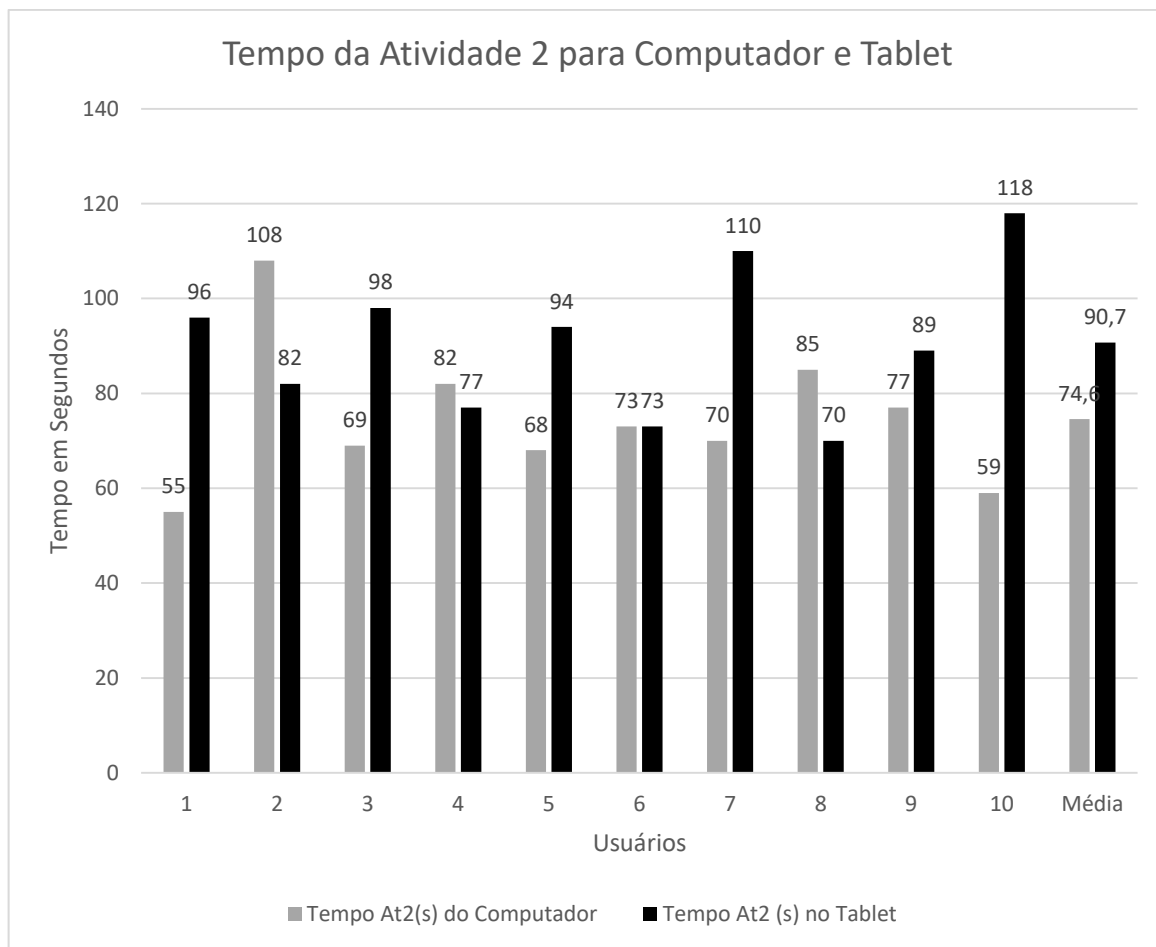


Figura 19: Relação de tempo da atividade 2 entre Computador e Tablet

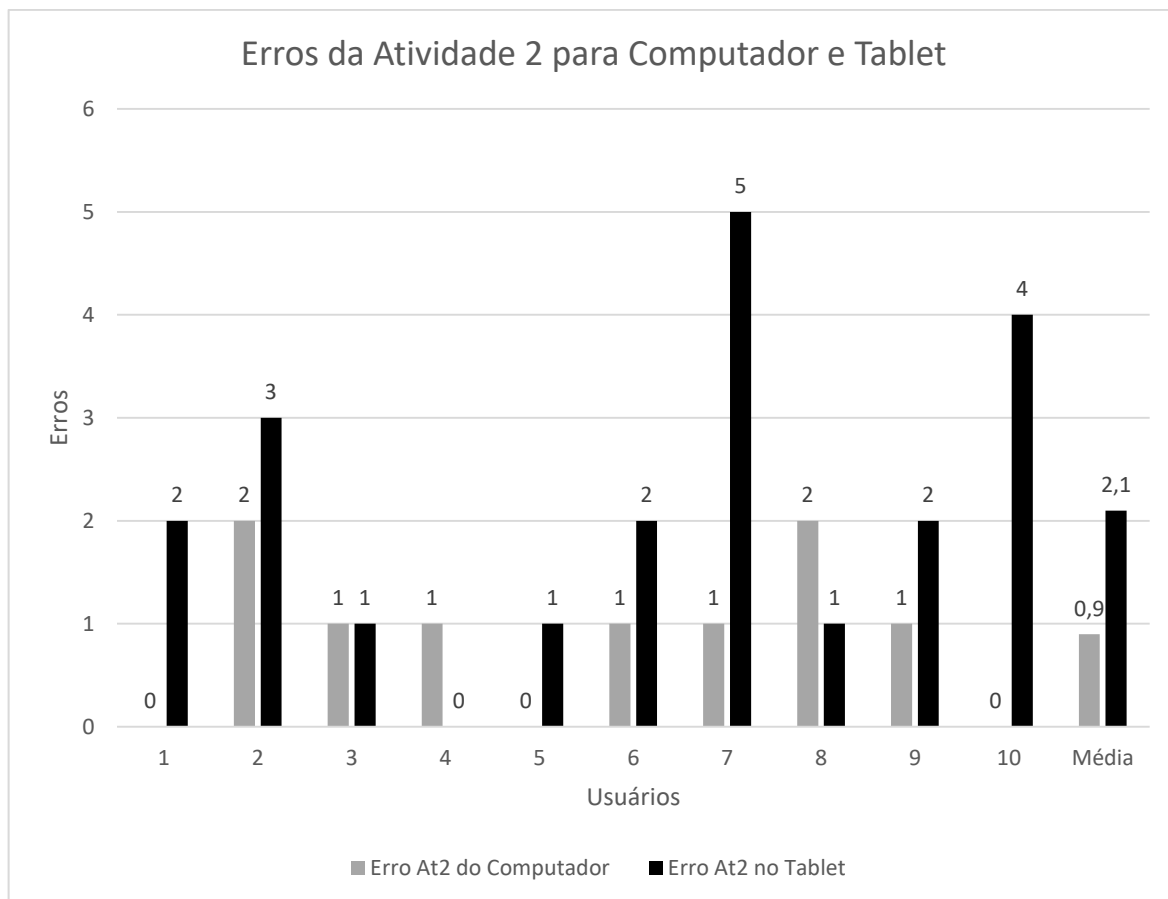


Figura 20: Relação de erros da atividade 2 entre Computador e Tablet

A **Figura 19** e a **Figura 20** apontam uma maior facilidade dos usuários para executar a atividade 2 no computador do que no tablet, uma vez que, tanto a média do tempo quanto a média de erros foram menores. Desse modo, conclui-se que o rastreamento de cabeça usando o eViacam é mais preciso no computador do que no tablet. A **Figura 21**, **Figura 22**, **Figura 23** e **Figura 24** mostram que a medida que o usuário erra, o tempo de conclusão para tarefa tende a aumentar.

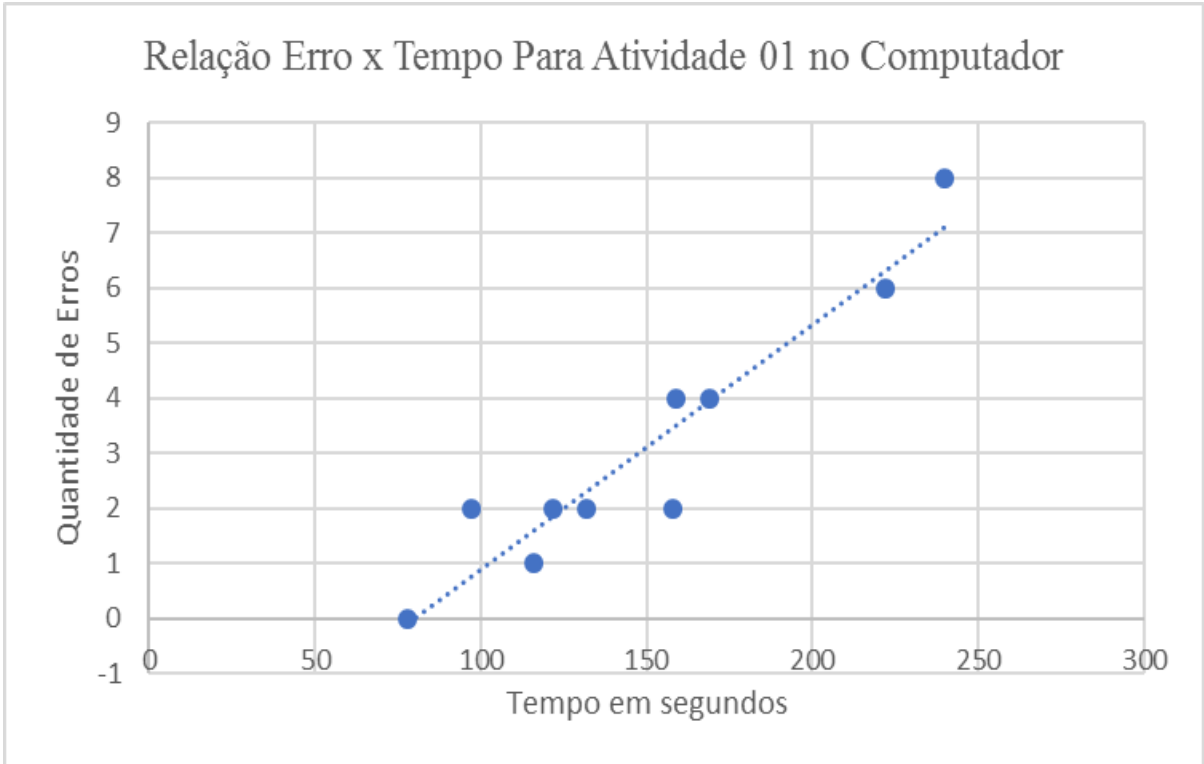


Figura 21: Relação de tempo e erro na atividade 1 para o computador

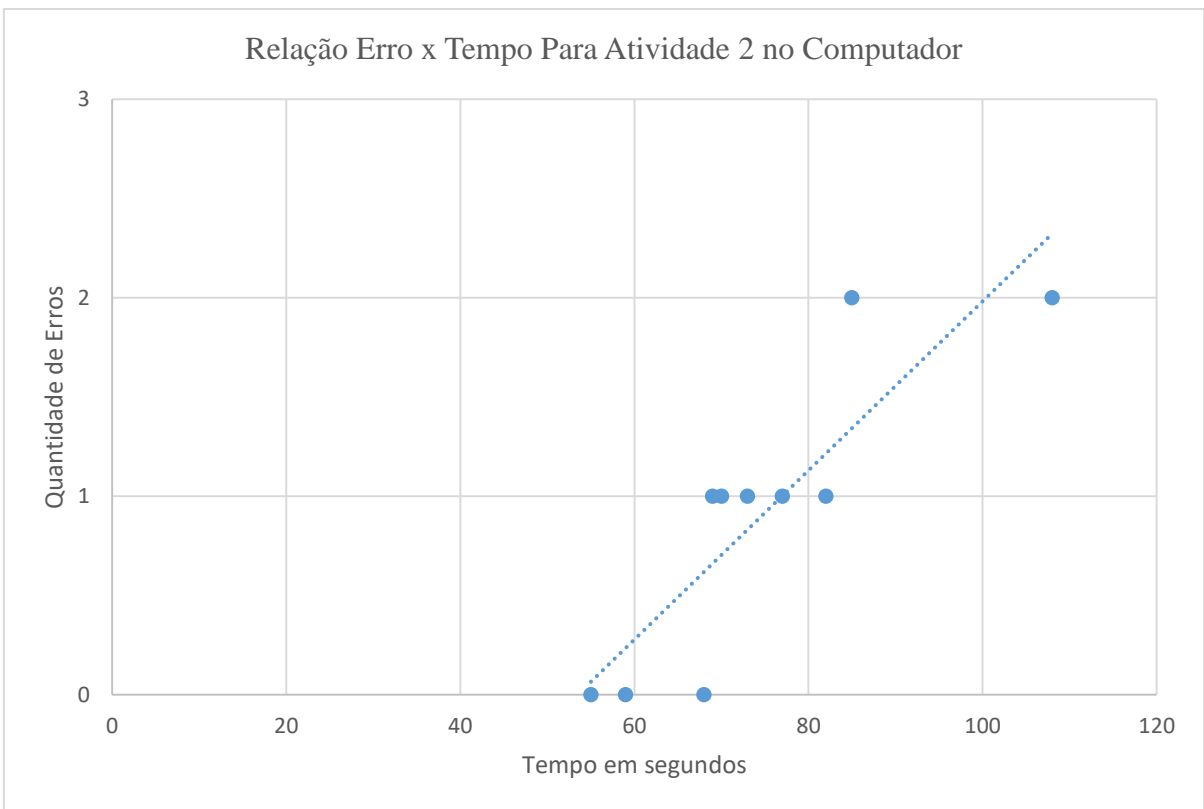


Figura 22: Relação de tempo e erro na atividade 2 para o computador

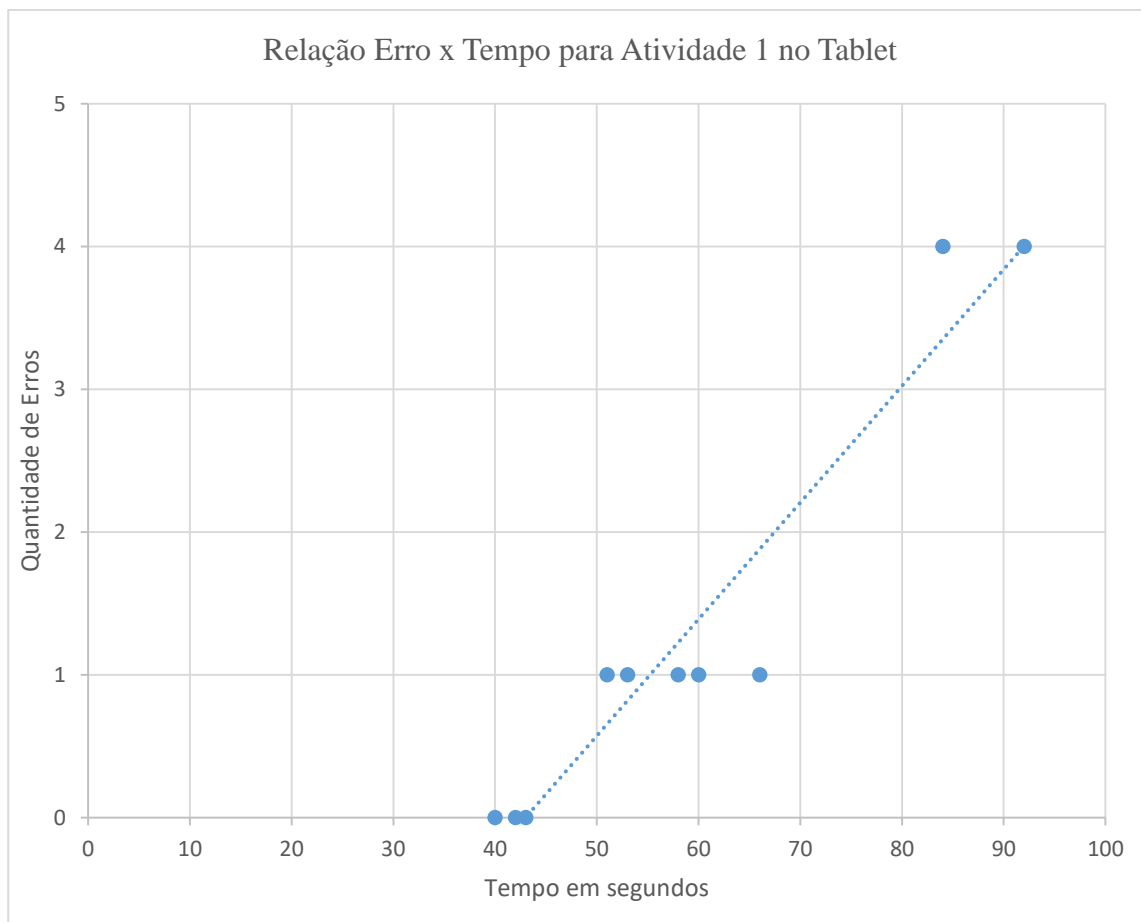


Figura 23: Relação de tempo e erro na atividade 1 para o tablet

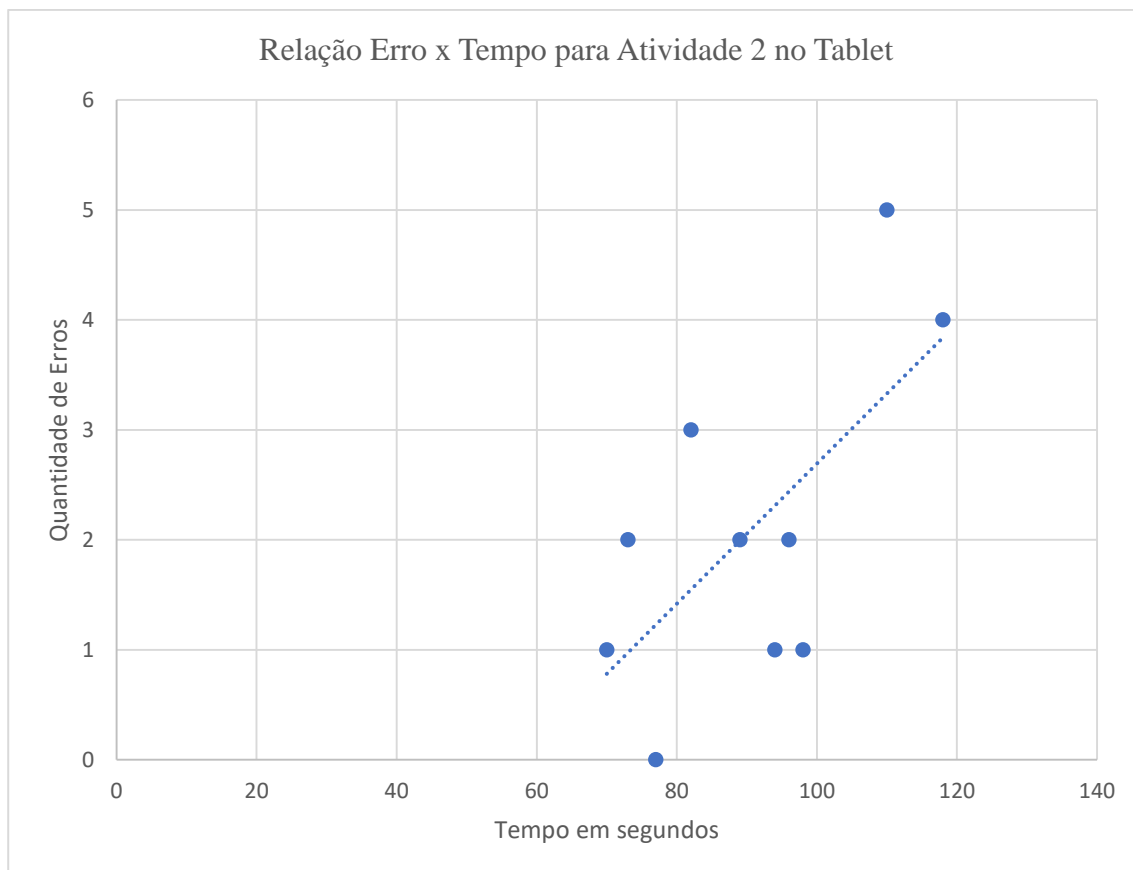


Figura 24: Relação de tempo e erro na atividade 2 para o tablet

A medida que o usuário comete erros o tempo aumenta e acaba acarretando em um maior estresse na interação, desestimulando o uso da tecnologia. Para isso, precisa-se identificar a opinião do usuário para determinar os pontos que carecem de melhorias. No tópico apresentado a seguir, será demonstrada e categorizada algumas sugestões que oferecem melhorias no uso da tecnologia.

4.2 – Resultados Qualitativos:

Esta seção tem o objetivo de avaliar a opinião dos usuários acerca do uso do rastreamento de cabeça. O processo usado foi o protocolo Pensar Alto. As respostas dos usuários foram resumidas extraindo-se as ideias principais de cada resposta de modo que ideias similares ficaram na mesma categoria. A **Tabela 1** mostra os comentários que os usuários propuseram durante os testes com o RC no computador, e a **Tabela 2** representa a mesma ideia, porém, com o uso do tablet. Para manter o anonimato dos usuários, os nomes foram trocados por números na representação.

Para os resultados da experiência no computador foram criadas sete categorias, a partir dos comentários apresentados na **Tabelas 1** e na **Tabela 2**: *Dificuldade de mexer o cursor; sensibilidade; Dificuldade de alcançar os cantos; Precisão em pontos pequenos; Dwell longo; Mouse não centralizado e Ajuste na câmera*. Do mesmo modo, para o tablet usou-se das seguintes: *Dificuldade em clicar nos ícones pequenos; Instabilidade da detecção; Necessidade de movimentos mais amplos do corpo ou do tablet do que da própria cabeça; Não existência do botão do scroll; Dificuldade de alcançar os cantos; Transição demorada devido o Dwell Time e Sensibilidade*.

Tabela 1: Pontos negativos na interação com o computador

Usuário	Pontos negativos no uso do RC para computador
1	Ângulo torna difícil mexer o cursor.
2	Mouse pouco sensível e dificuldades de chegar ao canto
3	Dificuldade nos cliques e alcance dos cantos
4	Dificuldades de cliques em pontos pequenos, atraso na resposta e dwell longo
5	Dificuldade quanto para iniciar movimentos com mouse não centralizado
6	Necessidade de um ajuste na câmera e dificuldade nos cantos
7	Sensibilidade ruim
8	Dificuldade de se chegar nos cantos
9	Necessidade de se movimentar muito
10	Achou necessário um ajuste da câmera

Tabela 2: Pontos negativos na interação com o tablet

Usuário	Pontos negativos no uso do RC para tablet
1	Ícones pequenos
2	Instabilidade e ícones pequenos demais
3	Não teve comentário negativo
4	Movimentar mais o tablet do que a própria cabeça, ícones pequenos, botão visível pro scroll no browser
5	Ícones pequenos
6	Dificuldade de alcançar os cantos
7	Câmera estática pois o mesmo deve compensar com a cabeça os movimentos realizados com os braços, objetos nos cantos
8	Transição de clique incômoda devido ao tempo do dwell, desconfortável sem uma base para segurar o tablet
9	Cabeça pode ter uma mobilidade maior p/reconhecimento
10	Sensibilidade alta do ponteiro, ícones pequenos

A **Figura 25** mostra as dificuldades dos usuários, já divididas em grupo, que utilizaram o rastreamento de cabeça no computador e a **Figura 26** mostra as dificuldades dos usuários, também já divididas em grupos, com relação ao tablet.

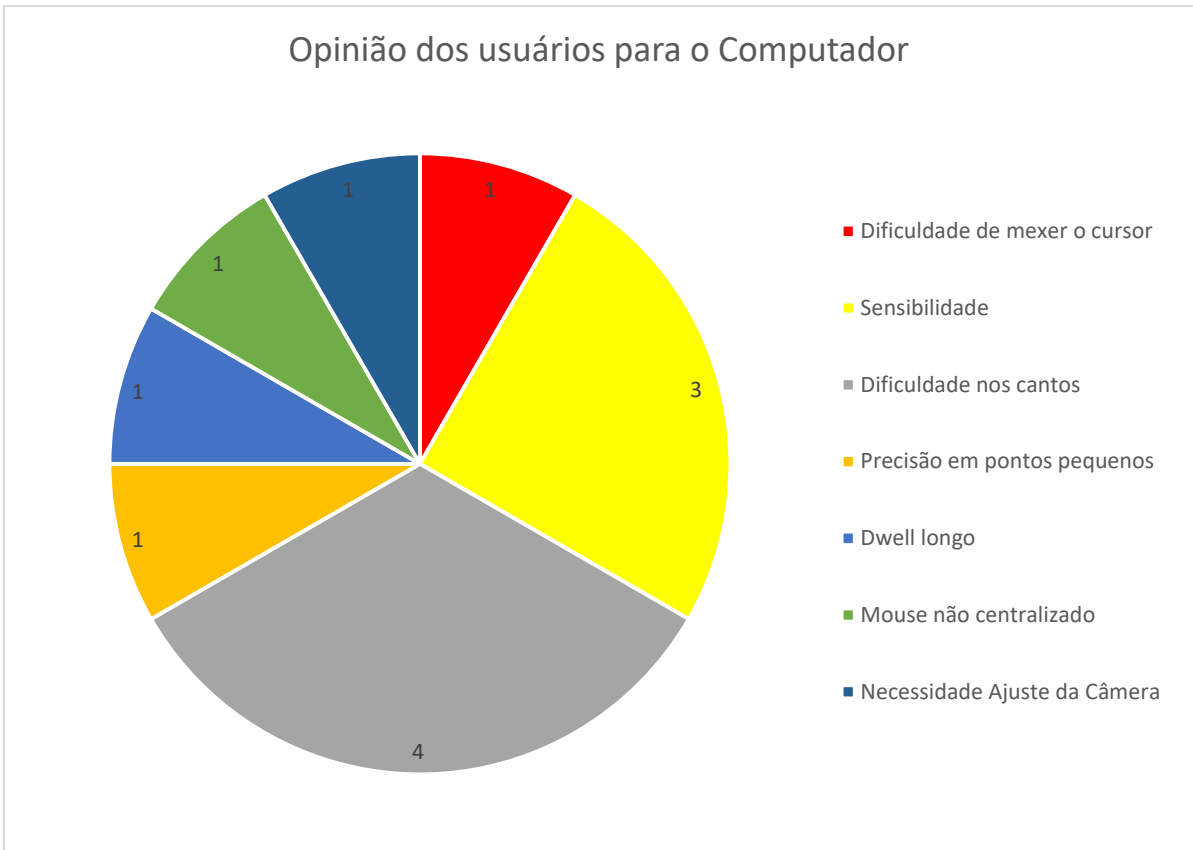


Figura 25: Grupos de usuários apontaram as dificuldades na interação com o computador

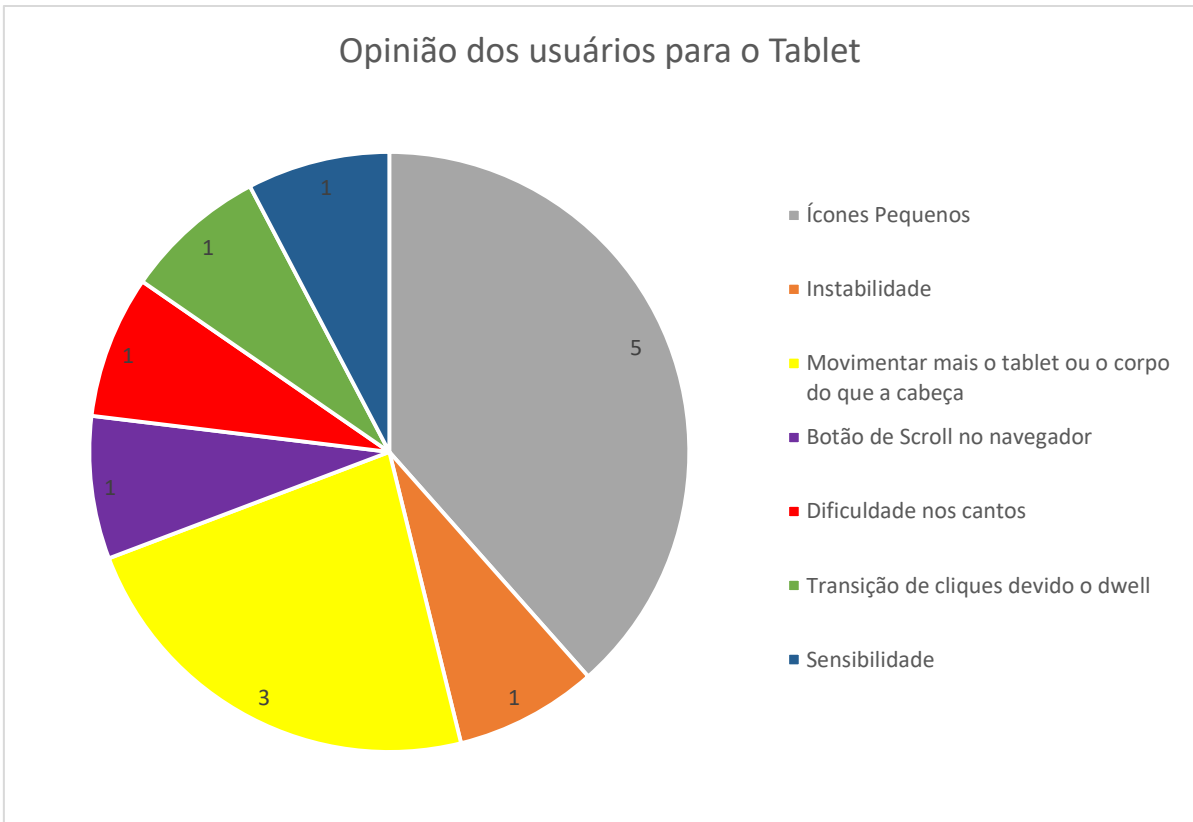


Figura 26: Grupos de usuários apontaram as dificuldades na interação com o computador

Através da **Figura 25**, percebe-se que os usuários têm maiores dificuldade nos cantos e na questão da sensibilidade do RC. Alguns usuários sugeriram aumentar o tamanho dos ícones, principalmente os que se encontram nos cantos, realizar um ajuste do posicionamento da câmera e sensibilidade do cursor prévio ou modificar o posicionamento dos itens para que não se localizem nos cantos.

Na **Figura 26**, os usuários têm maiores dificuldades no quesito de clicar em ícones pequenos e de ter que movimentar mais o tablet ou o corpo do que a cabeça. Os usuários sugeriram para esses problemas, aumentar o tamanho dos ícones ou reorganizá-los, além de outras sugestões como: definir o tempo de dwell e diminuir a sensibilidade do cursor também foram levantadas.

Conforme os dados apresentados na **Tabela 3** e na **Tabela 4**, foi observado que entre os usuários houve uma aceitabilidade positiva. Sobretudo, o desempenho dos usuários demonstrou que a utilização do rastreamento da cabeça para ações executadas com mouse e teclado é possível, uma vez que todos terminaram suas tarefas com uma ressalva na necessidade de realizar ajustes para tornar a experiência do usuário mais confortável e eficiente. Na **seção 6** deste estudo, apresenta-se as considerações e propostas que podem vir a ser realizadas para alcançar este objetivo.

Tabela 3 – Pontos positivos na interação com o computador.

Usuário	Pontos positivos no uso do RC para Computador
1	Intuitiva e fácil de usar.
2	Aplicação inovadora
3	Fácil de usar.
4	Simple de usar.
5	Experiência Interessante, painel de cliques bem intuitivo
6	Não teve comentário positivo
7	Fácil de usar.
8	Não teve comentário positivo
9	Aplicação interessante e bem prática
10	Interessante ter o painel de cliques

Tabela 4 – Pontos positivos na interação com o computador Tablet.

Usuário	Pontos positivos no uso do RC para Tablet
1	Não teve comentário positivo
2	Não teve comentário positivo
3	Simplicidade, poder movimentar o tablet e ter uma resposta visual
4	Não teve comentário positivo
5	Boa velocidade, não exige muito dos movimentos da cabeça, captação ágil de informação
6	Não teve comentário positivo
7	Boa usabilidade
8	Usabilidade e sensibilidade boas
9	Muito prática
10	Interação boa, facilidade de mexer o tablet com as mãos e realizar os movimentos

5. Considerações Finais e Trabalhos Futuros

Este trabalho buscou fazer uma análise de usabilidade acerca do rastreamento da cabeça para Computador Desktop e para dispositivos móveis. O rastreador de cabeça utilizado foi o Enable Viacam, comumente conhecido como eViacam a escolha dele foi pelo fato de ser grátis, open source e utilizar uma câmera comum para fazer o rastreamento, possibilitando assim um menor custo financeiro comparado com outras aplicações.

Elaborou-se dois cenários para cada dispositivo, de modo que no computador o primeiro cenário foi o do Gerenciador de Arquivos no próprio sistema operacional Windows contendo cinco tarefas, já o segundo cenário foi no navegador Google Chrome o qual continha cinco tarefas também. No tablet foram definidas quatro tarefas para o gerenciador de arquivos no Android e três tarefas no navegador Google Chrome. Os dados coletados durante a execução das tarefas foram erro e tempo de término da mesma. Foi instruído ao usuário para ficar bem à vontade para falar o que quiser sobre a experiência durante e após a realização das tarefas de um cenário. Analisando os erros e tempos foi possível obter uma análise quantitativa dos testes e através da coleta do áudio e da triagem realizada no mesmo gerou-se grupos de ideias na qual ideias semelhantes ficariam no mesmo grupo concebendo assim uma análise qualitativa dos dados.

Os resultados dos testes apontaram algumas áreas que necessitam ser melhoradas para que o usuário se sinta mais confortável e que tenha mais precisão na interação. Alguns pontos levantados foram ícones pequenos demais para conseguir clicar, barra de rolagem invisível, sensibilidade muito baixa, ícones nos cantos são difíceis de alcançar e etc.

Como trabalhos futuros, pretende-se avaliar as restrições do eViacam para tablet para que assim seja possível solucioná-las. Se faz necessário também verificar o tamanho dos ícones, para que fique confortável ao clique do usuário, mas sem perdas das informações. Pretende-se também aprimorar a experiência do usuário no navegador do tablet, uma vez que lá se encontram muitas limitações e falhas, por exemplo, a inexistência de um ícone para barra de rolagem.

É necessário também levantar-se um estudo sobre a influência da iluminação do ambiente e da distância e ângulo da câmera na performance das interações, na medida que, através de uma configuração prévia ao uso os resultados possam melhorar e com isso a experiência do usuário também seria melhor.

E por fim, criar configurações auxiliares como tempo de dwell, sensibilidade e etc. no rastreamento de cabeça para tablet, pois assim o usuário poderá escolher as suas configurações

para que se obtenha um resultado melhor com uma experiência mais satisfatória. Uma solução para tal problema pode ser um processo de calibragem prévio ao uso.

6 – Referências

- AL-RAHAYFEH, A. M. E. R.; FAEZIPOUR, M. I. A. D. *Eye tracking and head movement detection: A state-of-art survey*. IEEE journal of translational engineering in health and medicine, v. 1, p. 2100212-2100212, 2013.
- BUÑ, Paweł et al. *Application of professional and low-cost head mounted devices in immersive educational application*. Procedia Computer Science, v. 75, p. 173-181, 2015.
- COSTA, Selma Anequini. *Avaliação da resposta de movimentação da cabeça, em direção ao som, em crianças: evolução no primeiro semestre de vida*. 1998.
- FREITAS, A.A.; MEIGUINS, B.S; dos SANTOS, C.G.R. “*Boas Práticas de Interação com Head-Tracker e Comandos de Voz.* ”, 2016.
- HANSEN, J.P. et al. “*Command without a click: Dwell time typing by mouse and Gaze selections.*”, 2003.
- HIX, D. & HARTSON, H. *Developing User Interfaces: Ensuring Usability Through Product and Process*. New York, NY: John Wiley & Sons, 1993.
- KANG, Sing Bing. “*Hands Free Interface to a virtual reality environment using head tracking*”. 1997
- KULSHRESHTH, A.; LA VIOLA JR., J.J. “*Evaluating Performance Benefits of Head tracking in Modern Video Games.*”, 2013.
- LEWIS, C., “*Using the ‘Thinking-aloud’ method in cognitive interface design*”. Research Report RC-9265, IBM T.J. Watson Research Center, Yorktown Heights, NY, USA., 1982.
- MACHADO, L. S. *Dispositivos Não-Convencionais para Interação e Imersão em Realidade Virtual e Aumentada*, João Pessoa, 2010.
- MIYAMA, M. & MATSUDA, Y. “*Integrated Face Detection, Tracking, and Pose Estimation.*”, 2012.
- MORAN, T. “*The Command Language Grammars: a representation for the user interface of interactive computer systems*”. International Journal of Man-Machine Studies 15, pp. 3 – 50, 1981.
- MURPHY-CHUTORIAN, E. & TRIVEDI, M.M. “*Head Pose Estimation in Computer Vision: A Survey.*”, 2009.

- NABATI, M. & BEHRAD A. “*Camera Mouse Implementation Using 3D Head Pose Estimation by Monocular Video Camera and 2D to 3D point and Line Correspondences.*”, 2010
- NIELSEN, J. *Usability Engineering*. New York, NY: Academic Press, 1993.
- NORMAN, D.A & Draper, S.W. *User Centered System Design*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum, 1986.
- SEDIG, Kamran et al. “*Human-centered interactivity of visualization tools: Micro-and macro-level considerations. In: Handbook of Human Centric Visualization.*” Springer New York, 2014. p. 717-743.
- TAKAHASHI, K. & MITSUKURA, Y. “*Head Pose Tracking System Using a Mobile Device.*”, 2013.
- VIOLA, P. & JONES M.J. “*Robust Real-Time Object Detection.*”, 2001
- YIM, J.; QIU, E.; GRAHAM, T.C.N. “*Experience in the Design and Development of a Game Based on Head-Tracking input.*”, 2008.