



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA BIOMÉDICA
NÚCLEO DE TECNOLOGIA ASSISTIVA

LUDYMILA RIBEIRO BORGES

**AVALIAÇÃO DE USABILIDADE DE COMANDO OCULAR DE CADEIRA DE
RODAS MOTORIZADA**

Uberlândia/2016

LUDYMILA RIBEIRO BORGES

**AVALIAÇÃO DE USABILIDADE DE COMANDO OCULAR DE CADEIRA DE
RODAS MOTORIZADA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica da Universidade Federal de Uberlândia, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Ciências.

Área de Concentração: Engenharia de
Reabilitação e Tecnologia Assistiva
Orientador: Prof. Dr. Eduardo Lázaro Martins
Naves

UBERLÂNDIA
OUTUBRO DE 2016

LUDYMILA RIBEIRO BORGES

Avaliação de Usabilidade de Comando Ocular de Cadeira de Rodas Motorizada

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica da Universidade Federal de Uberlândia, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Ciências.

Banca de Avaliação:

Prof. Dr. Eduardo Lázaro Martins Naves – UFU
Orientador

Prof. Dr. Teodiano Freire Bastos Filho– UFES
Membro externo

Prof. Dr. Edgard Afonso Lamounier Junior – UFU
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica
Membro interno

Uberlândia-MG, 29 novembro de 2016.

AGRADECIMENTOS

Gratidão ao Grande Espírito criador de tudo e todas as coisas pela oportunidade de manifestação e evolução.

No caminho da evolução e aprendizado, nos conectamos com muitos seres que marcam nossa essência, nos propiciando conhecimento e vivências únicas. Neste caminho tive a sorte de contar com pessoas que me incentivaram a ser melhor sempre, e não mediram esforços para que eu alcançasse meus sonhos.

Agradeço ao Professor Doutor Eduardo, que sempre acreditou no meu potencial, com paciência e irrestrita dedicação, contribuindo para meu crescimento acadêmico, intelectual e pessoal.

Agradeço ao Professor Doutor Edgard pela amizade, companheirismo e ensinamentos, pessoa que admiro muito pela sua coragem de enfrentar novos desafios e que gentilmente aceitou o convite para compor a banca de avaliação.

Agradeço ao Professor Doutor Teodiano que, nas poucas oportunidades que estivemos juntos, conseguiu motivar e incentivar o caminho da pesquisa, me atentando para perspectivas diferentes e aceitou participar desta banca, enriquecendo sua apresentação.

Agradeço aos professores, técnicos, secretários e colaboradores da UFU, que propiciaram o ambiente de aprendizagem e amizade.

Gratidão à minha família, que proporcionou o mais amoroso ambiente para desenvolvimento pessoal e interior. Aos meus pais, que sempre incentivaram a florescer o melhor de mim. Minha irmã, que sempre foi meu ponto de apoio e compreensão e, com sua infinita paciência, sempre me ensina uma forma “nova” de olhar o “velho”. À minha avó que adoça nossas vidas com sua presença.

Gratidão aos amigos que cruzaram por meu caminho, cada um com seu modo singular, com ideias, gestos e pensamentos que marcaram de forma intrínseca o meu ser.

Aos amigos do laboratório e da UFU que me acompanharam, dia-a-dia, na alegria e na tristeza, e sempre entenderam minhas necessidades, seja de conhecimento, de companhia, seja de “lanche” ou de “conselho”.

Às amigas de infância e colegial que sempre acharam “complicado” Engenharia Biomédica, mas vibraram a cada conquista e me incentivaram a dar o próximo passo.

Aos amigos do grupo de autoconhecimento que formaram um elo para suporte de desenvolvimento interior, e que colaboraram para ser a pessoa que sou hoje.

Ao instrutor Durval, que é como pai, avô, professor, amigo, me ajudando em todos os momentos a construir a base de fortaleza para aprimoramento pessoal.

Aos amigos que a vida nos apresenta em cada esquina e, que contribuem para tornar a vida mais preciosa em seus detalhes

Aos meus alunos que contribuíram para minha formação profissional, me exigindo disciplina e responsabilidade.

Aos participantes da pesquisa, pessoas que estimo e foram importantes em momentos cruciais, dando significado à minha tarefa como pesquisadora.

À CAPES, FAPEMIG e CNPq, pelo apoio financeiro.

A todos que contribuíram e contribuem para ser a pessoa que sou hoje minha eterna gratidão; vocês fazem parte do meu ser. “Sozinho se chega mais rápido, mas com companhia se vai mais longe”.

“Conheça todas as teorias,
domine todas as técnicas,
mas ao tocar uma alma humana,
seja apenas outra alma humana”.

Carl Jung

Resumo

Devido aos altos índices de pessoas com deficiência no Brasil, a demanda por Tecnologias Assistivas (TAs) em diversos campos aumentou. Porém, alguns estudos relatam que 30% de todos esses dispositivos de TAs adquiridos são abandonados. Alguns motivos, como falta de participação do usuário no desenvolvimento da tecnologia, ausência de treinamentos e alterações nas necessidades dos usuários são citados. Esta pesquisa procurou entender como usuários e desenvolvedores se relacionam com a TA, quais são as prioridades de cada grupo, e se essa divergência reflete nos índices de abandono. Neste trabalho, foi desenvolvido um sistema de comando de cadeira de rodas motorizada, baseado no movimento dos olhos, para atender o público que apresenta deficiência motora severa, e foi realizada uma avaliação de usabilidade do sistema. Por meio de métodos de avaliações empíricos (com usuários do público alvo) e analíticos (sem a participação do público alvo), diversos problemas de interface foram encontrados sobre o sistema desenvolvido, nos quais os usuários encontraram doze problemas, e os desenvolvedores dez. Para a realização da avaliação heurística (método analítico), foi percebida a existência de poucos parâmetros para uma avaliação completa. Assim, foram propostas 25 heurísticas para compor a avaliação. Esta proposta foi ponderada por usuários e desenvolvedores, devido ao grau de importância de cada item para cada grupo, e percebeu-se uma divergência na priorização de 16 critérios ($pvalue < 0,05$), indicando uma diferença na forma que ambos os grupos se relacionam com a TA. Devido a essa diferença no ponto de vista de usuário e desenvolvedor concluiu-se que é importante considerar a opinião de ambos os grupos e demais profissionais, no desenvolvimento da TA, para garantir que a mesma esteja em conformidade com as expectativas de todos os envolvidos.

Palavras-chave: tecnologia assistiva, cadeira de rodas motorizada, usabilidade, avaliação empírica, avaliação analítica, heurísticas.

Abstract

Due to high rates of people with disabilities in Brazil, the demand for Assistive Technologies (ATs) in many fields has increased. However, some studies report that 30% of all purchased devices are abandoned. Some reasons, as lack of user involvement in the technology development, lack of training and changes in users' needs are mentioned. This research was focused on understand and how users and developers relate to ATs, identifying the priorities of each group and verifying if this divergence reflects in dropout rates. A command system for an electric-powered wheelchair using eye movement was developed for a public with severe physical disabilities, and a usability evaluation of this technology was performed. Through empirical evaluation methods (with users from the target group) and analytical methods (without the participation of the target group), many interface problems were found on the developed system, in which users found twelve problems, and developers, ten. To perform the heuristic evaluation (analytical method) few parameters for a complete evaluation was perceived. Thus, 25 heuristics were proposed to perform the evaluation. The selection of those heuristics had different weights for users and developers, judging on the degree of importance of each item for each group, and a divergence in prioritizing the 16 criteria (pvalue <0,05) was noticed, which indicates a difference in the way in which both groups relate to AT. Because of this difference in user and developer standpoint, it was concluded that it is important to consider the opinion of both groups and other professionals in the development of ATs to ensure that these comply with the expectations of all involved.

Keywords: assistive technology, electric-powered wheelchair, usability, empirical evaluation, analytical evaluation, heuristics.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BB- Banco do Brasil

CAAE - Certificado de Apresentação para Apreciação Ética

CONADE- Conselho Nacional dos Direitos da Pessoa com Deficiência

CRM - Cadeira de Rodas Motorizada

HC-UFU - Hospital de Clínicas da Universidade Federal de Uberlândia

HIS - Sistema de Informações em Saúde

HMD - *Head-mounted display*

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IHM - Interface-homem-máquina

MCTI - Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação

PWM - *Pulse Width Modulation*

RA – RealidadeAumentada

SMB - Seat Mobile do Brasil

SUS – Sistema Único de Saúde

TAs - Tecnologias Assistivas

SUMÁRIO

| | |
|---|-----|
| I. Introdução | 11 |
| II. Objetivos Gerais e Específicos..... | 13 |
| III. Estrutura da Dissertação..... | 13 |
| Capítulo 1 | 15 |
| ABORDAGEM CONCEITUAL SOBRE TECNOLOGIA ASSISTIVA E APLICAÇÕES..... | 15 |
| Capítulo 2..... | 24 |
| SISTEMA DESENVOLVIDO PARA AVALIAÇÃO | 24 |
| 2.1 Dispositivo de rastreamento do globo ocular | 24 |
| 2.2 Cadeira de Rodas Motorizada | 30 |
| 2.3 Sistema de anticolisão | 31 |
| Capítulo 3..... | 33 |
| DESIGN DE INTERAÇÃO CENTRADO NO USUÁRIO E USABILIDADE | 33 |
| 3.1 Usabilidade..... | 34 |
| Capítulo 4..... | 37 |
| MÉTODO DE AVALIAÇÃO DE USABILIDADE ANALÍTICA..... | 37 |
| 4.1 Definição de Heurísticas | 37 |
| 4.2 Ponderação Heurística..... | 67 |
| 4.3 Avaliação heurística do sistema desenvolvido..... | 73 |
| Capítulo 5..... | 81 |
| MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE USABILIDADE EMPÍRICOS | 81 |
| 5.1 Verbalização retrospectiva | 83 |
| Capítulo 6..... | 92 |
| CONCLUSÃO | 92 |
| IV. Referências | 98 |
| ANEXO A..... | 102 |
| ANEXO B | 112 |

| | |
|---------------|-----|
| ANEXO C..... | 114 |
| ANEXO D..... | 119 |
| ANEXO E | 121 |
| ANEXO F..... | 123 |
| ANEXO G..... | 125 |
| ANEXO H..... | 127 |

LISTA DE FIGURAS E GRÁFICOS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Organograma de apresentação da dissertação..... | 13 |
| Figura 2. Diagrama de blocos do sistema desenvolvido. | 24 |
| Figura 3. Usuário em frente a um <i>eye tracker</i> (fonte: http://dev.theeyetribe.com/general/). | 25 |
| Figura 4. <i>Feedback</i> de reconhecimento do dispositivo e interface de calibração. | 25 |
| Figura 5. Sequencia de eventos do módulo de rastreamento do globo ocular..... | 26 |
| Figura 6. Interface para controle da CRM (módulo <i>eye tracking</i>). | 26 |
| Figura 7. Cadeira de rodas motorizada SMB SM2..... | 30 |
| Figura 8. Posicionamento dos sensores na parte dianteira da cadeira de rodas (na foto é mostrado apenas o sensor do lado direito). | 32 |
| Figura 9. Posicionamento dos sensores na parte traseira da cadeira de rodas..... | 32 |
| Figura 10. Percurso 1..... | 84 |
| Figura 11. Percurso 2..... | 84 |
| Gráfico 1. Quantidade de pacientes atendidos no HC-UFU no período de 2011 a 2016 que são elegíveis para a presente pesquisa. | 12 |
| Gráfico 2. Margem de acertos da amostra. | 28 |
| Gráfico 3. Boxplot dos dados amostrais..... | 29 |
| Gráfico 4. Média e desvio padrão das amostras. | 29 |
| Gráfico 5. Ponderações heurísticas dos usuários e desenvolvedores de TA. | 68 |
| Gráfico 6. Gravidade dos problemas encontrados por heurística..... | 79 |
| Gráfico 7. Relação entre a quantidade de problemas encontrados e número de usuários. | 82 |
| Gráfico 8. Respostas às perguntas 1, 2 e 9 do questionário final. | 87 |
| Gráfico 9. Respostas às perguntas 3 e 4 do questionário final. | 88 |
| Gráfico 10. Resposta à pergunta 5..... | 88 |
| Gráfico 11. Resposta à pergunta 10..... | 89 |
| Gráfico 12. Resposta à questão 11. | 89 |
| Gráfico 13. Resposta à questão 12. | 90 |

LISTA DE QUADROS E TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1. Tensões para acionamento e controle da cadeira de rodas. | 31 |
| Tabela 2. Artigos encontrados pela busca realizada..... | 38 |
| Tabela 3. Heurísticas para avaliação de usabilidade. | 41 |
| Tabela 4. Heurísticas propostas para avaliação de CRM comandada de forma alternativa. | 66 |
| Tabela 5. Análise estatística das ponderações heurísticas. | 68 |
| Tabela 6. Relação de problemas encontrados por heurística..... | 75 |

I. Introdução

Segundo dados do Censo realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 2010, o qual expõe as estatísticas da população brasileira com deficiência em 10 anos, atualmente existem aproximadamente 45.606.048 pessoas com deficiência, dentre elas 209.932 pessoas com deficiência motora. Um mesmo estudo realizado pelo Censo em 2000 revela um total de 24,6 milhões de pessoas com deficiência, o que implica um aumento de cerca de 21 milhões nos últimos 10 anos. Esse aumento é justificado em parte pelos métodos de investigação do IBGE (CENSO, 2010).

Segundo dados estatísticos do Hospital de Clínicas de Uberlândia (HC-UFU), baseado nos últimos 5 anos, apresentados no Gráfico 1, uma média de 211 pessoas receberam atendimento no hospital e apresentaram os seguintes diagnósticos a partir de consultas clínicas e investigações diagnósticas: sequelas de poliomielite, ataxia cerebelar de início tardio, atrofia muscular espinal infantil, doença do neurônio motor, esclerose múltipla, doença desmielinizante do sistema nervoso central, polineuropatia não especificada, distrofia muscular, miopatias congênicas, miopatia não especificada, hemiplegia flácida, hemiplegia espástica, hemiplegia não especificada, tetraplegia flácida, tetraplegia espástica, tetraplegia não especificada, sequelas de acidente vascular cerebral não especificada, outras malformações congênicas do(s) membro(s), artrogripose congênita múltipla, malformações congênicas não especificadas de membros, osteogênese imperfeita (todos esses citados anteriormente são diagnósticos descritos na portaria do Sistema Único de Saúde - SUS para uso da cadeira de rodas motorizada), outros traumatismos e os não especificados da medula, traumatismo da raiz nervosa da coluna cervical, traumatismo dos nervos simpáticos do pescoço, traumatismo de outros nervos não especificados, concussão e edema da medula espinhal torácica, outros traumatismos da medula espinhal torácica e sequelas de traumatismo de medula espinhal.

Tais patologias, congênicas ou adquiridas, acarretam diferentes limitações motoras, funcionais e sociais para esta população, que desde a infância ou após o evento da lesão, são encaminhadas a centros de reabilitação para a oferta do programa de reabilitação.

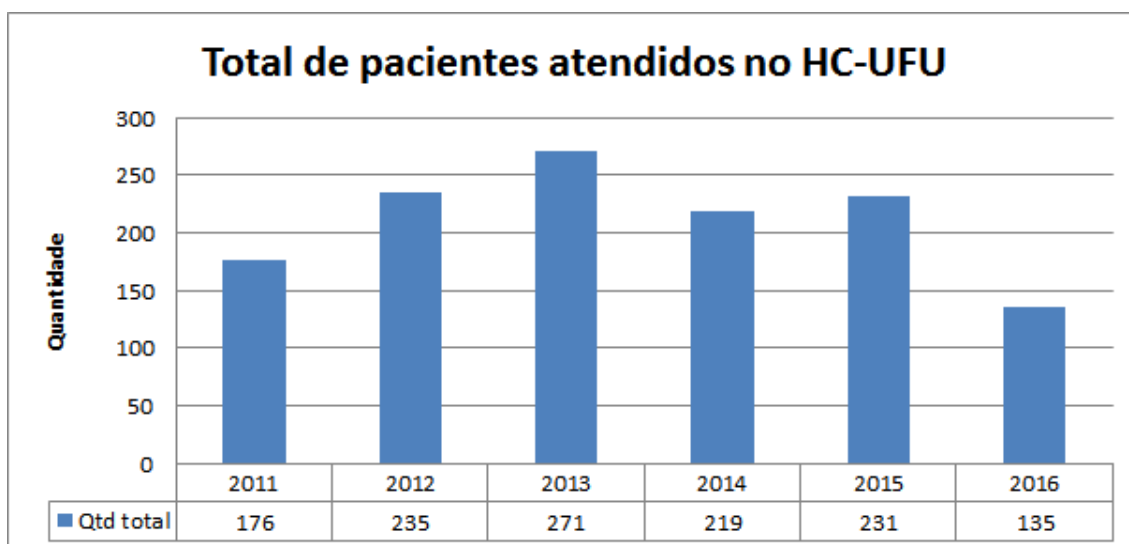


Gráfico 1. Quantidade de pacientes atendidos no HC-UFU no período de 2011 a 2016 que são elegíveis para a presente pesquisa.

Neste público há incidências de diagnósticos que levam a sequelas nos indivíduos, evoluindo para limitação da movimentação ativa de membros inferiores e membros superiores. Estas desabilidades afetam a forma como os indivíduos se integram e convivem em um dado ambiente, tornando a inclusão social ainda mais complexa, uma vez que se tornam indivíduos dependentes de terceiros, com limitações funcionais para as atividades da vida diária e atividades instrumentais da vida diária como estudo e trabalho.

Este público necessita de estratégias acessíveis e eficientes para auxílio nas suas atividades de vida diária e seu contexto. Essas necessidades vêm ao encontro dos objetivos que têm norteado o desenvolvimento de novas Tecnologias Assistivas (TAs), que aos poucos têm sido inseridas no sistema único de saúde.

Diversos dispositivos de TAs vêm sendo desenvolvidos e comercializados para atender as necessidades dos indivíduos. Porém, mais de 30% de todos os dispositivos adquiridos são abandonados pelo usuário entre o primeiro ano e o quinto ano de uso, e alguns não chegam nem mesmo a serem utilizados (Verza et al., 2006; Phillips & Zhao, 1993).

Para atender os requisitos de segurança, acessibilidade e preferências do usuário, garantindo maiores taxas de aceitação do uso de TAs pelas pessoas com deficiência, se fazem necessários testes de usabilidade com os dispositivos de TAs desenvolvidos, em desenvolvimento, e comercializados. Dessa forma, este trabalho apresenta um estudo de usabilidade de um sistema de TA sob a perspectiva de usuários e desenvolvedores.

II. Objetivos Gerais e Específicos

O objetivo geral deste estudo é entender como desenvolvedores e usuários se relacionam com a Tecnologia Assistiva.

Objetivos secundários:

- Fornecer ferramentas para avaliar a usabilidade de tecnologias desenvolvidas para comando de forma alternativa de cadeira de rodas motorizada (CRM)
- Desenvolver formas alternativas para controle de CRM
- Comparar métodos de avaliação de usabilidade empíricos e analíticos

III. Estrutura da Dissertação

O presente trabalho trata de desenvolvimentos práticos e teóricos dentro da temática Tecnologia Assistiva. Para melhor compreensão, o texto da dissertação está organizado conforme o organograma da Figura 1.

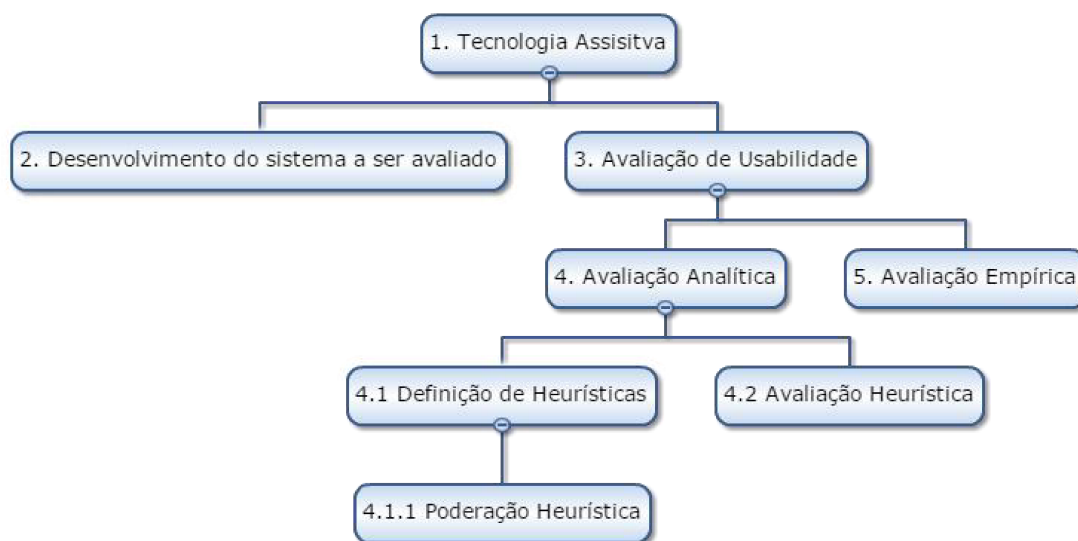


Figura 1. Organograma de apresentação da dissertação.

O Capítulo 1 apresenta uma abordagem conceitual sobre a Tecnologia Assistiva e suas aplicações.

O Capítulo 2 discorre sobre o desenvolvimento do comando de uma cadeira de rodas motorizada pelo movimento dos olhos. Este sistema será o objeto de estudo de usabilidade realizado adiante.

O Capítulo 3 aborda a Usabilidade e seus métodos de avaliação, bem como princípios de Design Centrado no Usuário.

O Capítulo 4 é abordado o método analítico de avaliação (sem participação do usuário alvo).

Na seção 4.1 é apresentada uma revisão sistemática, e uma proposta de heurísticas para avaliação.

A seção 4.2 mostra uma ponderação acerca da importância de cada heurística proposta pelo ponto de vista do usuário e do desenvolvedor.

Na seção 4.3 é relatada a Avaliação Heurística realizada como avaliação de usabilidade sem a participação do público alvo.

No Capítulo 5 é abordado o método empírico de avaliação (com a participação de público alvo).

Na seção 5.1 são apresentados os testes realizados com o público alvo.

O Capítulo 6 apresenta a discussão e conclusão do estudo realizado e trabalhos futuros

Anexo A Publicações relativas ao estudo

Anexo B Protocolo experimental para avaliadores

Anexo C Gabarito para Avaliação Heurística

Anexo D Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Anexo E Questionário pré-testes com usuários

Anexo F Protocolo experimental para usuários

Anexo G Questionário pós testes com usuários

Anexo H Parecer do Comitê de Ética

Capítulo 1

ABORDAGEM CONCEITUAL SOBRE TECNOLOGIA ASSISTIVA E APLICAÇÕES

A TA envolve áreas interdisciplinares que se integram para oferecer dispositivos, recursos, serviços, entre outros facilitadores que visam promover a ampliação de uma habilidade funcional deficitária para realização de tarefas (Bersch, 2013).

Por “Tecnologia Assistiva” ser ainda um termo novo, várias definições foram dadas, e, a partir destas, em 2007 o Comitê de ajudas Técnicas formulou um conceito que abrange as políticas públicas brasileiras:

"Tecnologia Assistiva é uma área do conhecimento, de característica interdisciplinar, que engloba produtos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços que objetivam promover a funcionalidade, relacionada à atividade e participação, de pessoas com deficiência, incapacidades ou mobilidade reduzida, visando sua autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social" (BRASIL - SDHPR. – Comitê de Ajudas Técnicas – ATA VII).

Bersch (2013) relata a classificação da TA em 12 categorias. Idealizada primeiramente em 1998 por José Tonolli e Rita Bersch e posteriormente aceita e utilizada pelos Ministérios da Fazenda, Ciência, Tecnologia e Inovação, e pela Secretaria Nacional de Direitos Humanos da Presidência da República. As categorias são descritas a seguir:

- **Auxílios para a vida diária e vida prática**

Objetos e ferramentas que visam facilitar tarefas rotineiras como se alimentar, cozinhar, vestir, tomar banho entre outras. Exemplos: talheres modificados, abotoadores de roupas, velcro, calculadoras, equipamentos que facilitam consultar relógios, identificar situação das lâmpadas (acesas ou apagadas), identificar chamadas telefônicas, entre outras.

- **CAA - Comunicação Aumentativa e Alternativa**

Visa satisfazer as necessidades de pessoas que perderam a fala ou escrita ou ainda que apresentem alguma deficiência na habilidade de falar e/ou escrever. Exemplos: pranchas de comunicação, vocalizadores, pranchas dinâmicas em computadores, entre outros.

- **Recursos de acessibilidade ao computador**

Com a finalidade de atender o público que apresenta privações sensoriais (visuais e auditivas), intelectuais ou motoras. É um conjunto de *hardware* e *software* delineados para tornar o computador acessível. Exemplos: mouse e teclados modificados, *software* com reconhecimento de voz, órteses para digitação, leitores de tela, impressora em braile, entre outros.

- **Sistemas de controle de ambiente**

Dispositivos que permitam ao usuário controlar aparelhos eletroeletrônicos, televisores, ventiladores, acionar lâmpadas, realizar chamadas telefônicas, entre outros. Tais dispositivos podem ter diversas formas de acionamento, dependendo da habilidade do usuário, podendo ser por pressão, sopro e sucção, movimentos oculares, comando por voz, e diversos sinais biológicos. Esta área da TA abrange automação residencial.

- **Projetos arquitetônicos para acessibilidade**

Edificações, arquiteturas, adaptações estruturais que garantem o acesso físico, facilitando a mobilidade de todos que frequentam tal ambiente. Exemplos: elevadores, rampas, adaptações em banheiros, adaptações de mobiliários, entre outros.

- **Órteses e próteses**

Peças artificiais que substituem partes ausentes do corpo (próteses), ou que ajudam no posicionamento e função de determinado segmento do corpo (órtese). Geralmente são feitas sob medida e auxiliam na mobilidade, correção postural, entre outros.

- **Adequação Postural**

Relaciona recursos que garantem posturas alinhadas, confortáveis e com boa distribuição do peso corporal, facilitando assim, indiretamente, a realização de tarefas, uma vez que o usuário se encontra seguro e confortavelmente posicionado, além de prevenir deformidades corporais. Exemplos: cadeiras de rodas que levem em consideração as medidas antropométricas e flexibilidade de cada usuário, almofadas, estabilizadores ortostáticos entre outros, fazem parte deste grupo de recursos da TA.

- **Auxílios de mobilidade**

Com a função de facilitar a locomoção pessoal, provendo autonomia ao usuário, os recursos de auxílio à mobilidade são: bengalas, muletas, andadores, carrinhos, cadeiras de rodas (manuais ou elétricas) e qualquer outro equipamento ou estratégia com a mesma finalidade.

- **Auxílios para qualificação da habilidade visual e recursos que ampliam a informação a pessoas com baixa visão ou cegas**

São recursos destinados a usuários com déficit na visão. Incluem lentes, lupas, *softwares* ampliadores de tela, material gráfico com texturas e relevos, etc.

- **Auxílios para pessoas com surdez ou com déficit auditivo**

Auxílio por meio de aparelhos de surdez, sistemas com alerta tátil-visual, *softwares* que transformam em voz o texto digitado, e em texto a mensagem falada, dicionários digitais em língua de sinais, sistemas com legendas, entre outros.

- **Mobilidade em veículos**

Auxílio para pessoas com deficiência para dirigir um veículo. Exemplos: facilitadores de embarque e desembarque, elevadores para cadeira de rodas, rampas para cadeiras de rodas, serviços de autoescola para pessoas com deficiência.

- **Esporte e Lazer**

Mecanismos que facilitam a participação em esportes e atividades de lazer. Exemplo: Cadeira de rodas para basquete, bola sonora, auxílio para segurar cartas, e prótese para escalada no gelo.

Diversos dispositivos e recursos vêm sendo desenvolvidos para auxílio a pessoas com deficiência, permitindo aos usuários: autonomia nas suas ações, participação como agente produtivo na sociedade, interação com todas as pessoas com deficiência ou não, igualdade de tratamento em relação a pessoas que não possuem deficiência, melhorias de comunicação, mobilidade, segurança e inclusão social.

Para que uma tecnologia seja indicada e incorporada no dia-a-dia de uma pessoa, alguns fatores devem ser considerados, como, por exemplo: o custo de aquisição, ganho na qualidade de vida, e economia no tempo gastos pelo o usuário para desempenho das atividades, pois a tecnologia deve ser utilizada com a intenção de agregar e auxiliar o usuário e não ser apenas mais um desafio com o qual ele tem que lidar.

O uso efetivo, pelo público alvo, de tecnologias assistivas depende de alguns fatores que devem ser observados, enumerados (Braccialli, 2007) como:

- Não encorajar ou exigir movimentos inapropriados durante o uso do dispositivo;
- Não exigir um gasto energético ou grandes esforços do usuário para sua utilização;
- Se apresentar de forma confortável e segura;
- Baixo custo de aquisição;
- Apresentar manutenção e uso fácil;
- Atender as necessidades do usuário;
- Boa durabilidade
- Aceitação social

Um estudo realizado por Da Cruz& Emmel (2014) com 91 participantes mostrou que 18% dos recursos tecnológicos utilizados por pessoas com deficiência foram abandonados. A justificativa dada por 13,37% dos sujeitos em relação ao abandono dos recursos era porque não gostaram do recurso, seguido pela justificativa de que não necessita mais do recurso (9,26%), tem medo de utilizar o recurso (5,14%), não possui condições físicas para utilizar (7,20%), e para 1,3% dos sujeitos o equipamento se encontrava sem condições de uso.

Para Wessels et al. (2003), o abandono dos dispositivos assistivos são devido a particularidades dos sujeitos e seu contexto, exemplo: a relutância à incapacidade e depressão, má qualidade dos dispositivos, dificuldades arquitetônicas e treinamento inapropriado para aquisição.

Já Lauer et al (2006) levanta a questão do emprego do termo "descontinuação" ao invés do termo "abandono", pois o uso generalizado do termo abandono sugere uma impressão negativa, apresentando que as razões para os dispositivos não estar sendo usados podem ser classificadas tanto positivas como negativas ou outras.

Os motivos considerados negativos (Lauer et al, 2006) estão divididos entre fatores relacionados ao usuário (exemplo: diminuição funcional da saúde, depressão), à tecnologia (exemplo: dificuldade no uso, segurança, estética), e ao ambiente (exemplos: problemas de acessibilidade, rejeição social). Os motivos considerados como fatores positivos são: melhora na função deficitária, mudança para uso de melhor equipamento, solução alternativa e preferência por assistência pessoal. Classificados como outros

fatores estão questões relacionadas ao indivíduo, que não podem ser classificadas como positivas nem negativas: mudança nas necessidades, superação do dispositivo e morte.

Como neste trabalho pretende-se avaliar a usabilidade dos dispositivos, é importante conhecer os 13 fatores que levaram ao desuso dos mesmos, relacionados com a tecnologia, que são (Lauer et al, 2006):

- Dificuldade no uso (tamanho, peso, consumo de energia);
- Segurança;
- Estética;
- Instruções escritas complexas;
- Demora no tempo de inicialização;
- Mau funcionamento ou falhas no dispositivo;
- Dor ou desconforto;
- Custo de manutenção;
- Propriedade danificada;
- Nunca foi utilizado ou instalado;
- Incompatibilidade (dispositivo errado);
- Falta de treinamento ou treinamento insuficiente;
- Opinião não considerada durante o processo de seleção do dispositivo.

Alguns fatores que levam ao abandono do recurso de TA, listados por Braccialli (2007) foram:

- **Ausência da participação do usuário no desenvolvimento e seleção da TA** – Quando os profissionais desenvolvem os dispositivos sem consultar a parte mais interessada, baseando apenas no próprio conceito sobre o que seria ideal. Esta etapa é extremamente necessária, uma vez que cada ser humano apresenta um ponto de vista e padrões a satisfazer. Somente a pessoa que irá utilizar o recurso de TA pode realmente saber das suas necessidades, mesmo que as pessoas ao redor idealizem a TA ideal. Nesta etapa, é interessante reunir uma equipe multidisciplinar para saber os requisitos e a possibilidade de atendê-los.
- **Desempenho ineficiente** – Quando a TA não apresenta um comportamento esperado, o que dificulta a realização das atividades, ao contrário de facilitá-las.
- **Alterações nas necessidades do usuário que a TA não foi capaz de suprir** – Quando o usuário apresenta alguma deficiência que se altera com o tempo, como

doenças neurodegenerativas, ou venha adquirir outra deficiência, que não é atendida pela TA.

- **Ausência de treinamentos** – Quando não há um auxílio na fase de adaptação ao recurso de TA.
- **Baixa aceitação social** – Quando as pessoas que convivem com o usuário de TA não se adaptam à TA e acabam por excluir, ridicularizar, ou ignorar os usuários, ou quando a TA não corresponde ao seu padrão, o que pode afetar a autoestima e aceitação por parte dos usuários.
- **Falta de motivação** – Quando não há incentivo para uso da TA, por parte dos familiares, acompanhantes, pessoas que convivem com o usuário.
- **Dispositivos com funcionamento dificultoso** – Quando os dispositivos não apresentam uma interface amigável, acabam por dificultar ainda mais a realização de tarefas.
- **Dispositivos com aparência não estética** – quando a TA apresenta peso e tamanho não harmonioso ou agradável. Quanto maior a invisibilidade do recurso menor a probabilidade de ser abandonado.

Nevins (1982), com outro ponto de vista, sugere que usuários submetidos a massivas doses de tecnologia podem reagir negativamente e ver o dispositivo de TA como outra dependência, apresentando assim outro fator relevante ao abandono das tecnologias.

No estudo realizado por Phillips & Zhao (1993), com 227 adultos com várias deficiências nos Estados Unidos, procurou-se entender como e porque os usuários da tecnologia decidem rejeitar ou aceitar um dispositivo específico para melhorar a efetividade das invenções de TA e aumentar a satisfação do usuário com os dispositivos. Para isso, os entrevistados relataram experiência com 1732 dispositivos diferentes, dentre os quais 29,3% (correspondendo a 507) foram abandonados, destes, 234 foram cadeiras de rodas. O estudo relatou também que a maior parte dos abandonos dos dispositivos ocorre no primeiro e depois de 5 anos.

Quatro fatores significantes ao abandono das tecnologias são apontados:

- Falta de consideração da opinião do usuário
- Fácil aquisição do dispositivo
- Desempenho insatisfatório
- Mudanças nas necessidades dos usuários ou prioridades

O estudo (Phillips & Zhao, 1993) ressalta que a segunda variável que mais interfere no abandono dos dispositivos é a fácil aquisição dos mesmos. Dispositivos que eram fáceis de obter eram mais propensos a abandono, fator este que surpreende o pensamento comum sobre consumo de TA. Phillips & Zhao (1993) justificam que o fácil acesso à tecnologia não garante que o dispositivo seja o mais apropriado para cada indivíduo, pois o mesmo pode ser fácil de usar em contextos gerais, em hospitais, mas não no dia-a-dia, por exemplo, em casa. Porém, reforça que estudos referentes à fonte de pagamento e compras são necessários.

No contexto de aquisição de TAs, políticas públicas estão sendo aplicadas para atender necessidades das pessoas com deficiência, incluindo apoio para desenvolvimento de TA e facilidade de compras. Neste contexto, foi lançado o Plano Nacional dos Direitos da Pessoa com Deficiência – Viver sem Limite, por meio do Decreto 7.612, de 17 de novembro de 2011, onde o Governo Federal ressalta o compromisso com a igualdade de oportunidades e inclusão social sem discriminação. Elaborado com a participação de 15 ministérios e do Conselho Nacional dos Direitos da Pessoa com Deficiência (CONADE), o plano prevê um investimento no valor total de R\$7,6 bilhões (BRASIL, 2013).

O plano estabeleceu uma linha de crédito para aquisição de TA e desoneração de produtos de TA (Contribuição para o Financiamento e Seguridade Social e Programa de Integração Social – CONFINS e PIS respectivamente). Estabeleceu também a implementação do Programa Nacional de Inovação em Tecnologias Assistivas, cujas metas para 2011-2014 eram:

- Criação de linha de subvenção econômica em tecnologia assistiva;
- Criação de linha de financiamento reembolsável para inovação em tecnologia assistiva;
- Criação de linha de subvenção econômica para inovação em equipamentos de esportes paralímpicos.

O Programa Nacional de Inovação em Tecnologia Assistiva é efetivado pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) e pela Agência Brasileira de Inovação (Finep), e tem como objetivo apoiar o desenvolvimento de produtos, metodologias, estratégias, práticas e serviços, visando autonomia, bem estar e qualidade de vida das pessoas com deficiência (BRASIL, 2013).

Assim, o Plano Viver sem Limite possui uma linha de crédito facilitado com juros subsidiados pelo Governo Federal para aquisição de produtos de TA – o Banco do Brasil (BB) Crédito Acessibilidade é uma linha de crédito do Banco do Brasil destinada à compra de produtos que facilitem o dia a dia e ajudem a melhorar a qualidade de vida de pessoas com deficiência (BRASIL, 2013).

Para ter acesso ao benefício, não é necessário que o cliente seja uma pessoa com deficiência. O valor mínimo de financiamento é de R\$70,00 (setenta reais) e máximo de R\$30.000,00 (trinta mil reais), com taxas de juros de 0,41% ao mês, para quem apresenta renda de até 5 salários mínimos, e 0,45% de juros ao mês para rendas acima de 5 e abaixo de 10 salários mínimos. O financiamento varia de 04 a 60 meses, com até 59 dias para o pagamento da primeira parcela. O crédito é oferecido para aquisição dos produtos listados na Portaria Interministerial nº362, de 24 de outubro de 2012 (BB Crédito Acessibilidade, 2016).

Diante de facilidade de crédito e apoio à aquisição de dispositivos de TA, percebe-se uma maior distribuição de TAs. Porém, mesmo com acesso a diversas tecnologias, isso não garante altas taxas de aceitação, pois, como apresentado por Phillips & Zhao (1993), o fácil acesso à aquisição de dispositivos foi um dos fatores relevantes para justificar o abandono dos mesmos.

O que se pode presumir sobre este fator, como mencionado em Phillips & Zhao (1993), é que as tecnologias foram adquiridas com respaldo no bom desempenho das mesmas durante um tratamento recebido no hospital, casas de saúde, ou pela indicação de terapeutas, médicos, ou cuidadores, não levando em conta o desempenho do dispositivo no dia-a-dia, nas reais necessidades do usuário.

Mesmo que haja facilidades de compras providas por políticas públicas, é necessário promover estudos para verificar se a TA entregue é realmente o que o usuário necessita, visto que, no campo de TA, por atender deficiências bem específicas, os dispositivos têm que ser personalizados, ou seja, são necessárias abordagens de design de interação centrado no usuário, e estudos de usabilidade sobre esses dispositivos de TA. Para dar suporte e atender às necessidades dos usuários, é necessário verificar também se os critérios apontados como fatores significantes relacionados ao abandono estão sendo atendidos.

Dessa forma, este estudo apresenta uma avaliação de usabilidade sob o ponto de vista de desenvolvedores e usuários acerca de uma TA desenvolvida para auxílio à mobilidade de pessoas com deficiência motora severa.

Capítulo 2

SISTEMA DESENVOLVIDO PARA AVALIAÇÃO

Visando o público com deficiência motora severa, onde o controle dos membros inferiores e superiores é limitado, algumas formas de controle têm sido desenvolvidas, conhecidas como interfaces multimodais.

Neste trabalho, para estudo de caso da metodologia de avaliação proposta, foi desenvolvido um módulo de controle de CRM por meio de rastreamento do movimento do olho (*eye tracking*). O sistema é ilustrado pelo diagrama de blocos da Figura 2.

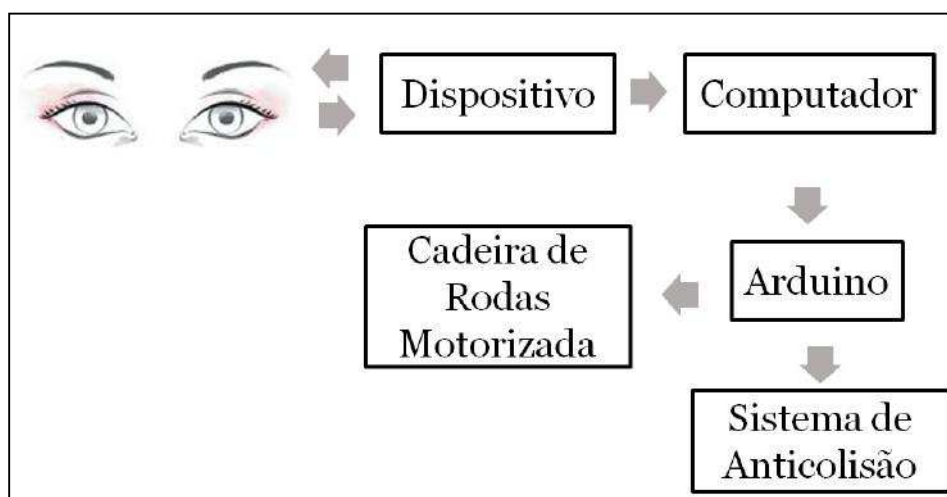


Figura 2. Diagrama de blocos do sistema desenvolvido.

2.1 Dispositivo de rastreamento do globo ocular

Rastrear a posição do globo ocular consiste em calcular o ponto do olhar de um usuário, como ou o que o mesmo olha em sua volta (Barreto, 2012).

Para compor este módulo foi utilizado o dispositivo para rastreamento do globo ocular (*eye tracker*) da marca The Eye Tribe e um computador. A posição que o usuário está olhando é calculada por meio de um reflexo na pupila provocado por um raio de infravermelho que é dirigido aos olhos de quem está a fazer o teste. Esse raio e reflexo são emitidos e captados pelo dispositivo que calcula exatamente onde a pessoa está a olhar. A posição é apresentada em relação a uma tela que a pessoa está olhando, a qual é representada por um par de coordenadas (x,y).

O dispositivo possui as dimensões 20 x 1,9 x 1,9 cm, se comunica com o computador via USB 3.0, apresenta acurácia de 0,5° - 1°, trabalha na faixa de 45-75 cm de distância, e possui um sistema de calibração, onde o usuário deve se posicionar em frente a uma tela, de forma que o dispositivo possa captar o reflexo da íris, conforme Figura 3.

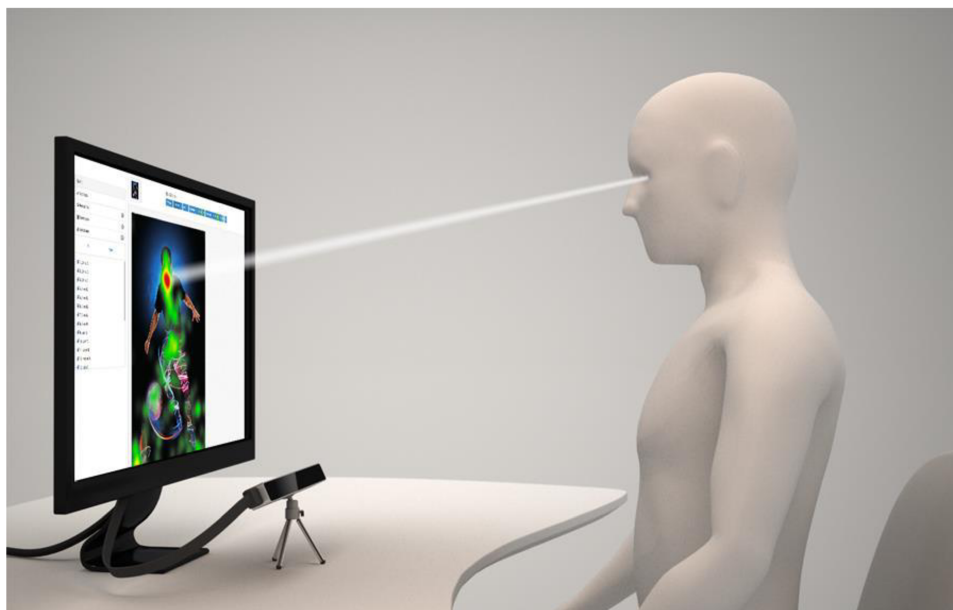


Figura 3. Usuário em frente a um *eye tracker* (fonte: <http://dev.theeyetribe.com/general/>).

O *feedback* que o dispositivo está captando é dado pela imagem de olhos e da luz verde, indicando a posição dos olhos do usuário, conforme Figura 4.

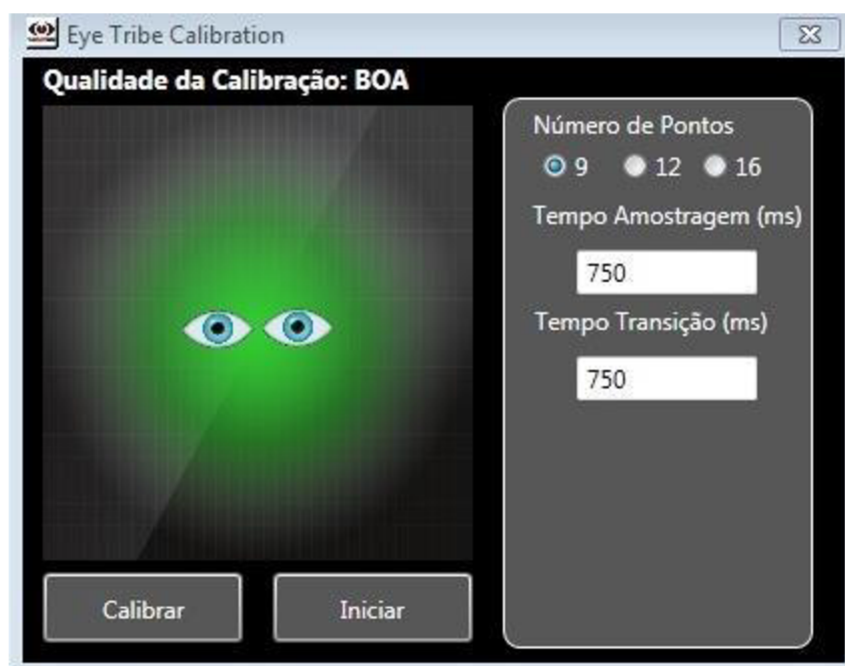


Figura 4. *Feedback* de reconhecimento do dispositivo e interface de calibração.

A sequência de eventos para funcionamento do módulo é apresentada na Figura 5.



Figura 5. Sequência de eventos do módulo de rastreamento do globo ocular.

Para calibração, é solicitado que o usuário siga um círculo que se movimenta para determinadas posições chave na tela de referência (podendo ser 3x3 posições, 3x4 posições e 4x4 posições, totalizando, respectivamente, 9, 12 e 16 pontos). As opções do resultado da calibração são: Excelente, Boa, Moderada, Ruim e Refazer. Após esta etapa, considerando um resultado de calibração bom ou excelente, o dispositivo já consegue interpolar qualquer posição que o usuário esteja olhando na tela.

Cada ícone observado pelo usuário é ativado, mesmo que isso ocorra de forma involuntária, problema conhecido como toque de Midas (Jacob, 1991). Utilizar um tempo de latência longo pode minimizar este efeito ou tornar a interação lenta. Assim, neste trabalho a seleção é direta, caso o usuário observe um ícone de forma involuntária, é fácil recuperar o "erro" olhando para o ícone desejado, o sistema responde rapidamente a cada intenção de movimento.

Para validar o uso do dispositivo para controle da CRM, foi realizado um teste no qual foi desenvolvida em C# pelo Visual Studio, a interface de controle da cadeira de rodas conforme Figura 6.



Figura 6. Interface para controle da CRM (módulo *eye tracking*).

Foram gerados 10 comandos para que o usuário olhe para determinada posição (seta de cima, seta de baixo, seta da direita, seta da esquerda e símbolo do centro). Estes comandos foram gerados randomicamente, para evitar que o usuário decore a sequência e influencie na validação.

Para validação, foram contabilizados o número de acertos e o tempo que o dispositivo demora a reconhecer a posição que o usuário está olhando. Foi considerada apenas a primeira posição que o usuário olhou após o comando. Este estudo foi realizado com 30 participantes. Segundo Hair et al. (1998), quando se pretende avaliar variáveis independentes é necessária uma amostra mínima de 5 para cada item a se avaliar, como regra geral. Porém, o mesmo ressalta que para melhor avaliação, o recomendado é de 15 a 20 observações para cada variável, a fim de não tornar os resultados muito específicos, permitindo assim, a generalização. Então, como foi avaliado o tempo de resposta do dispositivo e o número de acertos, ambas variáveis independentes, foi realizado o teste com 30 participantes. Todos participantes eram hígidos, e se submeteram ao sistema de calibração e ao protocolo de direcionar o olhar para a posição solicitada. A média de acertos encontrada foi de **95%**, e o tempo de resposta foi **27,73 ms**.

Pelos resultados obtidos, a variável tempo não é um fator limitante para uso do dispositivo. Neste contexto, Wardle (1998) realizou um experimento para determinar o tempo de percepção da visão humana, no qual o usuário deveria apertar um botão quando a luz acendesse, e obteve 180ms de atraso entre o instante da luz acender e o instante do botão ser pressionado. Realizou também um experimento utilizando sinal sonoro, no qual o usuário deveria apertar o botão ao ouvir o sinal sonoro, o mesmo obteve um atraso de 140ms. Alguns efeitos são considerados para estes atrasos: o tempo para a informação sensibilizar os órgãos dos sentidos, o tempo para a informação chegar ao cérebro, o mesmo interpretá-la e enviar o comando motor para apertar o botão. Pode-se perceber que a visão demora cerca de 40ms a mais que a audição. Considerando que o tempo de percepção do olhar é de, no mínimo, 40ms, o dispositivo testado possui um tempo de resposta satisfatório, sem limitar a aplicação para controle de CRM.

Em relação à média de acertos, foi calculado o intervalo de confiança. Como o tamanho da amostra foi de 30, a população tem uma distribuição normal, e o desvio padrão populacional é desconhecido, utilizou-se a distribuição t-student para cálculo do intervalo de confiança de 99%. Assim, o limite inferior foi de 9,18, a média de 9,5, e o

limite superior de 9,96. Dessa forma, tem-se que, com uma confiança de 99%, a média de acertos para toda a população está entre 9,18 e 9,96. No experimento, 21 participantes (70% da amostra) acertaram 100% dos comandos, ficando acima do intervalo de confiança, 6 participantes (20% da amostra) acertaram 90%, 2 participantes (6,67% da amostra) acertaram 80% e 1 participante (3,33% da amostra) acertou 70%, conforme é ilustrado no Gráfico 2.

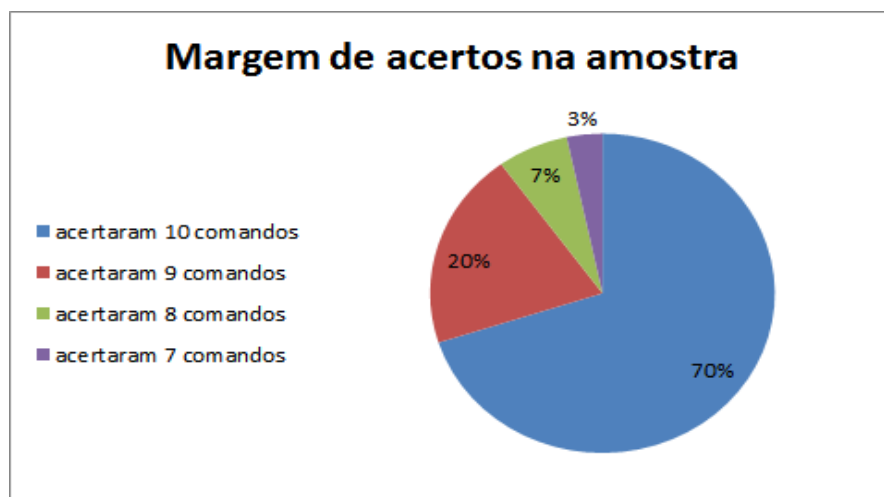


Gráfico 2. Margem de acertos da amostra.

O boxplot gerado a partir dos dados amostrais, mostrado no Gráfico 3, indica que a mediana de acertos está em 10 acertos, a média 9,5 acertos, e indica que os dados são positivamente assimétricos. Este tipo de gráfico é usado para representar e avaliar a distribuição empírica dos dados, na qual pode ser observado que a maioria dos dados obtidos estão próximos do valor ideal de acertos (10).

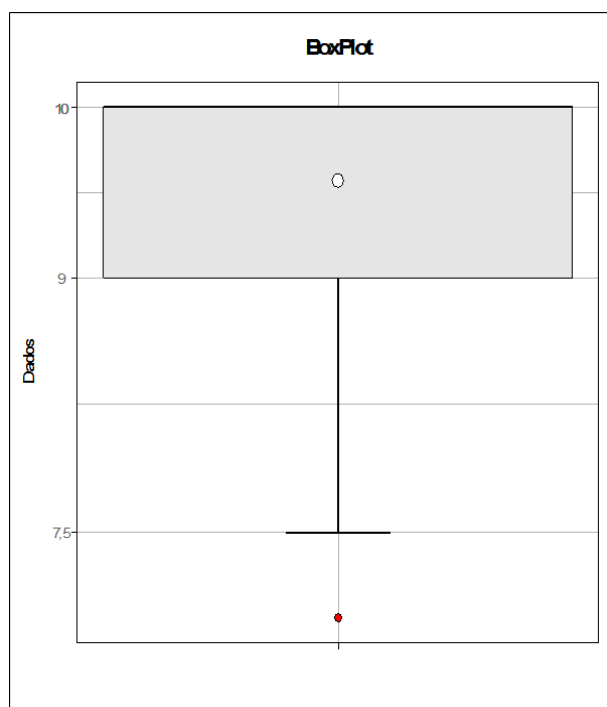


Gráfico 3. Boxplot dos dados amostrais.

O Gráfico 4 mostra a média de acertos com o desvio padrão das amostras.

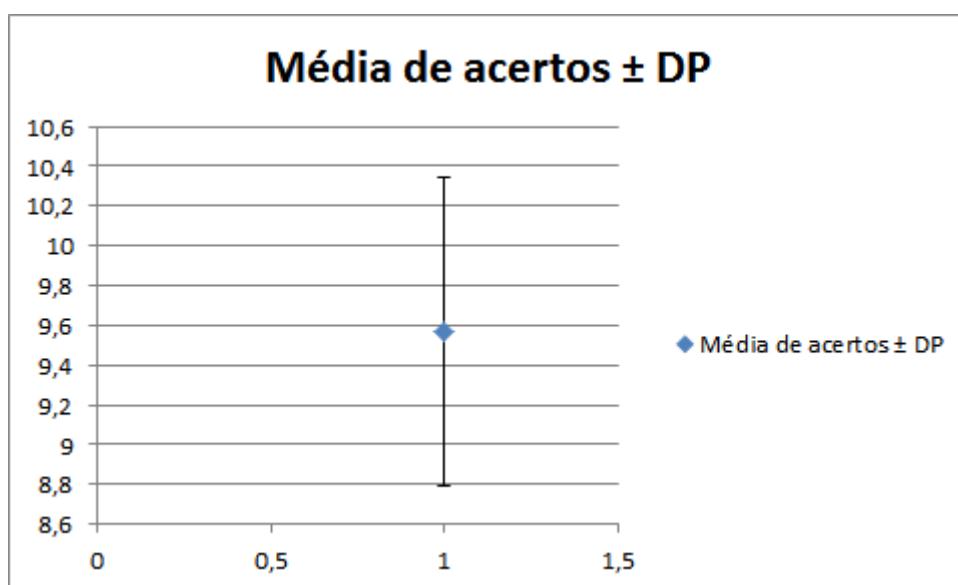


Gráfico 4. Média e desvio padrão das amostras.

Após análise do módulo de controle por rastreamento do globo ocular, cada comando foi enviado para a cadeira de rodas motorizada.

2.2 Cadeira de Rodas Motorizada

A cadeira de rodas motorizada utilizada no trabalho é da marca Seat Mobile do Brasil (SMB) modelo SM2. Contém duas baterias seladas de 12V e 45Ah, permite comando da direção por meio de joystick, e admite velocidade de no máximo 8km/h, controlada por meio de botões. A Figura 7 mostra a CRM utilizada neste trabalho.



Figura 7. Cadeira de rodas motorizada SMB SM2.

Como a cadeira de rodas é controlada por joystick, para habilitar o comando da mesma de formas alternativas foi necessário entender o acionamento dos motores por meio dos comandos enviados pelo joystick, para então recriar o mesmo controle por meio dos módulos multimodais.

O joystick se comunica com o driver do motor por oito pinos do circuito eletrônico da cadeira. Foi observado o comportamento dos mesmos para as intenções dos seguintes movimentos: frente, trás, direita, esquerda e parada. Os resultados observados são tensões, os quais estão mostrados na Tabela 1.

Tabela 1. Tensões para acionamento e controle da cadeira de rodas.

| Pino | Parada | Frente | Trás | Direita | Esquerda |
|------|------------------|--------|------|---------|----------|
| 1 | 0V | | | | |
| 2 | 2,4V | | | | |
| 3 | 2,4V | 3,8V | 1V | 2,4V | 2,4V |
| 4 | 2,4V | 2,4V | 2,4V | 3,8V | 1V |
| 5 | Alimentação (5V) | | | | |
| 6 | Terra | | | | |
| 7 | 2,4V | 3,8V | 1V | 2,4V | 2,4V |
| 8 | 2,4V | 2,4V | 2,4V | 3,8V | 1V |

Pode-se perceber que os pinos 3 e 7 e os pinos 4 e 8 são síncronos entre si. A alteração nas tensões nos pinos 3 e 7 para 3,8V enquanto os demais (com exceção dos pinos de alimentação, terra e neutro, pinos 5, 6 e 1 respectivamente), permanecem em 2,4V ocasiona o movimento para frente. Quando a tensão nos pinos 3 e 7 é alterada para 1V e os demais permanecem em 2,4V, realiza o movimento para trás. A alteração na tensão dos pinos 4 e 8 para 3,8V enquanto os demais permanecem em 2,4V ocasiona o giro para direita, e quando estes (pinos 4 e 8) recebem tensão de 1V ocasiona o giro para esquerda.

Assim, para realizar cada movimento descrito acima, foram geradas as tensões externas através de pulsos PWM (*Pulse Width Modulation*), utilizando o Arduino Mega 2560, seguido de um filtro passa-baixa passivo, para manter o nível CC requerido para cada movimento.

2.3 Sistema de anticolisão

Para evitar acidentes ocasionados por colisões, foram utilizados 4 sensores de ultrassom HC-RS04: dois posicionados abaixo do apoio de pé na parte dianteira da

cadeira (Figura 8), e dois posicionados ao lado das rodas, perto do suporte para bateria na parte traseira da cadeira(Figura 9).



Figura 8. Posicionamento dos sensores na parte dianteira da cadeira de rodas (na foto é mostrado apenas o sensor do lado direito).

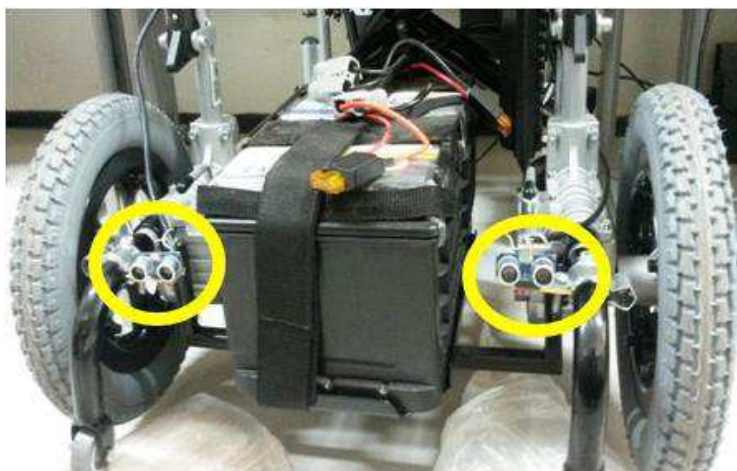


Figura 9. Posicionamento dos sensores na parte traseira da cadeira de rodas.

Os sensores utilizados detectam obstáculos numa faixa de 2cm a 4m e são compatíveis com Arduino.

Quando um comando é enviado para a CRM, é verificada a situação dos sensores. Caso haja um obstáculo até 40cm de distância, o movimento é impedido, parando a cadeira.

Para comando da CRM por este módulo, basta o usuário fazer a calibração e olhar para a opção desejada na tela. Este sistema foi utilizado para avaliar a usabilidade e verificar a conformação ou divergência entre a opinião, em função das expectativas dos usuários e desenvolvedores sobre a TA desenvolvida.

Capítulo 3

DESIGN DE INTERAÇÃO CENTRADO NO USUÁRIO E USABILIDADE

Interface é definida como: 1. Dispositivo (material e lógico) graças ao qual se efetuam as trocas de informações entre dois sistemas. 2. Limite comum a dois sistemas ou duas unidades que permite troca de informações. 3. Interlocutor privilegiado entre dois serviços, duas empresas, etc (ABH Ferreira, 2004).

A essência da interface é possibilitar a interconexão e comunicação entre dois corpos ou espaços, que apresentam diferenças ou incompatibilidades funcionais (Lansdale e Ormerod, 1994). Assim, toda vez que um indivíduo, que apresenta alguma deficiência, entra em contato com um dispositivo de TA, para melhorar suas funções, está presente o conceito de interação de interface.

Design de Interação diz respeito a comportamentos, de como deixar o usuário satisfeito ao interagir com o sistema. Opera de forma invisível, funcionando atrás das cenas para deixar a interface utilizável, útil e prazerosa do ponto de vista do usuário (Saffer, 2010).

Neste contexto, o objetivo do design de interação consiste em redirecionar o projeto de interfaces interativas para os anseios do usuário, trazendo assim a usabilidade para o processo de design.

Os melhores produtos envolvem múltiplas disciplinas trabalhando em harmonia; muitas disciplinas estão fora do domínio do usuário, isso porque estão aplicadas no design de desenvolvimento, construção, funcionamento e interação, que exige pouca experiência do usuário. A ideia central é que o usuário possa interagir com o sistema, dispositivo, ou produto sem se preocupar como o mesmo está funcionando, somente concentrado nas respostas convenientes ao seu contexto. Em outras palavras, o design de interação centrado no usuário tem como objetivo proporcionar experiências que melhorem e ampliem a forma como as pessoas trabalham, se comunicam e interagem. Para Saffer (2010), design de interação é "a arte de facilitar as interações entre seres humanos por meio de produtos e serviços".

Uma forma de garantir que o design de interação do produto está em conformidade com seu usuário final é utilizar métodos de avaliação de usabilidade que irão medir o quão utilizável, útil e satisfatório é o seu design. Tendo esse princípio

como base, o presente capítulo pretende apresentar os conceitos gerais de usabilidade e os principais métodos para sua avaliação.

3.1 Usabilidade

Antes que uma tecnologia seja disponibilizada para uso, é importante saber se a mesma atende as necessidades dos usuários, dentro do seu contexto de uso. Dessa forma, são necessários testes que verifiquem a efetividade do dispositivo e analisem a qualidade do mesmo. Se os problemas de interação forem encontrados em etapas iniciais de desenvolvimento, menor será o custo para consertá-los.

Prates e Barbosa (2003) destacam os principais objetivos de se realizar avaliação de sistemas interativos, como no caso de tecnologias assistivas:

- Identificar as necessidades de usuários ou verificar o entendimento dos projetistas sobre estas necessidades;
- Identificar problemas de interação ou de interface;
- Investigar como uma interface afeta a forma de trabalhar dos usuários;
- Comparar alternativas de projeto de interface;
- Alcançar objetivos quantificáveis em métricas de usabilidade;
- Verificar conformidade com um padrão ou conjunto de heurísticas.

Segundo a definição dada pela ISO 94241-11, usabilidade é a medida na qual um produto pode ser usado por usuários específicos para alcançar objetivos específicos com efetividade, eficiência e satisfação num contexto específico de uso.

Para Lansdale e Ormerod (1994), usabilidade impõe que o sistema deve oferecer sua funcionalidade para o qual foi desenvolvido, de forma que o usuário consiga controlá-lo sem constrangimentos sobre suas capacidades e habilidades.

Alguns fatores típicos envolvidos no conceito de usabilidade são (Preece et al., 2002):

- Facilidade de aprendizado - Leva em consideração o tempo e esforço necessário para o aprendizado em cada nível de interação do sistema, caso o sistema tenha níveis distintos de acesso.
- Facilidade de uso - Uma vez que o usuário tenha aprendido a utilizar o sistema, esse item se relaciona com a forma que o usuário se mantém na utilização do sistema, sua produtividade e relação de erros.

- Eficiência de uso e produtividade - Analisa se o sistema faz aquilo ao qual se propôs, e se o usuário consegue fazer o que precisa no sistema de forma rápida e eficaz.
- Satisfação do usuário - Avaliação subjetiva, considerando as emoções e percepções do usuário ao utilizar o sistema.
- Flexibilidade - Considera o quanto o sistema permite que o objetivo seja alcançado por formas distintas.
- Utilidade - Analisa se o sistema oferece os requisitos básicos para as necessidades dos usuários.
- Segurança no uso - Se refere à proteção do sistema, seus riscos, possíveis erros e suas consequências.

Quando o usuário encontra dificuldades para realizar uma tarefa por meio de uma interface, então, há problemas de usabilidade. Estes podem levar a rejeição do sistema e baixa produtividade por parte dos usuários (Nielsen, 1994).

A interface ideal é aquela que está adaptada às necessidades de seus usuários. Assim, uma Tecnologia Assistiva deve se submeter a testes de usabilidade. Para que sua eficácia seja mensurada e não prejudique a qualidade de vida do usuário.

O mercado comercial é uma ferramenta que permite testar a medida de aceitabilidade do dispositivo. No entanto, alguns dispositivos de assistência a pessoas com deficiência não estão disponíveis no mercado. Dispositivos que atendem as necessidades específicas que ocorrem na população em geral têm mercados muito pequenos para avaliação (Batavia & Hammer, 1990). Não se pode dizer que tal dispositivo é ruim baseado na pouca procura, pois o mesmo pode ser muito bom, porém o público que o utiliza é pequeno.

Portanto, para a tecnologia que não é adequadamente testada no mercado, avaliações de usabilidade destinam-se a orientar o design e processos de fabricação, e auxiliar o usuário na seleção de qual tecnologia melhor atende as suas necessidades (Batavia & Hammer, 1990). A avaliação é uma forma de mensurar o desempenho da tecnologia em determinado contexto e de orientar o desenvolvimento das mesmas.

Os métodos para avaliação diferem entre si, como a etapa do ciclo de design que devem ser aplicadas, a técnica utilizada para coleta de dados, e o tipo de análise feita. Assim, para se avaliar uma tecnologia em determinado contexto, é necessário entender as diferenças de cada método (Prates & Barbosa, 2003):

- ❖ Etapa do ciclo de design: a avaliação pode ser realizada durante o processo de design (formativas), ou em produtos já terminados (somativas). A vantagem de realizar avaliações formativas é que os problemas de interação são encontrados e solucionados antes do recurso ser utilizado pelo público alvo.
- ❖ Técnica de coleta de dados: permite ao avaliador a visualização dos problemas enfrentados pelos usuários. Podem ser coletadas opiniões dos usuários por meio de questionários e entrevistas sobre a impressão que o sistema lhe causou. Pode ser realizada uma observação dos usuários utilizando o sistema, em seu contexto de uso ou em ambientes controlados, e coletar informações sobre tempo gasto para realizar as tarefas ou número de erros cometidos. Em situações que os usuários não estão acessíveis, a avaliação pode ser realizada com especialistas no domínio da aplicação, que realizam uma inspeção no sistema.
- ❖ Tipo de análise: de posse de dados coletados, a análise pode ser:
 - Preditiva: os especialistas tentam prever os tipos de problemas que os usuários podem encontrar.
 - Interpretativa: os especialistas procuram explicar os motivos dos problemas encontrados.
 - Experimental: análise dos dados que levam em consideração o ambiente do experimento e as variáveis envolvidas conhecidas.

Cada método para avaliação de usabilidade fornece certas vantagens e desvantagens (Jordan 1998). Depende do tempo disponível, nível de habilidade e conhecimento para utilização do método, e número mínimo de participantes para reunir informações úteis. Alguns métodos são: entrevistas, experimentos controlados, questionários, percurso cognitivo, heurístico. Esses métodos são realizados sem e com o público alvo, são os métodos analíticos e empíricos, respectivamente.

Capítulo 4

MÉTODO DE AVALIAÇÃO DE USABILIDADE ANALÍTICA

É o método sem a participação do usuário alvo, onde os especialistas inspecionam aspectos do sistema relacionados com usabilidade. É utilizado para buscar problemas, identificá-los, analisá-los e fazer recomendações para melhorias na aplicação. Para isto, é necessário que os avaliadores possuam experiência no domínio da aplicação e preferivelmente em processos e princípios de usabilidade.

Existem diversos tipos de avaliação analítica: avaliação heurística, percurso cognitivo, percurso pluralista, entre outros. Neste capítulo será descrito o método de avaliação heurística que é abordado neste trabalho.

4.1 Definição de Heurísticas

Heurísticas são orientações ou recomendações que devem ser consideradas na elaboração e avaliação de um produto com o objetivo de ajudar a garantir uma boa usabilidade. A avaliação heurística pode ser útil na melhoria na prestação da tecnologia a ser disponibilizada.

Para realizar avaliação heurística é necessário definir quais heurísticas se aplicam no contexto de análise, no caso, a Tecnologia Assistiva, mais especificamente em mobilidade (tema central da pesquisa). Heurísticas de usabilidade, voltadas para o contexto específico, fornecem uma ferramenta para compreender profundamente como as pessoas com deficiência usam a tecnologia.

A identificação de heurísticas é necessária para o desenvolvimento de métodos de avaliação. Assim, foi realizada uma revisão sistemática (baseada em Sampaio e Mancini, 2007) para busca de heurísticas em tecnologias assistivas e mobilidade que têm sido usadas como critérios de usabilidade. A pergunta que norteou esta busca foi: Existem heurísticas para avaliar a usabilidade de tecnologias assistivas no campo da mobilidade?

As bases de dados consultadas foram: *scielo*, *scopus*, *ieeexplore*, *google scholar* e periódicos capes, as quais foram consultadas em julho de 2016, utilizando as palavras-chave: *heuristics*, *assistive technology and mobility*.

Os artigos identificados pela estratégia de busca, mostrados na Tabela2, foram avaliados e selecionados conforme os seguintes critérios:

- Inclusão: Citar uso de heurísticas para tecnologias assistivas ou de apoio.
- Exclusão: Citar heurísticas aplicadas para outros fins.

Tabela 2. Artigos encontrados pela busca realizada.

| Base de dados | Artigos escolhidos | Termos utilizados | Artigo |
|-------------------------|--------------------|--|--|
| <i>Scopus</i> | 0 | <i>heuristics AND mobility AND assistive technology (TITLE-ABS-KEY)</i> | |
| <i>Scielo</i> | 0 | <i>heuristics AND mobility AND assistive technology (todososíndices/resumo)</i> | |
| <i>Ieeexplore</i> | 0 | <i>Index Terms":heuristics AND "Index Terms":mobility AND "Index Terms":assistive</i> | |
| <i>Periódicos CAPES</i> | 0 | <i>heuristics and mobility Heuristics and assistive technology</i> | |
| <i>Google scholar</i> | 3 | <i>com todas as palavras: heuristics com no mínimo uma das palavras: mobility OR assistive OR technology</i> | <i>A Process for Developing Specialized Heuristics: Case Study in Assistive Robotics Developing Heuristics for Assistive Robotics</i> |

| | | | |
|--|--|--|---|
| | | | <i>A Methodology for Validating Safety Heuristics Using Clinical Simulations: Identifying and Preventing Possible Technology-Induced Errors Related to Using Health Information Systems</i> |
|--|--|--|---|

❖ A Process for Developing Specialized Heuristics: Case Study in Assistive Robotics (Tsui et al, 2009)

- Autores: Katherine M. Tsui, Kareem Abu-Zahra, Renato Casipe, Jason M'Sadoques, and Jill L. Drury

- Ano: 2009

- Metodologia: Desenvolveram um conjunto de heurísticas para robótica assistiva, com princípios adquiridos a partir da literatura: literatura da ciência cognitiva, design de interação para pessoas com deficiência e robótica social. Foi avaliado um sistema de braço articulado por robô pelas heurísticas desenvolvidas de robótica assistiva e com as heurísticas de Nielsen.

- Conclusões: Foram encontrados 13 problemas com as heurísticas de Nielsen e 33 com as heurísticas propostas, com 7 problemas identificados por ambas as avaliações

- Prós:

- Menciona a falta de heurísticas para pessoas com deficiências;
- Facilita para os avaliadores analisar importantes características de tipos de interfaces que não eram de uso comum na época que a avaliação heurística foi desenvolvida primeiramente em *GUIDELINES FOR DESIGNING USER INTERFACE SOFTWARE* - 1986, Nielsen 1994.

- Contras:

- Não é relacionado com mobilidade/locomoção

- Não validou os problemas encontrados nas heurísticas com testes com usuários para ver se algum das avaliações gerou "falso positivo" (suspeita de um problema que não causa dificuldade para o usuário)

❖ Developing Heuristics for Assistive Robotics (Tsui et al, 2010)

- Autores: Katherine M. Tsui, Kareem Abu-Zahra, Renato Casipe, Jason M'Sadoques, and Jill L. Drury
- Ano: 2010
- Resumo do artigo anterior

❖ A Methodology for Validating Safety Heuristics Using Clinical Simulations: Identifying and Preventing Possible Technology-Induced Errors Related to Using Health Information Systems (Borycki, Kushniruk and Carvalho, 2013)

- Autores: Elizabeth Borycki, Andre Kushniruk, and Christopher Carvalho
- Ano: 2013
- Metodologia: Sistemas de Informações em Saúde (HIS) têm emergido uma preocupação pela possibilidade de implicar a morte de pacientes. Neste trabalho os pesquisadores tentaram desenvolver métodos para prevenir ou reduzir os erros induzidos pela tecnologia. Apresenta o desenvolvimento de heurísticas para identificar as características ou funções de um HIS que podem levar a erros. As heurísticas foram validadas por meio de simulações clínicas.
 - Conclusões: o trabalho feito nesta área de fatores humanos contribui para o desenvolvimento e validação de heurísticas de segurança, utilizando simulações clínicas.
 - Prós:
 - Propôs as heurísticas observando e levantando todos os erros encontrados descritos na literatura;
 - Ressalta que poucas heurísticas são projetadas especificamente em torno da segurança de interfaces HIS;
 - Teste de simulação clínica para determinar a capacidade das heurísticas para prever seus problemas de segurança de design de interface.
 - Contras:
 - Não apresenta as heurísticas desenvolvidas e usadas;

- Não é relacionado com mobilidade/locomoção.

Após a revisão sistemática, os artigos encontrados e os autores que estão em conformidade com os conceitos de interface homem-computador para formulação de princípios, encontram-se: Heurísticas Nielsen (1994), Heurísticas de Gerhardt-Powals (1996), Heurísticas Tsui et al (2009) e Heurísticas Franklin (Franklin, 2014). Apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3. Heurísticas para avaliação de usabilidade.

| Heurística principal | Secundária | Significado | Autor |
|---|------------|---|----------------|
| <i>Feedback</i> | | O sistema deve informar continuamente ao usuário sobre o que ele está fazendo. | Nielsen |
| Combinação entre o sistema e o mundo real | | A terminologia deve ser baseada na linguagem do usuário e não orientada ao sistema. As informações devem ser organizadas conforme o modelo mental do usuário. | Nielsen |
| Liberdade de controle/ saídas claramente demarcadas | | Usuários costumam escolher as funções do sistema por engano e vai precisar de uma menção clara de "saída de emergência" para deixar o estado indesejado sem ter que passar por um diálogo alargado. Suporte desfazer e refazer. | Nielsen |

| | | | |
|--|--|--|----------------|
| Consistência | | Um mesmo comando ou ação deve ter sempre o mesmo efeito. A mesma operação deve ser apresentada na mesma localização e deve ser formatada/apresentada da mesma maneira para facilitar o reconhecimento. | Nielsen |
| Prevenir erros | | Evitar situações de erro. Conhecer as situações que mais provocam erros e modificar a interface para que estes erros não ocorram | Nielsen |
| Minimizar a sobrecarga de memória do usuário | | O sistema deve mostrar os elementos de diálogo e permitir que o usuário faça suas escolhas, sem a necessidade de lembrar um comando específico. | Nielsen |
| Flexibilidade e eficiência do uso | | Para usuários experientes executarem as operações mais rapidamente. Abreviações, teclas de função, duplo clique no mouse, função de volta em sistemas hipertexto. Atalhos também servem para recuperar informações que estão numa profundidade na árvore navegacional a partir da interface principal. | Nielsen |

| | | | |
|---|--|--|------------------------|
| Design estético e minimalista | | Deve-se apresentar exatamente a informação que o usuário precisa no momento, nem mais nem menos. A sequência da interação e o acesso aos objetos e operações devem ser compatíveis com o modo pelo qual o usuário realiza suas tarefas | Nielsen |
| Ajudar os usuários a reconhecer, diagnosticar e recuperar-se de erros | | Boas mensagens de erro. Linguagem clara e sem códigos. Devem ajudar o usuário a entender e resolver o problema. Não devem culpar ou intimidar o usuário. | Nielsen |
| Ajudar e documentação | | O ideal é que um <i>software</i> seja tão fácil de usar (intuitivo) que não necessite de ajuda ou documentação. Se for necessária, a ajuda deve estar facilmente acessível on-line. | Nielsen |
| Automatizar a carga de trabalho indesejado | | Recursos cognitivos livre para tarefas de alto nível. Eliminar cálculos mentais, estimativas, comparações e pensamento desnecessário. | Gerhardt-Powals |
| Reduzir incertezas | | Exibir dados de uma forma que é clara e óbvia. | Gerhardt-Powals |

| | | | |
|--|--|---|------------------------|
| União de dados | | Reduzir carga cognitiva combinando dados de baixo nível com dados de alto-nível | Gerhardt-Powals |
| Apresentar novas informações com ajuda significativa para interpretação | | Utilizar uma estrutura conhecida, tornando-a mais fácil de absorver. Uso de termos diários, metáforas, etc. | Gerhardt-Powals |
| Uso de nomes que estão conceitualmente relacionados com a função | | Contexto-dependente. Tentar melhorar o reconhecimento. Agrupar dados de repetitivos modos significativos para diminuir tempo de procura | Gerhardt-Powals |
| Dados limitados orientados à tarefa | | Reduzir o tempo gasto assimilando dados brutos. Fazer uso adequado de cores e gráficos | Gerhardt-Powals |
| Inclua só a informação que um usuário precisa em um determinado momento. | | | Gerhardt-Powals |
| Fornecer codificação múltipla dos dados quando apropriado | | | Gerhardt-Powals |

| | | | |
|--|--|---|------------------------|
| Praticar redundância criteriosa | | | Gerhardt-Powals |
| Fornecer quantidades adequadas de informação para a tomada de decisão, bom senso e previsão. | 1. Mostrar o que o sistema está fazendo e em que estado ele está | - Existe um alerta de modo degradado? - Existe um <i>feedback</i> durante as operações longas? - É óbvio quando o robô está esperando a entrada do usuário? | Tsui et al. |
| | 2. Fornecer opção para permitir que os tomadores de decisão possa saber quais cursos de ação estão disponíveis, quais as suas probabilidades de sucesso, e quais os seus custos relativos. | | Tsui et al. |
| | 3. Fornecer informação histórica suficiente para compreender as tendências e fazer previsões | | Tsui et al. |

| | | | |
|--|---|---|--------------------|
| Uso em longo prazo existente e memória de trabalho | 4. Minimizar o comprimento do processo | <ul style="list-style-type: none"> - Será que a tarefa requer retenção de informações prolongada para completar? - Existem etapas que são desnecessárias para o usuário completar? O sistema poderia automatizar alguns dos passos? - O foco está em manter o processo dentro da memória de trabalho. | Tsui et al. |
| | 5. Fornecer consistência e padrões | <ul style="list-style-type: none"> - Há significado em qualquer ação, ícone ou opção de menu dentro do aplicativo e entre a aplicação e algo externo que é um padrão de fato? - Os usuários não devem ter que se perguntar se diferentes palavras, situações ou ações significam a mesma coisa. - Convenções de plataforma | Tsui et al. |
| | 6. Explora conhecimento prévio do mundo (se razoável) | | Tsui et al. |

| | | | |
|---|--|--|--------------------|
| | 7. Fornecer conhecimentos na interface para que as pessoas não tenham que se lembrar | <p>- Pode a interface de operação ser atrelada ao conhecimento que as pessoas já aprenderam?</p> <p>Nota: pode não ser razoável explorar o conhecimento do mundo real se isso leva interface ser muito ineficiente para as necessidades dos usuários</p> | Tsui et al. |
| Reduzir o tempo de processamento motor | 8. Acomoda a capacidade de escolher entre os dispositivos de acesso | - Existem vários métodos de controle de robô / comunicação adequados para pessoas de diferentes graus de deficiência? | Tsui et al. |
| | 9. Atalhos de apoio | <p>- As operações frequentemente usadas são de fácil acesso?</p> <p>- Há padrões que fornecem o valor comumente esperado?</p> <p>- O sistema promove informações de outras fontes (por exemplo, informações inseridas anteriormente; código postal, endereço, cidade, estado).</p> | Tsui et al. |
| Reduzir os ciclos de processamento mental | 10. Use linguagem simples | <p>- Existe algum jargão técnico?</p> <p>- Pode a linguagem ser simplificada e ainda alcançar o ponto de vista?</p> | Tsui et al. |

| | | | |
|--|--|---|--------------------|
| | 11. Evitar que o usuário tenha que fazer traduções mentais | - Empregar manipulação direta para evitar mapeamento cognitivo - Fundir os dados de modo que o usuário não tenha que fazer mapeamentos mentais. | Tsui et al. |
| Apoiar a flexibilidade para combinar com diferentes expectativas | 12. Fornecer várias maneiras de acessar uma função / concluir uma tarefa | - Pode essa tarefa ser feita em mais de uma maneira? | Tsui et al. |
| | 13. Fornecer controle do usuário e liberdade de ações | - As ações podem ser desfeitas ou repetidas? - Podem ser canceladas as tarefas atuais? - Os usuários devem ter liberdade de escolha (quando apropriado), ao invés de o sistema fazer isso por eles. Usuários costumam escolher as funções do sistema (por exemplo, opção de menu errado) por erro, e deve existir uma menção clara de "saída de emergência" para deixar o estado indesejado sem ter que passar por um diálogo alargado. Os usuários devem tomar suas próprias decisões (com informações claras) sobre os custos de saída da ação atual. | Tsui et al. |

| | | | |
|--------------------|---|--|--------------------|
| | 14. Ser consistente com a forma como o cérebro humano processa informações | <ul style="list-style-type: none"> - As informações são apresentadas na ordem apropriada? - É apresentada uma informação básica antes de informações mais detalhadas? - É usado um processamento pré-atencioso? | Tsui et al. |
| | 15. Habilitar personalização da interface e retenção de preferências do usuário | <ul style="list-style-type: none"> - Apoio de ajustamento dos níveis de aviso. | Tsui et al. |
| Ajuda na percepção | 16. Fornecer design estético e minimalista | <ul style="list-style-type: none"> - A interface é fácil de entender? - O layout apresenta o mínimo possível? | Tsui et al. |
| | 17. Conteúdo presente apropriadamente | <ul style="list-style-type: none"> - Será que a apresentação de conteúdo impulsiona a capacidade sensorial de uma pessoa? - É de alto contraste com uma fonte grande para usuários de baixa visão? - Existe ajuste de volume? - Existem combinações de cores que afetam o daltônico? | Tsui et al. |

| | | | |
|----------------------|--|--|--------------------|
| Garantir a segurança | 18. Certifique que o robô não tenha uma forma física que possa provocar lesões | <ul style="list-style-type: none"> - Há algumas bordas afiadas que uma pessoa pode se cortar ou causar hematomas? - Existem articulações que podem machucar o usuário? - Quaisquer superfícies que são demasiado quentes para tocar? | Tsui et al. |
| | 19. Certifique que o robô não tem comportamentos que podem induzir lesão | <ul style="list-style-type: none"> - Pode o robô prejudicar uma pessoa involuntariamente? - Existem sinais de aviso colocados ao redor do robô que seja consciente com os seus arredores? - Se o robô tem uma saída de áudio, é muito alto? - Certifique-se que os componentes da interface não pisquem mais de 3 vezes por segundo. | Tsui et al. |
| | 20. Fornecer mecanismos à prova de falhas | <ul style="list-style-type: none"> - Existe um E-stop que pode sobrepor ações do robô? - Há um sensor que detecte avarias do robô? Ele faz isso de uma forma que possa prejudicar alguém ativa ou passivamente? | Tsui et al. |

| | | | |
|--------------|---|--|--------------------|
| Evitar erros | 21. Fornecer ajuda útil ao contexto quando perguntado | <ul style="list-style-type: none"> - A ajuda é sempre disponível? - Isso ajuda o relacionamento diretamente para a tarefa ou ação atual? - O sistema tem uma expectativa sobre o que o usuário está tentando fazer? | Tsui et al. |
| | 22. Evitar erros de captura | - Há algumas sequências que são semelhantes que levam a dois estados diferentes, particularmente aquelas que são semelhantes nos estados iniciais? | Tsui et al. |
| | 23. Impedir erros de descrição | <ul style="list-style-type: none"> - Há mais de um objeto que têm a mesma aparência? - É possível executar a ação correta no objeto errado? | Tsui et al. |
| | 24. Impedir modos de erros | <ul style="list-style-type: none"> - Não altere modos inesperadamente. - Minimizar o uso de modos. -Minimize o número de alterações de modo. | Tsui et al. |

| | | | |
|----------------------------------|--|--|--------------------|
| Maximizar a confiança do usuário | 25. Certifique que o robô execute a ação de maneira previsível | <ul style="list-style-type: none"> - A aparência do robô é coerente com as ações? - O estado do robô é exibido no momento certo em relação às suas ações? - A exibição do estado "intensidade" é apropriada? - Será que o robô executa as ações de forma esperada? | Tsui et al. |
| | 26. Certifique que o robô execute as ações de maneira educada, de acordo com normas sociais vigentes | - Será que o robô se comporta educadamente com relação à expectativa cultural ou geracional do usuário? | Tsui et al. |
| | 27. Fornecer <i>feedback</i> e interação que coincide com habilidades técnicas | <ul style="list-style-type: none"> - Será que o robô parece mais sofisticado do que realmente é? - Será que a interação do robô faz o usuário sentir que o mesmo é mais capaz do que realmente é? | Tsui et al. |
| | 28. Reduzir ansiedade | <ul style="list-style-type: none"> - Será que a interação com o robô causa ansiedade? - Será que o robô parece "muito real" (uncanny valley)? | Tsui et al. |

| | | | |
|------------------------------------|--|---|-----------------|
| H1- Interação e conforto | | Deve-se adequar o uso dos dispositivos de interação ao(s) sentido(s) que se deseja aumentar e ao conforto do usuário. <i>Exemplo:</i> O uso de certos tipos de óculos de realidade virtual (head-mounted-display - HMDs) por longo período pode gerar incômodos ao usuário. | Franklin |
| H2- Design intuitivo de interações | | Deve-se evitar o uso de interações desnecessárias com o ambiente aumentado e adequar a utilização de metáforas de interação de Realidade Aumentada (RA) ao contexto que o usuário está inserido e que possam contribuir para reduzir a curva de aprendizado do mesmo. | Franklin |
| H3- Flexibilidade de interação | | Quando possível, deve-se proporcionar diferentes formas de interação no ambiente aumentado para que o usuário possa escolher com base em sua preferência e habilidade. | Franklin |

| | | | |
|---|--|---|-----------------|
| H4- <i>Feedback</i> e status de interação | | Deve-se oferecer <i>feedback</i> de interação adequado e de acordo com as expectativas de percepção do usuário, além de manter este usuário sempre informado sobre o atual status do sistema. <i>Exemplo:</i> Em caso de possível atraso no sensoramento, informar o usuário sobre este atraso de maneira adequada. | Franklin |
| H5- Experiência Sensorial | | Deve-se adequar a experiência sensorial do usuário do ambiente aumentado ao escopo da percepção esperada pela aplicação. <i>Exemplos:</i> Um sistema de RA aplicado à decoração de uma casa, em que se tem disponível diferentes tipos de mobílias virtuais para inserir ao ambiente real e visualizar como esta mobília ficaria em determinado local da casa, demanda que sejam aplicadas técnicas de fotorrealismo para aproximar o máximo possível da realidade. | Franklin |

| | | | |
|--|--|--|-----------------|
| H6- Informação virtual clara e ponderada | | Deve-se organizar a informação virtual sem tornar obscuro o item de interesse, de forma a identificar as áreas que são importantes e precisam de atenção imediata; como também de forma ponderada, para evitar sobrecarga cognitiva. | Franklin |
| H7- Detalhamento e contraste | | Deve-se apresentar as informações aumentadas usando filtros baseados em distância e contraste suficiente para que sejam visíveis em diferentes <i>backgrounds</i> . | Franklin |
| H8- Métodos para colaboração | | Deve-se oferecer opções de interação ao ambiente aumentado que sejam adequadas e/ou possam enriquecer a experiência de usuário quanto ao escopo da comunicação colaborativa remota baseada em RA. Exemplos: Comunicação de voz é crucial para ampliar a experiência sobre a colaboração em RA. | Franklin |

| | | | |
|--------------------------|--|---|-----------------|
| H9- Autonomia e Proteção | | Deve-se promover a proteção de artefatos compartilhados e permitir que cada colaborador tenha gerência sobre suas interações no ambiente aumentado. | Franklin |
|--------------------------|--|---|-----------------|

As heurísticas propostas por Gerhardt-Powals (1996), Tsui et al.(2009) e Franklin (2014), além de incluir algumas das heurísticas de Nielsen (1994), incluem outros conceitos que abordam características que devem ser analisadas em uma interface.

Tsui et al. (2009) incluem a possibilidade de analisar a escolha entre os dispositivos de acesso, como relatado na heurística 8, diferente de Nielsen (1994), onde os dispositivos de entradas de dados não eram considerados para avaliação. Analisa também a aceitação dos desejos dos usuários, ao incluir a heurística que avalia a possibilidade de habilitar personalização da interface e retenção de preferências do usuário (heurística 15). Incorpora conceitos relacionados com a forma física do dispositivo, como nas heurísticas 18, 19 e 20, e inclui uma análise no comportamento do robô, heurísticas 25, 26, 27 e 28, diferente de Nielsen (1994), pois na época que desenvolveu as heurísticas gerais a robótica não estava tão avançada como nos dias de hoje.

Tsui et al. (2009) propõem também a inclusão de heurísticas secundárias, detalhando heurísticas apresentadas por Nielsen (1994), como no caso das heurísticas 1, 2 e 3 que sustentam a heurística principal “Fornecer quantidades adequadas de informação para a tomada de decisão, bom senso e previsão“, que se assemelha aos domínios da heurística “*Feedback*” de Nielsen (1994). A heurística 5 aproxima-se da heurística “Consistência”. A heurística 6 possui os mesmos objetivos da heurística “Combinação entre o sistema e o mundo real”. As heurísticas 16 e 17 apresentam o mesmo objetivo que “Design estético e minimalista”. Já as heurísticas 4, 7, 10, 11 e 14, sob a heurística principal "Reduzir os ciclos de processamento mental", parecem ser uma extensão da heurística "minimizar a sobrecarga de memória do usuário" de Nielsen (1994). A 13 é análoga à heurística "Liberdade de controle/ saídas claramente demarcadas". As 9, 12, 15 são similares com a descrição de "Flexibilidade e eficiência

do uso". Também as heurísticas 21, 22, 23 e 24, derivadas da heurística principal "Evitar erros", são inspiradas na heurística "Prevenir erros" de Nielsen (1994).

Apesar de se assemelhar às heurísticas de Nielsen, Tsui et al (2009) fundamenta suas heurísticas sob a perspectiva de Princípios de design, diretrizes de acessibilidade, robótica e sistemas autônomos, psicologia da interação homem-computador, apoio à decisão dinâmica para a equipe de emergência e capacidade de processamento da informação, entre outros.

Gerhardt-Powals (1996) apresenta heurísticas voltadas para princípios cognitivos que se assemelham com os objetivos das heurísticas de Nielsen (1994):

- Combinação entre o sistema e o mundo real
- Consistência
- Minimizar a sobrecarga de memória do usuário
- Design estético e minimalista

Já Franklin (2014) aparece com novos conceitos não abordados como as heurísticas 1,5, 7 e 8. A heurística 2 vem ao encontro dos objetivos da heurística "Minimizar a sobrecarga de memória do usuário" de Nielsen (1994). A heurística 3 se inclui na heurística "Flexibilidade e eficiência do uso". A heurística 4 se inclui na heurística "Feedback". A heurística 6 tem como objetivo o mesmo de "Design estético e minimalista". A heurística 9 se assemelha com "Liberdade de controle" de Nielsen (1994).

Desde 1980 muitos trabalhos foram publicados propondo regras de usabilidade para interface homem-máquina (IHM). Esse conjunto de regras é apresentado como critérios, diretrizes, heurísticas, princípios e diversos nomes. Todas têm o objetivo em comum de orientar a interface e proporcionar um uso satisfatório, eficiente e positivo.

Porém, todas heurísticas apresentadas são para contexto geral, ou *websites*, ou robótica assistiva ou sistemas colaborativos de realidade aumentada ou para diminuição da sobrecarga cognitiva, pouco é discutido em torno de TA aplicado à mobilidade. Considerando que o estudo de usabilidade avalia um produto em contextos específicos, faltam parâmetros para que tecnologias assistivas em mobilidade sejam avaliadas por heurísticas.

Dessa forma, este capítulo propõe a inclusão de algumas heurísticas para promover uma avaliação holística. Foi realizada uma análise de todas as heurísticas encontradas, e é proposta neste trabalho uma junção de todas heurísticas existentes, e a inclusão de

novas, baseadas em motivos de abandono de dispositivos de TA. Esta proposta é para avaliação de dispositivos de tecnologia assistivas no campo mobilidade, com foco em avaliação de cadeira de rodas motorizada acionada por comando alternativo ao convencional joystick.

❖ **Campo Ergonomia:**

- **Heurística: Interação e conforto:**

Adaptado de Franklin (2014) como interação e conforto e citado em Batavia & Hammer (1990) como conforto físico, este critério analisa se o sistema é fisicamente compatível com o corpo do usuário e se tem características para aumentar o conforto, para evitar esforço físico do mesmo. Dor e desconforto são apresentados em Lauer et al. (2006) como um motivo para descontinuação do uso da tecnologia, assim, a heurística proposta tem a intenção de verificar e atender este requisito de forma a evitar que esta seja uma causa para o abandono da tecnologia.

Definição: Deve-se adequar o uso da interface ao(s) sentido(s) que se deseja aumentar e ao conforto do usuário. Exemplo: adequar postura numa cadeira de rodas e ajustar a posição dos sensores de forma que os dispositivos não causem incômodo aos usuários caso sejam utilizados por longos períodos de tempo.

❖ **Campo Compatibilidade:**

Batavia & Hammer (1990) apresentam o fator compatibilidade como medida que o dispositivo se interfaceia com outros dispositivos atuais e futuros. Levanta a questão se o dispositivo opera de forma autônoma ou se precisa de outros dispositivos de interface. E caso precise, se a interface é compatível com os dispositivos que existem atualmente no mercado. Questiona ainda se num futuro próximo é susceptível de se tornar obsoleto, devido a problemas de compatibilidade. Em face ao exposto propõe se a inclusão de duas heurísticas:

- **Heurística: Portabilidade**

Definição: Caso a tecnologia seja acompanhada de um *software*, o mesmo deve possuir capacidade de ser executado em diferentes plataformas (seja de *hardware* ou *software*). Exemplo: a aplicação deverá executar em diferentes

hardwares (notebook, tablet, smartphones) e sistemas operacionais (Windows, Linux, OS X, Android, iOS, Windows Mobile).

- **Heurística: Integração**

Definição: A interface deve ser versátil, permitindo o funcionamento junto com outros dispositivos e sistemas que o usuário já utiliza. Exemplo: controle de uma cadeira de rodas motorizada com um sistema de Comunicação Aumentativa e Alternativa.

❖ **Campo Autonomia**

- **Heurística: Autonomia - na inicialização do sistema**

Batavia & Hammer (1990) aponta como critério para avaliação de TA a facilidade de montagem, instalação, e se as instruções para iniciar o sistema são completas, concisas, claras e fáceis de seguir. Questiona se o usuário, ou assistente, é capaz de montar sozinho o sistema ou necessita de auxílio de um técnico ou engenheiro. Este fator vem ao encontro da heurística proposta em relação à autonomia para inicializar o sistema.

Definição: O sistema deve ser inicializado pelo usuário com deficiência, sem a necessidade de auxílio de outra pessoa.

- **Heurística: Autonomia - na operação do sistema**

Citado em Batavia & Hammer (1990), o fator apreensibilidade avalia a medida da facilidade de aprender como usar o dispositivo dentro de um período razoável de tempo. É necessário treinamento? Quanto tempo? O usuário pode facilmente operar o dispositivo de forma eficaz? Como o tempo de aprendizagem varia de usuário para usuário. Sendo difícil mensurar, propõe-se a heurística que avalia a facilidade de operação do sistema após treinamento.

Definição: O usuário deve ser capaz de operar o sistema de forma autônoma após treinamento, se aplicável.

- **Heurística: Liberdade de controle**

Adaptado de Nielsen (1994) da heurística: Liberdade de controle/ saídas claramente demarcadas, e de Tsui et al. (2009), da heurística: Fornecer controle do usuário e liberdade de ações.

Definição: Os usuários devem ter liberdade de escolha de tarefas de sequência (quando apropriado), ao invés de o sistema fazer isso por eles. Exemplo: O sistema deve permitir repetir e/ou desfazer uma ação, possibilitar uma "saída de emergência", caso o usuário tenha escolhido uma função errada na interface e evitar esse percurso.

❖ **Campo *Feedback***

- **Heurística: *feedback***

Heurística adaptada de Nielsen (1994)

Definição: O usuário deve receber continuamente informações do sistema sobre o que ele estiver fazendo.

- **Heurística: Design estético e minimalista**

Adaptado de Nielsen (1994)

Definição: Deve-se apresentar exatamente a informação que o usuário precisa no momento, de forma clara e objetiva.

- **Heurística: Minimizar a sobrecarga de memória do usuário**

Adaptado de Nielsen (1994) e Tsui et al. (2009) da heurística: Evitar que o usuário tenha que fazer traduções mentais

Definição: O sistema deve mostrar os elementos de diálogo de forma intuitiva, permitindo que o usuário faça suas escolhas sem a necessidade de lembrar um comando específico.

❖ **Campo Controle e Segurança**

Lauer et al. (2006) apresenta a segurança como um motivo para desuso do dispositivo. Batavia & Hammer (1990) também fazem menção ao item segurança física como fator relevante para avaliação, atentando à segurança ao operar e à susceptibilidade de causar dano físico para o consumidor.

- **Heurística: Certifique que a interface não tenha uma forma física que possa provocar lesões**

Adaptado de Tsui et al. (2009) da heurística: Certifique que o robô não tem uma forma física que possa provocar lesões.

Definição: A interface não deve causar qualquer tipo de lesão ao usuário. Exemplo: Não deve conter bordas afiadas que uma pessoa possa se cortar ou causar hematomas, articulações que podem machucar o usuário, ou quaisquer superfícies demasiadamente quentes para tocar.

- **Heurística: Certifique que a interface não tenha comportamentos que possa provocar lesões**

Adaptado de Tsui et al. (2009) da heurística: “Certifique que o robô não tenha comportamentos que possa provocar lesões”, em Franklin (2014) da heurística: “detalhamento e contraste”, e incluído por Batavia & Hammer (1990) como operabilidade que inclui a medida de como são as respostas, os indicadores visuais, cores e formas, tons e alarmes, duração e frequência

Definição: A interface não deve prejudicar uma pessoa involuntariamente. As informações devem ser apresentadas em combinações de cores, volumes, frequência, distância, contraste e tamanhos de forma a não causar fadiga à capacidade sensorial do usuário.

- **Heurística: Fornecer mecanismos prova de falhas**

Adaptado de Tsui et al. (2009) da heurística: “Fornecer mecanismos prova de falhas”

Definição: Saída de emergência que sobrepõe às ações do dispositivo e de fácil acesso e/ou componente que informa os danos do dispositivo sem prejudicar alguém ativa ou passivamente.

- **Heurística: Segurança e confiabilidade**

Pessoas com deficiência já apresentam características pessoais, fatores biológicos, cognitivos, comportamentais, e psicossociais que abalam sua forma de encarar as situações reais, pois as mesmas podem expô-las a sofrimentos já vivenciados, assim, a heurística é adaptada de Tsui et al. (2009) da heurística:

“Certifique que o robô execute de maneira previsível”, dentro da heurística principal: Maximizar a confiança do usuário.

Definição: O sistema deve prever erros e evitá-los, estimulando a confiança do usuário. Exemplo: A velocidade de movimentação de uma cadeira de rodas motorizada deve ser adequada para encorajar o seu uso de forma confiável.

- **Heurística: Prevenir erros**

Heurística de Nielsen (1994)

Definição: Evitar situações de erro. Conhecer as situações que mais provocam erros e modificar a interface para que estes erros não ocorram.

❖ **Campo otimização e personalização do sistema**

- **Heurística: Minimizar o comprimento do processo**

Adaptado Tsui et al. (2009) da heurística: “Fornecer informação histórica suficiente para compreender as tendências e fazer previsões”

Definição: O sistema deve ser capaz de automatizar alguns dos passos, evitando a repetição de tarefas do usuário. Exemplo: Evitar etapas que são desnecessárias para o usuário realizar.

- **Heurística: Flexibilidade e eficiência do uso**

Heurística de Nielsen (1994)

Definição: A interface deve possuir atalhos para permitir que usuários experientes possam executar as operações mais rapidamente.

- **Heurística: Acomoda a capacidade de escolher entre os dispositivos de acesso**

Adaptado de Tsui et al. (2009) da heurística: “Acomoda a capacidade de escolher entre os dispositivos de acesso”, e citado por Batavia & Hammer (1990), como um dos fatores relevantes, a flexibilidade avalia a medida em que o dispositivo é fornecido com opções que o consumidor pode escolher. Leva em consideração se estas opções são importantes para o consumidor, se estão disponíveis no mercado e quais são os custos das mesmas.

Definição: Quando possível, deve-se proporcionar diferentes formas de interação no ambiente para que o usuário possa escolher com base em sua preferência e habilidade. Exemplo: métodos de controle/comunicação adequado para pessoas de diferentes graus de deficiência.

- **Personalização da interface e retenção de preferências do usuário**

Adaptado de Tsui et al. (2009) da heurística: “Habilitar personalização da interface e retenção de preferências do usuário”

Definição: Apoio ao ajuste dos níveis de aviso da interface. Localização de menus. Personalização da interface.

❖ **Interação**

- **Tempo de resposta**

Citado como um aspecto da operabilidade em Batavia & Hammer (1990), avalia a medida em que o dispositivo é fácil de operar, e responde adequadamente às operações do usuário, incluindo se o tempo de resposta é excessivo. O tempo de inicialização da preparação é um aspecto apontado por Lauer et al. (2006) como motivo para desmotivar o uso do dispositivo. Assim, a heurística proposta procura atender a avaliação do mesmo.

Definição: O sistema deve ser rápido para entender as entradas de ação do usuário e facilitar a interação, porém, com uma velocidade adequada para a percepção pelo usuário. O tempo de resposta do sistema não deve atrapalhar o desenvolvimento da atividade.

- **Heurística: Combinação entre o sistema e o mundo real**

Adaptado de Nielsen (1994) da heurística: “Combinação entre o sistema e o mundo real”, e de Tsui et al. (2009), da heurística: “Explora conhecimento prévio do mundo”. Citado em Lauer et al. (2006), a complexidade de instruções escritas se torna um empecilho para o uso da tecnologia, sendo que o usuário deve compreender as informações do sistema.

Definição: Explorar conhecimento prévio do mundo (se razoável), e utilizar linguagem própria do mundo do usuário e de fácil entendimento. As informações devem ser organizadas conforme o modelo mental do usuário.

- **Heurística: Consistência**

Adaptado de Nielsen (1994).

Definição: Um mesmo comando ou ação deve ter sempre o mesmo efeito, de forma padrão. A mesma operação deve ser apresentada na mesma localização e deve ser formatada/apresentada da mesma maneira para facilitar o reconhecimento. Deve haver significado entre a ação e o ícone relacionado ou opção de menu. Os usuários não devem ter que se perguntar se diferentes palavras, situações ou ações significam a mesma coisa.

❖ **Campo Estética**

- **Heurística: Estética**

Batavia & Hammer (1990) cita o fator aceitabilidade como medida em que o usuário se sente psicologicamente confortável para utilizar o dispositivo em público, incluindo se o dispositivo está esteticamente atraente. Analisa se o dispositivo está compatível com a personalidade do consumidor e seu estilo de vida. Citado em Lauer et al. (2006) como fator para descontinuação do uso do dispositivo de TA, a estética é proposta como heurística para avaliação de "dispositivos vestíveis", e também CRM.

Definição: O sistema deve apresentar forma, peso e tamanho adequados, de forma a não causar constrangimento ao usuário.

❖ **Campo acessibilidade**

Apresentado em Lauer et al. (2006) como um motivo para não uso do dispositivo, o treinamento deve considerado na avaliação.

- **Heurística: Acessibilidade e suporte**

Batavia & Hammer (1990) apresenta em seu trabalho o fator acessibilidade, que considera a compra, manutenção e/ou reparação do dispositivo e a dificuldade financeira para o consumidor. Cita também o preço do dispositivo, custos ocultos como instalações e garantias. Para o público usuário de cadeira de rodas, esse item foi o 4º mais relevante numa classificação de 17 fatores a ser considerados na escolha do dispositivo. Assim, como requisito fundamental para

garantir a usabilidade do sistema, se propõe a inclusão da heurística Acessibilidade e Suporte.

Definição: Disponibilidade da tecnologia no mercado atual e de fácil acesso ou possibilidade de comercialização. Suporte adequado em caso de mau funcionamento e treinamentos.

❖ Campo ajuda e documentação

- **Heurística: Ajuda e documentação**

Adaptado de Nielsen (1994)

Definição: A interface deve ser fácil de usar (intuitiva) e não necessitar de ajuda ou documentação. Se for necessária, a ajuda deve estar facilmente acessível *on-line*.

❖ Campo Eficácia

- **Heurística: Eficácia**

Citado em Batavia & Hammer (1990), este foi o fator considerado mais relevante para os usuários de cadeira de rodas na escolha do dispositivo. Assim, propõe-se a inclusão do item como heurística para avaliar a medida na qual o funcionamento do dispositivo melhora a situação de vida do consumidor, evitando, porém, privar o usuário de outras funções, ou restringir algum movimento.

Definição: O dispositivo deve fazer o que é proposto, satisfazendo as necessidades específicas do consumidor, sem comprometer outras necessidades importantes.

As heurísticas propostas neste trabalho para avaliação de CRM são apresentadas na Tabela 4.

A fim de ajudar a refinar os resultados, o conjunto de heurísticas de mobilidade foi avaliado em um grupo de discussão interdisciplinar composto por profissionais no desenvolvimento de TA, fisioterapeutas, terapeutas ocupacionais, especialistas em interface homem máquina e em avaliação de tecnologias em saúde.

Esta etapa ajudou a analisar a credibilidade da heurística de mobilidade, e também esclarecer quaisquer mudanças necessárias antes da conclusão do estudo. A intenção

deste procedimento foi refinar a lista de heurísticas, propondo melhorias nas suas definições de acordo com o conhecimento na área de cada colaborador, proporcionando assim uma avaliação heurística mais realista e completa sobre TA.

Tabela 4. Heurísticas propostas para avaliação de CRM comandada de forma alternativa.

| |
|---|
| 1. Interação e conforto |
| 2. Portabilidade |
| 3. Integração |
| 4. Autonomia - na inicialização do sistema |
| 5. Autonomia - na operação do sistema |
| 6. Liberdade de controle |
| 7. <i>Feedback</i> |
| 8. Design estético e minimalista |
| 9. Minimizar a sobrecarga de memória do usuário |
| 10. Certifique que a interface não tenha uma forma física que possa provocar lesões |
| 11. Certifique que a interface não tenha comportamentos que possam provocar lesões |
| 12. Fornecer mecanismos à prova de falhas |
| 13. Segurança e confiabilidade |
| 14. Prevenir erros |
| 15. Minimizar a duração do processo |
| 16. Flexibilidade e eficiência do uso |
| 17. Acomodar a capacidade de escolher entre os dispositivos de acesso |
| 18. Personalização da interface e retenção de preferências do usuário |

| |
|---|
| 19. Tempo de resposta |
| 20. Combinação entre o sistema e o mundo real |
| 21. Consistência |
| 22. Estética |
| 23. Acessibilidade e suporte |
| 24. Ajuda e documentação |
| 25. Eficácia |

Estas heurísticas, propostas inicialmente para avaliação de CRM, podem inspirar avaliações de outros dispositivos de mobilidade em TA. Como em toda avaliação heurística, deve-se escolher quais critérios se encaixam no contexto de uso.

4.2 Ponderação Heurística

Após elaboração das heurísticas propostas, foi realizada uma ponderação sobre a importância de cada item por usuários de TA e desenvolvedores. Para pesquisa, foram consultados 28 usuários de Tas, em especial de CRM, e 26 desenvolvedores. Os voluntários tinham que ponderar sobre a importância de cada item atribuindo um valor numa escala de 1 a 5, onde 1 corresponde a “sem importância” e 5 “extremamente importante”.

Uma análise qualitativa das ideias de usuários reais e desenvolvedores de tecnologia é necessária por causa da diversidade de padrões na forma de interação com TAs. O provedor da tecnologia tem que ser capaz de entender como as pessoas com deficiência usam e aprendem com a tecnologia. Porém, há situações que somente os usuários reais podem opinar.

Assim, para compreender a visão de desenvolvedores de tecnologia e usuários, foi realizada uma pesquisa para saber da importância de cada heurística proposta para cada grupo. O Gráfico 5 mostra a média das ponderações heurísticas dos usuários e desenvolvedores.

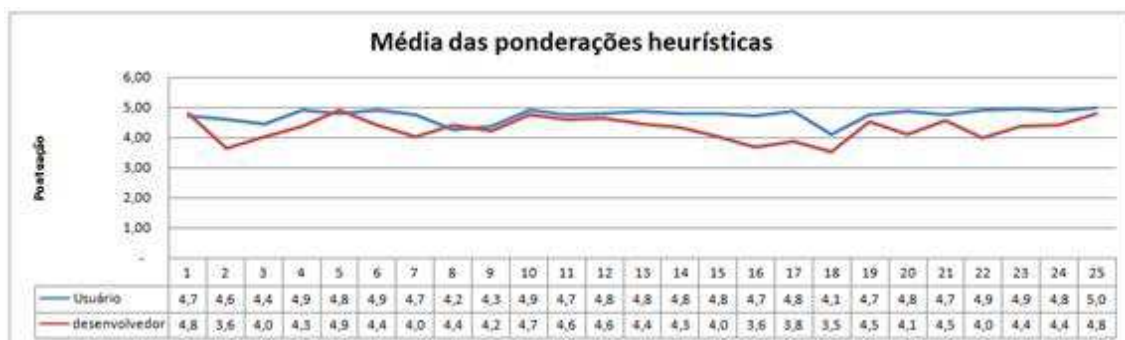


Gráfico 5. Ponderações heurísticas dos usuários e desenvolvedores de TA.

Como o teste consistia em atribuir um valor dentro de uma escala de 1 a 5, devido ao grau de importância do item para cada um, os dados obtidos eram então ordinais. Por causa disso, foi realizado o teste estatístico de Wilcoxon Mann-Whitney, cujo resultado é mostrado na Tabela 5.

Tabela 5. Análise estatística das ponderações heurísticas.

| Heurística | Média_usuario | Média_desenvolvedor | valor P (Teste Wilcoxon) |
|------------|---------------|---------------------|--------------------------|
| 1 | 4,71 | 4,81 | 0,5374 |
| 2 | 4,61 | 3,65 | 1,00E-04* |
| 3 | 4,46 | 4,04 | 0,0214* |
| 4 | 4,93 | 4,38 | 0,001* |
| 5 | 4,82 | 4,92 | 0,4271 |
| 6 | 4,93 | 4,42 | 0,0022* |
| 7 | 4,75 | 4,04 | 0,0034* |
| 8 | 4,25 | 4,42 | 0,9922 |
| 9 | 4,39 | 4,23 | 0,1281 |
| 10 | 4,93 | 4,76 | 0,2848 |
| 11 | 4,75 | 4,62 | 0,1846 |
| 12 | 4,82 | 4,64 | 0,1422 |

| | | | |
|----|------|------|-----------|
| 13 | 4,89 | 4,48 | 0,0056* |
| 14 | 4,82 | 4,36 | 0,0018* |
| 15 | 4,82 | 4,04 | 1,00E-04* |
| 16 | 4,71 | 3,69 | 1,00E-04* |
| 17 | 4,89 | 3,88 | 0* |
| 18 | 4,11 | 3,54 | 0,0719 |
| 19 | 4,79 | 4,54 | 0,0122* |
| 20 | 4,89 | 4,12 | 8,00E-04* |
| 21 | 4,79 | 4,58 | 0,2416 |
| 22 | 4,93 | 4,00 | 0* |
| 23 | 4,96 | 4,40 | 0,0011* |
| 24 | 4,89 | 4,42 | 8,00E-04* |
| 25 | 5,00 | 4,81 | 0,0158* |

*Valores que apresentaram diferença estatística ($p < 0,05$)

Adotando uma confiabilidade de 95%, percebe-se que 16 heurísticas apresentaram divergência significativa entre as ponderações usuário/desenvolvedor. Percebe-se também que nos casos em que houve diferença entre as ponderações de usuário e desenvolvedor, os usuários atribuíram maior importância à heurística (a média foi mais alta).

Houve poucas situações em que a média do grau de importância dos desenvolvedores foi maior que a média dos usuários (nas heurísticas. 1, 5 e 8), porém essa diferença não foi significativa.

Diante da análise estatística, são apontadas possíveis razões para divergência entre usuário e desenvolvedor.

- Heurística Portabilidade: os desenvolvedores podem pensar que somente entregar uma solução seria de início satisfatório para o usuário, deixando a portabilidade para segundo plano, como um adicional para a TA. Já os

usuários que estão a adquirir uma TA, a querem a mais completa possível. Assim, esse quesito seria interessante caso o mesmo já tivesse um dispositivo para adaptar para o uso, como um *tablet*, *smartphone*, entre outros. Consequentemente, este quesito interfere no aspecto econômico, pois se o usuário já possui algum dispositivo que possa ser aderente à nova tecnologia, seria um gasto a menos para o mesmo.

- **Heurística Integração:** Mais uma vez os desenvolvedores estão focados em uma solução ímpar, sem relacionar possíveis necessidades dos usuários. Diante esta perspectiva, devem-se criar soluções holísticas, de forma que um dispositivo/*software* facilite a maioria das necessidades do usuário. mesmo diante da complexidade da personalização para cada usuário, uma vez que as deficiências são singulares.
- **Heurística Autonomia** - na inicialização do sistema: mesmo sendo um item um pouco utópico para quem apresenta deficiência motora severa, algumas etapas do processo realmente necessitam do auxílio. Como, por exemplo, ligar o *notebook/tablet*, inicializar o programa, conectar a cadeira para então possibilitar o controle. Espera-se que no futuro algumas dessas etapas possam se realizar de forma autônoma sem a intervenção do usuário. Devido à divergência do ponto de vista dos usuários e desenvolvedores, vê-se que os usuários querem total independência e autonomia, e os desenvolvedores têm que idealizar e realizar isso nas etapas futuras do desenvolvimento de TAs, uma vez que o objetivo é diminuir as taxas de rejeição da tecnologia.
- **Heurística Liberdade de controle:** Por excesso de cuidados dos desenvolvedores, este ponto pode por vezes divergir. Podem-se discutir níveis de liberdade, devido a experiência do usuário, prezando acima de tudo a segurança e integridade do mesmo.
- **Heurística *Feedback*:** como se trata de heurísticas para avaliação de usabilidade de uma cadeira de rodas motorizada, o *feedback* principal é o próprio movimento da cadeira. Porém, como o controle é de forma alternativa a convencional, é interessante prover outras formas de *feedback* para o usuário compreender melhor o funcionamento do sistema.
- **Heurística Segurança e confiabilidade:** como o desenvolvedor não tem a vivência do usuário, e não depende de um sistema para promover suas

habilidades, por vezes não se valoriza a confiança no sistema como um item fundamental para sua aceitação. O usuário por sua vez, quem irá utilizar o sistema, por apresentar inseguranças, devido a uma bagagem emocional relacionada com a deficiência, valoriza a confiança como item imprescindível para o bom relacionamento e uso da TA. Esta questão, por envolver bastante o aspecto psicológico, necessita de outros profissionais que auxiliem no processo, não ficando apenas a cargo do desenvolvedor.

- **Heurística Prevenir erros:** Por mais que os desenvolvedores planejem uma TA segura e livre de erros, eles não estão vivenciando o uso efetivo do dispositivo, e por vezes não percebem alguns erros que somente usuários com muitas horas de uso vão encontrar. Assim, a opinião dos usuários para melhorias nos sistemas é extremamente importante.
- **Heurística Minimizar a duração do processo:** Os desenvolvedores podem pensar que mesmo que a TA apresente alguns processos cansativos, ainda sim serão úteis aos usuários, por ser uma solução para as dificuldades apresentadas pela deficiência. Pode ser atrativo para os usuários à primeira vista, porém, com o uso no dia-a-dia, quanto menos etapas para realizar, e maior autonomia, maiores as chances dos usuários continuarem a utilizar a TA. Assim, além de prover a solução, os desenvolvedores devem aperfeiçoar ao máximo o seu funcionamento.
- **Heurística Flexibilidade:** Com uma diferença grande entre as médias (usuário 4,71 e desenvolvedores 3,69), este quesito vem para mostrar que os desenvolvedores consultados não priorizaram tanto a continuação do uso da TA; Uma vez que os usuários utilizarão a TA por longas horas e dias, são necessárias diferentes formas de tornar a TA atraente, de forma a mostrar as várias possibilidades de uso, como alterações para melhor eficiência e flexibilidade.
- **Heurística Personalização da interface e retenção de preferências do usuário:** pode parecer algo secundário para o desenvolvedor, que prioriza a TA no auxílio da função perdida, porém, para os usuários, simplesmente poder alterar a interface por conta própria (o que não interfere na função do sistema) apresenta um sentimento de autonomia que deve ser valorizado com a finalidade de se alcançar maiores índices de aceitação da TA.

- Heurística Tempo de resposta: acredita-se que mesmo com diferenças no grau de importância deste quesito, os desenvolvedores se preocupam com a taxa de transmissão de dados, bem como resposta do sistema. Neste item, ao ser questionado, o usuário revelou inquietação ao desejar um sistema veloz e ilimitado, talvez como forma de compensar a deficiência com “efeitos vantajosos em relação a uma pessoa hígida”.
- Heurística Consistência: este item, apesar de ser uma diretriz para melhor elaboração de uma interface IHM é, por vezes, atendida, mesmo que subliminarmente pelo desenvolvedor. Porém deve haver maior atenção do desenvolvedor adotando ícones que evitem dúvidas ao usuário.
- Heurística Estética: assim como na heurística “Personalização da interface e retenção de preferências do usuário”, este item ocupa menor grau de importância para o desenvolvedor, que se preocupa com as funcionalidades do sistema. Os usuários, por questões de aceitação, tanto da deficiência quanto do uso de TA, valorizam este item, que deve ser respeitado pelo desenvolvedor.
- Heurística Acessibilidade e suporte: os desenvolvedores avaliaram este item com menor grau de importância em relação ao usuário. Porém, não cabe a ele a atribuição de fornecer a TA no mercado, nem questões relativas ao suporte. Essas são questões logísticas que devem preocupar o fabricante, e este, por sua vez, deve atender a heurística a fim de garantir maiores taxas de aceitação da TA.
- Heurística Ajuda e documentação: Por vezes o desenvolvedor está focado no princípio de funcionamento e não se atenta o suficiente aos detalhes da documentação. Ao término da etapa de desenvolvimento um documento deve ser redigido explicando seu funcionamento com a maior clareza possível. Este documento deve estar presente nos produtos já finalizados e deve ser preocupação do fabricante.
- Heurística Eficácia: Por vezes o desenvolvedor se preocupa em solucionar e providenciar uma função e deixa de segundo plano a solução de outra, garantindo a eficácia de uma solução, mas sem se atentar que a mesma pode privar os usuários de outras funções. Neste ponto, deve ser feito uma

ponderação sobre quais funções o usuário quer promover e quais as opções viáveis para que isto possa ocorrer.

Percebe-se que os desenvolvedores estão focados nos problemas funcionais, o que é do domínio dos mesmos, deixando para o segundo plano, questões estéticas. Porém, estas questões devem ser consideradas em alguma etapa do desenvolvimento da TA, uma vez que os usuários abandonam TAs por esses motivos.

Ressalta-se que devem ser realizadas consultas às opiniões dos usuários, relacionando vivências, expectativas, para melhor elaboração da TA. Além de outros profissionais para maiores taxas de aceitação, todos devem estar com as expectativas alinhadas, para que a TA seja adequada e aceita pelo usuário.

Observa-se que é válida a inclusão de novas heurísticas, visto que a média do grau de importância das mesmas foi acima de 4 (numa escala de 1 a 5), com exceção das heurísticas 2, 16, 17 e 18 que receberam menor nota por parte dos desenvolvedores.

Estas heurísticas não interferem diretamente no funcionamento do dispositivo, mas são questões que devem ser consideradas para motivar o uso e promover melhorias no desempenho para alcançar a satisfação do usuário, tornando a TA atrativa para o público de interesse.

As médias das heurísticas que apresentam, para usuário e desenvolvedor, a mesma faixa de importância estão relacionadas abaixo:

- Acima de 4,8 = Heurísticas 5* e 25*
- Entre 4,6 e 4,8 = Heurísticas 1*, 10*, 11*, 12*
- Entre 4,4 e 4,6 = Heurísticas 6, 13*, 19*, 21, 23*, 24
- Entre 4,2 e 4,4 = Heurísticas 4*, 8, 9, 14

*Heurísticas que fazem parte da nova proposta, diferente das clássicas de Nielsen.

Percebe-se que 10 das 16 heurísticas com maiores taxas de importância fazem parte das heurísticas propostas, o que evidencia a necessidade de novos critérios para análise e avaliação de TAs no contexto abordado.

4.3 Avaliação heurística do sistema desenvolvido

A avaliação baseada em heurísticas é um método analítico, cujo objetivo é identificar problemas de usabilidade que serão corrigidos ao longo do processo de desenvolvimento do sistema, conforme um conjunto de heurísticas ou diretrizes

(*guidelines*). Esse método envolve a participação de um pequeno grupo de avaliadores (3 a 5) na análise da interação e julgamento dos elementos interativos da interface, conforme uma lista de heurísticas.

Os avaliadores devem utilizar o sistema seguindo o protocolo de teste, que deve ser o mais completo possível, e abordar todas as funcionalidades e aspectos do sistema que se deseja avaliar. O avaliador deve inspecionar todo o sistema e, ao encontrar problemas, deve relatá-los associando com as heurísticas que foram violadas.

Após a inspeção deve ser elaborado um relatório sobre a experiência no uso do sistema e preenchido um gabarito pelos avaliadores. O gabarito contém heurísticas que devem ser analisadas. Deve ser atribuído o valor da gravidade de cada problema encontrado nas interfaces por intermédio da escala proposta em Nielsen (1994):

0 – Não é considerado, totalmente, um problema de usabilidade;

1 – Problema apenas estético: não necessita ser modificado a menos que tenha tempo extra disponível no projeto;

2 – Problema menor de usabilidade: a solução deste problema deverá ter baixa prioridade;

3 – Problema maior de usabilidade: é importante resolvê-lo e, para isso, deverá ser dada alta prioridade;

4 – Catástrofe de usabilidade: é obrigatório consertá-lo, antes do produto ser divulgado.

Após a avaliação individual os avaliadores devem se reunir para elaborar um relatório único sobre as impressões do sistema.

Com base nas heurísticas, definidas no item 4.1, procedeu-se à inspeção do sistema por 5 avaliadores, atuantes na área da Engenharia Elétrica, nas seguintes áreas: Tecnologias Assistivas, Avaliação de Tecnologias em Saúde, Automação e Controle, Interface Homem-Máquina e Visualização da Informação. Para a realização dos testes com os especialistas, o projeto passou por aprovação pelo Comitê de Ética da Universidade Federal de Uberlândia, protocolo número Certificado de Apresentação para Apreciação Ética(CAAE) 37756614.0.0000.5152.

Primeiramente foi realizada uma avaliação teste, sem a participação dos avaliadores oficiais, a fim de verificar se os procedimentos estavam descritos com clareza para a realização da avaliação (protocolo descrito no Anexo B); e se as informações necessárias seriam registradas corretamente no gabarito (Anexo C).

Na preparação da avaliação as heurísticas foram escolhidas e a proposta de situações colocada, a qual consistiu em percursos que o avaliador deveria realizar comandando a CRM.

Na seção de avaliação os avaliadores deviam: julgar a conformidade do sistema, anotando os problemas encontrados e a gravidade dos mesmos; e gerar um relatório individual com o resultado da sua avaliação e comentários adicionais.

Após a avaliação individual, foi realizada a etapa de consolidação, onde houve um novo julgamento sobre o conjunto global dos problemas encontrados e realizado um relatório unificado.

Foi realizada uma discussão livre entre todos os avaliadores após as avaliações individuais e a classificação da lista de problemas. O objetivo dessa discussão foi analisar os principais problemas detectados e identificar as possibilidades de reprojeção dos elementos interativos envolvidos. Essa também foi uma boa oportunidade para discutir os aspectos positivos do sistema, visto que o método de avaliação empregado, em sua essência, é centrado somente nos problemas.

Os problemas relatados pelos avaliadores, relacionados a cada heurística, são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6. Relação de problemas encontrados por heurística.

| Heurística | Problema relatado |
|------------|--|
| 1 | Desconforto ao deixar a cabeça imóvel para não perder a calibração. |
| 2 | Acreditam que o sistema atende as necessidades do usuário, mesmo não permitindo a portabilidade |
| 3 | O sistema não apresenta módulos, como por exemplo, de comunicação, mas, não é uma limitação para seu uso |
| 4 | Não possibilita independência ao usuário para inicializar o sistema, pois para isso é necessário conectar o cabo USB do Arduino que controla a cadeira com o <i>notebook</i> , abrir o programa, clicar em calibração, depois clicar em inicializar. Pensando no usuário que não tem essa liberdade de movimento, a inicialização de forma autônoma se torna inviável. |
| 5 | Perda de calibração caso o usuário movimente a cabeça. Dessa forma, a |

| | |
|----|--|
| | mesma tem que ser refeita, o que exige que o usuário manipule o sistema de forma a acessar a calibração, o que não permitirá o usuário com deficiência ter autonomia na condução da mesma. |
| 6 | <p>Devido à configuração dos sensores de anticolisão (ultrassom), alguns movimentos são limitados como, por exemplo, aproximar-se de algo desejado que esteja a uma distância menor que 40 cm.</p> <p>O usuário não consegue parar a cadeira e interagir com o mundo sem gerar um comando involuntário.</p> <p>Atraso do movimento na direção escolhida. Ao escolher um ícone de comando de deslocamento, a cadeira tende a seguir o comando anterior até se posicionar no novo ícone.</p> |
| 7 | <p>O usuário não é informado quando o sistema foi descalibrado, por motivos de movimentação da cabeça.</p> <p>O <i>feedback</i> da direção escolhida é sutil.</p> |
| 8 | Não foram relatados problemas relacionados com a heurística 8. |
| 9 | Não foram relatados problemas relacionados com a heurística 9. |
| 10 | O apoio de cabeça foi desconfortável. |
| 11 | Recomendam <i>feedback</i> da escolha das setas mais evidentes, para evitar erros pelo usuário. |
| 12 | <p>O sistema não permite que o usuário olhe para o mundo externo sem realizar um comando.</p> <p>Por falha de execução do <i>software</i> do dispositivo, houve falha no envio do sinal durante um teste e não houve um mecanismo para evitar esta situação.</p> |
| 13 | <p>O sistema não permite alteração na velocidade da cadeira, limitando o usuário no comando da mesma.</p> <p>O sistema para a cadeira quando detecta um obstáculo, sem fornecer um <i>feedback</i> da detecção do mesmo.</p> |

| | |
|----|--|
| 14 | O sistema não permite a visualização do mundo por completo, apenas possibilita uma visão periférica. |
| 15 | Em casos de perda de calibração o sistema precisa ser reiniciado. |
| 16 | Não existe, porém não atrapalha o rendimento. |
| 17 | Não observado, porém não identificado como um problema. |
| 18 | O sistema não permite ajustes de velocidade e também não informa a distância de aproximação de obstáculos, fatores que se fossem atendidos aumentariam o conforto do usuário |
| 19 | Demora ocasionada pelo chaveamento do motor para realizar a transição entre a ação atual e a desejada. |
| 20 | Não foram relatados problemas relacionados com a heurística 20. |
| 21 | Não foram relatados problemas relacionados com a heurística 21. |
| 22 | O notebook apresenta peso e tamanho que prejudicam o campo de visão. |
| 23 | A tecnologia não está disponível no mercado |
| 24 | O sistema não apresenta manual de instruções de uso. |
| 25 | O sistema apresentou perdas de calibração constantes e compromete a visão do mundo do usuário. |

A reunião realizada com os avaliadores gerou algumas conclusões e discussões acerca dos problemas identificados no projeto e algumas sugestões foram levantadas. Alguns problemas relatados, e descritos na tabela 6 englobam mais de uma heurística. Ao todo foram levantados 9 problemas que são discutidos a seguir.

- Problema do desconforto ocasionado pelo apoio de cabeça: discutiram-se as limitações da pesquisa devido ao fato de ter apenas um modelo de cadeira, com um único acessório para encosto de cabeça. neste caso, se o suporte fosse substituído por outro que atendesse diferentes biotipos o problema encontrado seria amenizado.

- Para o problema de perdas de calibração, sugeriu-se que de tempos em tempos fosse realizada uma verificação da calibração. Por exemplo, é solicitado que o usuário olhe para uma posição e aguarde um tempo, para verificar se o sensor está captando corretamente a direção do olhar. Para usuários cujo movimento de pescoço é restrito, este problema seria descartado.
- Sobre a discussão acerca da opção “Ver o mundo” que está sendo impedido pelo *notebook*, sugere-se colocar um dispositivo de pequenas dimensões como um *tablet*, ou uma câmera de vídeo que projete na tela do *notebook* o que o mesmo está ocultando do campo de visão do usuário.
- Como sugestão para trabalhos futuros, recomenda-se que os sensores de anticollisão informem gradualmente a aproximação de um obstáculo por meio de um sinal sonoro, por exemplo, e permita que o usuário decida se continua na direção ou não, como é atualmente amplamente utilizado para orientação de manobras em veículos automotivos.
- Como forma de melhorar a interação com o sistema, sugere-se um *feedback* mais efetivo, como por exemplo a mudança nas cores das setas que indicam a opção de direção escolhida. E que avise também a aproximação do obstáculo, ou informe que a cadeira está parada, quando um obstáculo tenha sido detectado.
- Acerca do problema relacionado com a impossibilidade de parar a cadeira para interagir com o mundo, foram levantadas opções de se criar sistema híbridos, com um comando externo para desativar o sistema por algum tempo, ou deixá-lo em *stand by*.
- Para o problema relacionado à impossibilidade de alterar a velocidade, sugere-se que nas versões futuras esta opção esteja habilitada, fornecendo maior controle e autonomia aos usuários.
- Acerca da falha de comunicação no envio do sinal do *software* do dispositivo para o *software* de controle, sendo considerada falha de altíssima gravidade, sugere-se usar sensores robustos ou redundâncias de mensagens, de forma a verificar a comunicação e envio do sinal.
- O problema relacionado ao atraso no movimento foi devido à mecânica da cadeira, onde os motores atuam apenas nas rodas traseiras, ficando as dianteiras livres para seguirem o movimento. Quando a cadeira se movimenta em uma direção e pretende-se mudar para outra, os motores e, conseqüentemente, as

rodas traseiras respondem rapidamente. Porém, as rodas dianteiras permanecem na direção do último movimento, ficando dependentes da propulsão para se alinharem com o movimento atual. Como as opções para comando são discretas (frente, trás, direita, esquerda e parar), não existem opções intermediárias linearizadas (uma mudança gradual entre as opções de controles) para corrigir a posição pretendida da cadeira, assim, os motores são chaveados. Acredita-se que com o treinamento esse problema seja resolvido, uma vez que, assim, uma percepção melhor da mecânica e funcionamento da CRM será adquirida.

Alguns especialistas encontraram dificuldade na detecção do seu olhar pelo dispositivo, quando esses utilizavam óculos com lentes bifocais. Lentes bifocais apresentam dois campos de visão: um para perto, na parte inferior da lente, e outro para longe, na parte superior. Alterando assim o reflexo da luz infravermelha recebida pelo dispositivo. Dessa forma, o dispositivo não reconhece o reflexo, comprometendo, deste modo, o funcionamento do sistema. Assim, para a realização do experimento os especialistas retiraram seus óculos para melhorar o sinal captado pelo dispositivo.

O Gráfico 6 representa a média dos valores considerados pelos avaliadores, relacionados com a gravidade do problema (0 a 4), para cada heurística analisada.

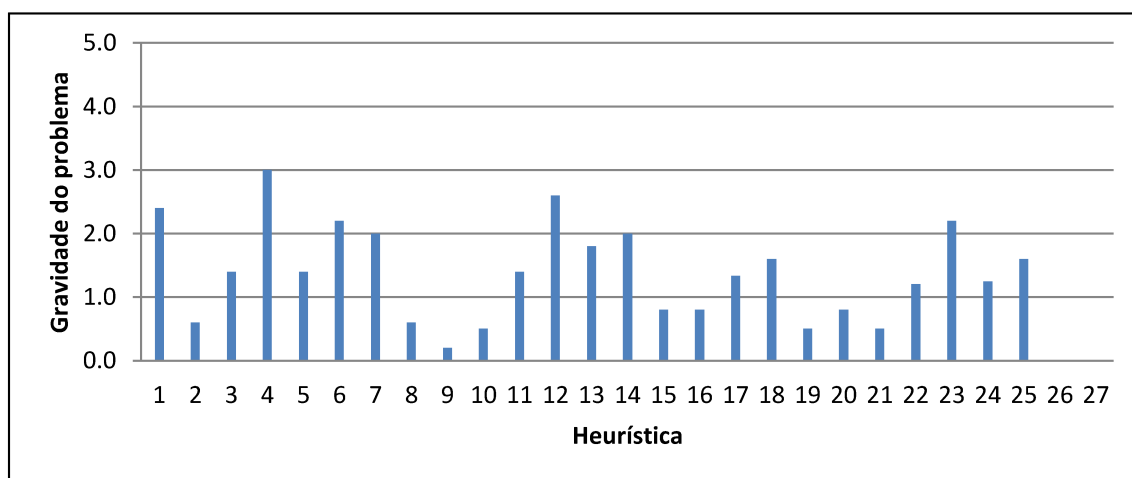


Gráfico 6. Gravidade dos problemas encontrados por heurística.

Percebe-se que a heurística que apresentou o valor mais alto, 3 de gravidade, foi a heurística 4 “Autonomia na inicialização do sistema”. Na faixa de gravidade entre 2 e 3, encontram-se as heurísticas: 1 “Interação e conforto”, 6 “Liberdade de Controle”, 7 “Feedback”, 12 “Mecanismos a prova de falhas”, 14 “Prevenir erros” e 23 “Acessibilidade e suporte”. As demais heurísticas apresentaram problemas estéticos ou de baixa prioridade. Ressalta-se ainda que a heurística que apresentou menor gravidade foi a 9 “Minimização da sobrecarga de memória do usuário”.

A heurística 4 apresenta um problema inerente ao sistema, uma vez que é necessária ajuda de uma terceira pessoa para que o usuário com deficiência consiga controlar o sistema. O posicionamento do usuário na cadeira, carregamento da bateria do *notebook* a ser usado, carregamento das baterias da CRM, ligar o *notebook*, posicioná-lo, ligar a CRM, conectar o sensor, são etapas que necessitam de auxílio, caso o usuário não consiga manipular tais objetos, como é o caso de usuários com deficiência motora severa.

Os problemas relacionados às demais heurísticas, com as sugestões e análises dos avaliadores, podem ser amenizados.

Esta etapa do trabalho ressaltou o ponto de vista do desenvolvedor acerca da tecnologia desenvolvida, onde foram levantados problemas de interface e sugestões para reprojetar e design de interação. No capítulo seguinte serão apresentados os testes realizados por voluntários do público alvo, onde será ressaltado o ponto de vista do usuário.

Capítulo 5

MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE USABILIDADE EMPÍRICOS

O método de avaliação de usabilidade empírico envolve a participação de usuários finais. Os testes ocorrem em ambientes controlados ou em seu contexto de uso, onde foram coletados dados para posterior análise e obtenção dos resultados da avaliação.

Estes testes são os principais meios de se avaliar interfaces de usuário e os mais tradicionais, mas pode ser difícil e caro recrutar um número suficiente de usuários de modo atestar todas as etapas de desenvolvimento.

Para Jordan (1998) a observação de participantes utilizando o sistema não pode ser substituída. Afirma ainda que os métodos envolvendo participantes têm um valor adicional, pois promovem a descoberta de problemas de usabilidade até então não previstos. E ainda, os usuários podem apresentar facilidade em situações em que se esperava dificuldade durante seu uso. Por isso a importância de aplicar o método de avaliação de usabilidade com usuários em potencial.

Muitos estudos demonstram que os métodos analíticos encontram problemas que os empíricos não detectam; a recíproca também é verdadeira. O ideal para uma avaliação completa é a combinação dos métodos.

Segundo apresentado em Nielsen (2000), o número de problemas de usabilidade encontrados com usuários é dado por:

$$N = 1 - (1 - L)^n \quad (1)$$

Em que:

N é o número total de problemas de usabilidade.

L é a proporção de problemas descobertos por um único utilizador (seu valor típico é de 31%).

n é o número de usuários.

O Gráfico 7 é uma curva que mostra a relação entre a quantidade de problemas encontrados por usuários, e o número de usuários que testaram o sistema.

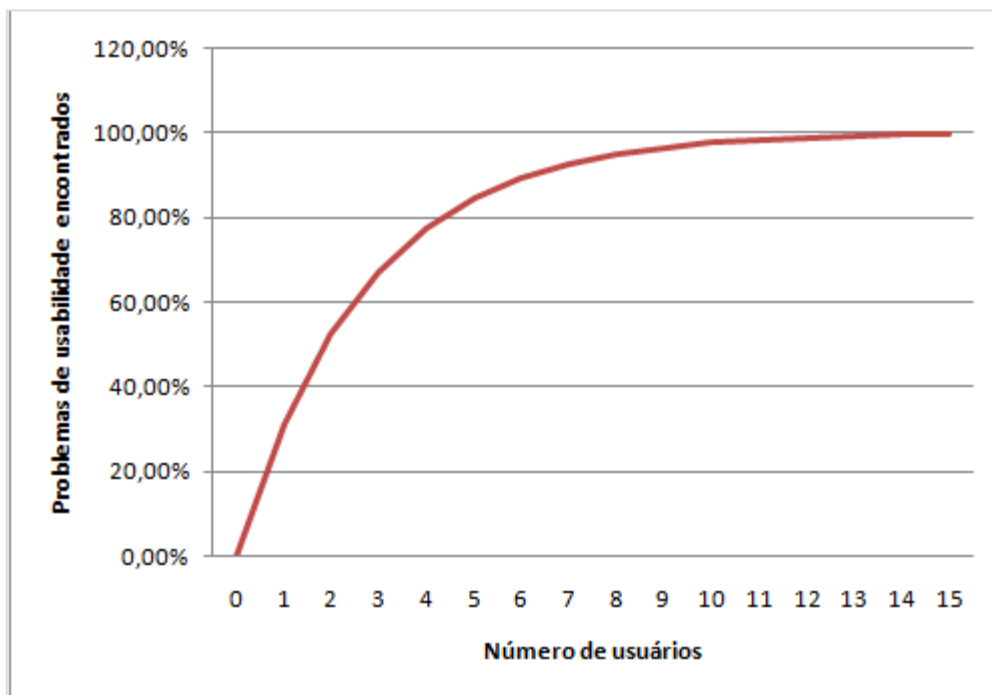


Gráfico 7. Relação entre a quantidade de problemas encontrados e número de usuários.

Percebe-se que há um aumento na proporção de problemas de usabilidade encontrados em função do aumento número de utilizadores testados. Porém, este gráfico não é linear; à medida que mais usuários testam o sistema, a proporção de problemas encontrados tendem a estabilizar. Para 5 usuários, são encontrados cerca de 85% dos problemas de interface. Para 15 usuários, são encontrados 100% dos problemas de interface.

O teste foi idealizado para ser realizado com 5 voluntários, pois, segundo Nielsen (2000), este número consegue detectar a maioria dos problemas de usabilidade da interface. O risco de realizar o teste com um número menor se dá pela possibilidade de ser enganado pelo comportamento espúrio de alguns voluntários que podem executar determinadas ações por acidente ou de forma representativa. Porém, à medida que se adicionam mais usuários ao teste, menos problemas são descobertos, pois eles estarão vendo os mesmos problemas de novo. Assim, após o quinto usuário, Nielsen se refere ao teste como desperdício de tempo, onde serão observados os mesmos resultados repetidamente.

Dos voluntários participantes do projeto, dois não conseguiram realizar o protocolo de teste completo, assim, foram consultados ao todo sete voluntários, para ter a avaliação completa de pelo menos 5 participantes. Porém, mesmo não conseguindo realizar o protocolo de teste, todos responderam aos questionários.

A avaliação foi realizada na Universidade Federal de Uberlândia, no Centro de Convivência do Campus Santa Mônica, por ter uma área coberta e aberta satisfatória para realizar o percurso, com a CRM sendo controlada pelo movimento dos olhos. O projeto tem aprovação do Comitê de Ética, número CAAE 37756614.0.0000.5152.

Os sete participantes da pesquisa apresentavam os seguintes diagnósticos: esclerose lateral amiotrófica (3), distrofia muscular facio-escapulo-umeral (1), traumatismo craniano (1), lesão medular C3 e C4 (1) e artrogripose (1). A média de idade dos participantes foi de 40 anos. A média de tempo de diagnóstico foi de 5,64 anos. Foram quatro participantes do sexo masculino e três do sexo feminino. Todos eram usuários de cadeiras de rodas, porém, nem todos controlavam a própria cadeira, devido a limitações da deficiência.

Os responsáveis pelos voluntários primeiramente assinaram o Termo de consentimento Livre e Esclarecido (Anexo D), pois os próprios voluntários não tinham habilidade motora para assinar. Os voluntários tinham que responder um questionário inicial (anexo E), realizar os testes controlando a CRM por dois percursos (conforme protocolo no Anexo F), onde foram contabilizados o tempo e quantidade de movimentos realizados. Ao final responderam a um segundo questionário (anexo G) e relataram sua experiência por meio da verbalização retrospectiva.

5.1 Verbalização retrospectiva

Foi realizado inicialmente um estudo piloto com três pessoas hígdas para ajustes do sistema antes dos testes com voluntários com perda de função motora.

A proposta inicial para o método de análise era realizar a coleta de dados baseada na técnica de "pensar em voz alta", onde devem-se descrever os pensamentos e sentimentos ao realizar a tarefa. Porém, na realização do estudo piloto verificou-se dificuldade dos usuários em comandar o sistema e verbalizar seus pensamentos, devido a sobrecarga cognitiva de concentração exigida pelo sistema, no qual o usuário deve permanecer olhando para a tela a fim de realizar os movimentos. Outra dificuldade de se realizar este método é que alguns voluntários, devido ao grau de deficiência, não conseguiam se comunicar verbalmente. Assim, procedeu-se a técnica de verbalização retrospectiva. Esta técnica consiste na obtenção de dados por meio de entrevista posterior ao término da atividade, onde os usuários deviam recordar suas atitudes,

pensamentos e impressões em relação ao sistema, relatando problemas encontrados na interface. A atividade foi filmada e gravada para posterior análise.

Foram propostas duas tarefas: uma com objetivo de parar de frente a uma mesa, conforme Figura 10, e outra com contorno de obstáculos, conforme Figura 11. As atividades propostas foram as mesmas utilizadas na avaliação heurística realizada pelos desenvolvedores.

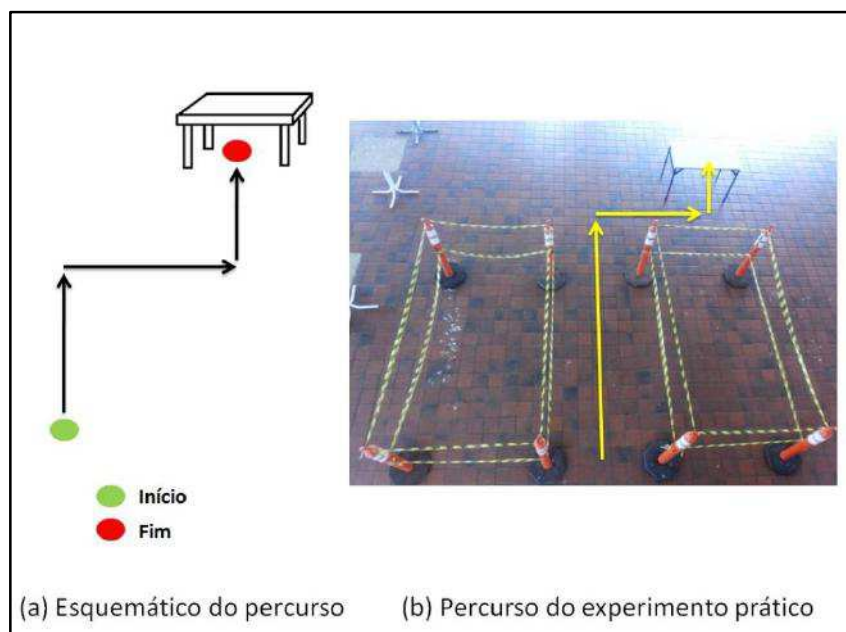


Figura 10. Percorso 1.

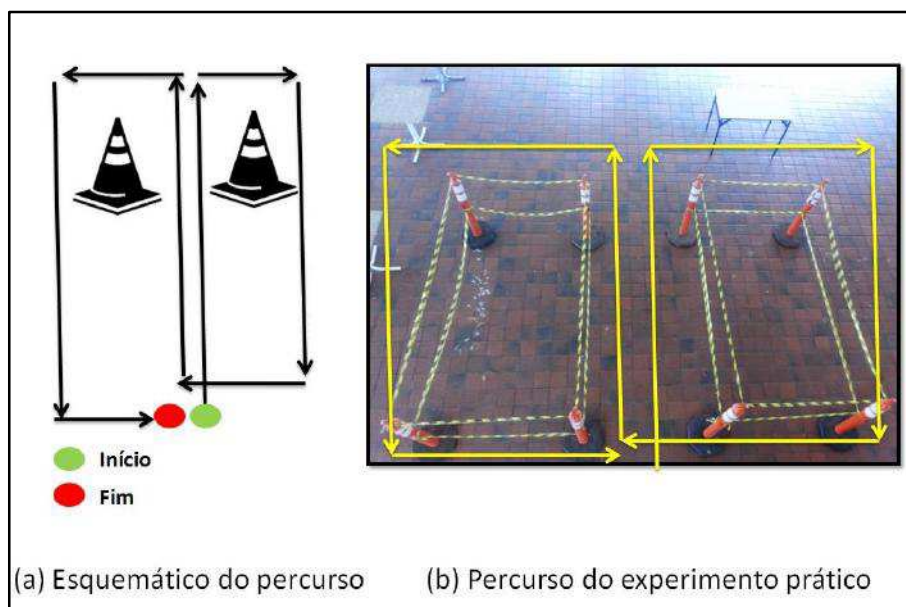


Figura 11. Percorso 2.

Os protocolos de avaliação propostos (Anexo F) foram elaborados por sugestões de profissionais competentes na área (fisioterapeutas e terapeutas ocupacionais).

Observando a interação dos usuários, e compilando as anotações acerca dos relatos dos mesmos sobre a experiência com o sistema, foi elaborada uma lista de 12 problemas encontrados. Não foi possível ordenar a lista de problemas por ordem de gravidade, devido à diferença de sensibilidade e vivência de cada voluntário:

1. Problema de desconforto causado pelo apoio de cabeça e ter que manter a cabeça parada, mesmo problema identificado pelos avaliadores, devido a ter apenas um modelo de CRM e apenas um encosto de cabeça.

2. Problema de perdas de calibração. Alguns usuários tiveram perdas na calibração do dispositivo e, devido a isso, gastaram mais tempo pela maior quantidade de movimentos. Este problema também foi detectado pelos avaliadores. Esta situação fez com que outros fatores fossem levantados pelos usuários, como a necessidade de treinamento e assistência para "saber o que fazer". Ressalta-se que esta orientação não foi solicitada pelos especialistas.

3. Os usuários também relataram dificuldades com a impossibilidade de "ver o mundo" (ocasionadas pela presença do *notebook* e pela necessidade de olhar para a tela a fim de enviar comandos para controle da CRM).

4. A necessidade de *feedback* visual ou sonoro (quando os sensores detectam algum obstáculo), além de poder parar a cadeira quando necessário também foram levantadas como problemas pelos usuários, assim como para os especialistas.

5. Os usuários também citaram o problema da velocidade constante, sugerindo, para versões futuras, ter a possibilidade de controlar eles mesmos a velocidade do sistema.

6. O problema relacionado à falha na comunicação do dispositivo também foi citado como erro considerado gravíssimo que compromete a segurança, devendo ser corrigido com máxima prioridade.

7. Os usuários também se sentiram limitados por não poderem movimentar a cabeça, (para que o sistema não perdesse a calibração). Porém, para um voluntário com caso grave de comprometimento motor, isto não foi detectado como problema, uma vez que o mesmo não conseguia movimentar o pescoço, mantendo assim a cabeça parada constantemente.

8. Dificuldade para reconhecimento do olhar para usuários que utilizam óculos com lentes bifocais. Nesta situação o sensor não reconhece

adequadamente a posição da íris, comprometendo o funcionamento do sistema. Este problema também foi mencionado pelos especialistas.

9. Dois participantes citados que não conseguiram completar ou realizar os percursos no comando da cadeira, encontraram um problema de usabilidade que não foi percebido pelos especialistas. Este problema foi devido à impossibilidade de conseguir realizar a calibração do dispositivo. Ambos os participantes tinham idade avançada e apresentavam uma flacidez na região das pálpebras. Dessa forma, o dispositivo não conseguia captar o reflexo da luz infravermelha no olho. Este problema permitiu verificar que o dispositivo não é adequado para as necessidades destes usuários, configurando assim como um problema gravíssimo de usabilidade, que compromete o funcionamento do sistema.

10. Outro problema encontrado no sistema foi o posicionamento dos sensores de anticolisão na parte dianteira da CRM. Devido à impossibilidade de movimentação dos membros inferiores, por vezes alguns usuários se posicionavam de forma a obstruir o sensor, comprometendo o funcionamento do sistema de anticolisão. Como na pesquisa foi utilizado apenas um modelo de CRM, bem como seus acessórios, só havia um modelo para apoio de pés para todos os voluntários, que por vezes se mostrava inadequado para as medidas antropométricas de determinados usuários. Sugere-se utilizar outro modelo para apoio de pés e posicionar os sensores em outro local.

11. Um dos testes realizados com voluntários usuários de cadeira de rodas revelou um problema de usabilidade não relatado até então, que foi a impossibilidade de comandar a CRM na presença do sol. Este teste foi realizado no fim de tarde, com os raios solares incidindo no local. Uma vez que o sensor funciona por emissão de luz infravermelha (assim como os raios solares), o seu funcionamento foi afetado pela incidência da luz do sol no mesmo. Este teste em específico evidenciou a dificuldade na utilização do sistema em locais abertos, configurando um problema de usabilidade e uma limitação do sistema.

12. Outra dificuldade encontrada pelos usuários foi na realização de curvas (problema identificado por aqueles que não controlavam suas cadeiras de rodas devido à lesão medular), o que sugere a inclusão de curvas em angulações fixas. Porém, acredita-se que o treinamento amenize esta dificuldade.

Vale ressaltar que alguns problemas de interface foram citados por ambos os grupos consultados, porém, os usuários de cadeira de rodas encontraram quatro problemas diferentes (9, 10, 11 e 12) que não necessariamente foram evidenciados pela deficiência. Entretanto, o fato desses usuários ter maior experiência no uso de TAs pode ter influenciado em uma atenção mais apurada.

Após a verbalização retrospectiva e identificação de problemas de interface, os usuários e voluntários da pesquisa responderam ao questionário (Anexo G). As respostas estão apresentadas nos Gráficos 8 a 13.

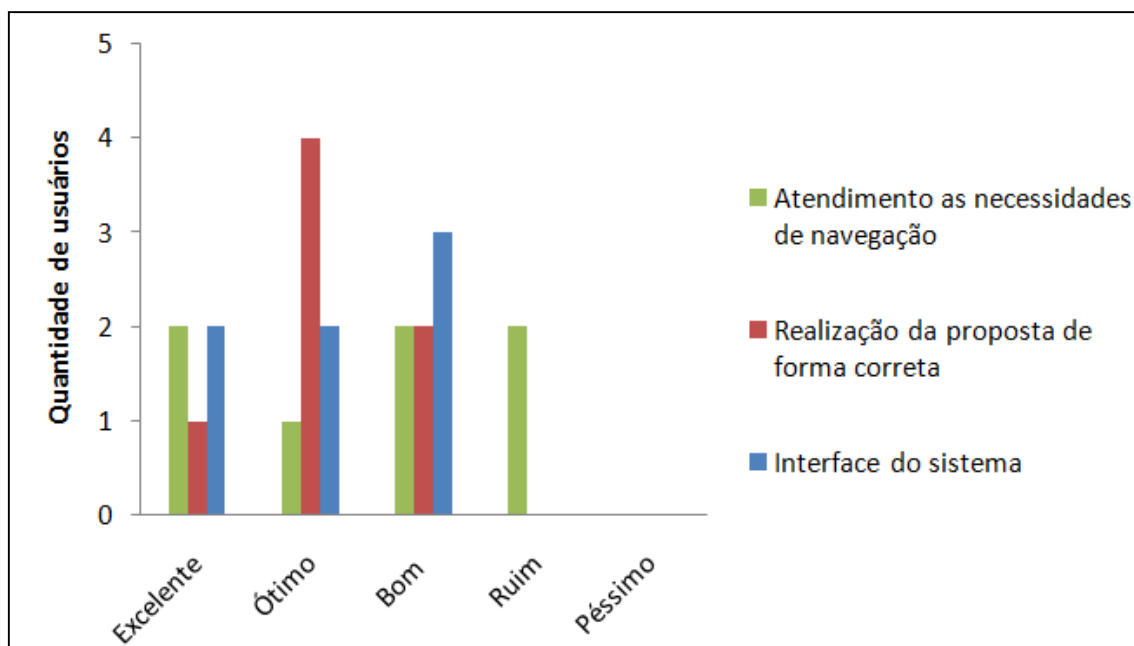


Gráfico 8. Respostas às perguntas 1, 2 e 9 do questionário final.

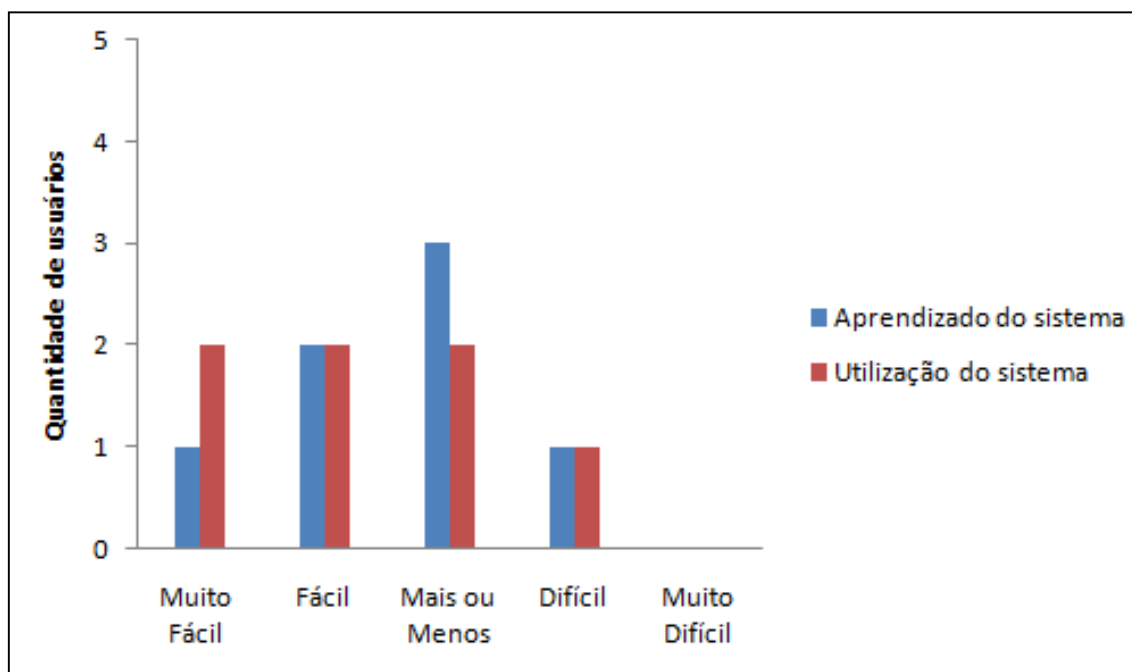


Gráfico 9. Respostas às perguntas 3 e 4 do questionário final.

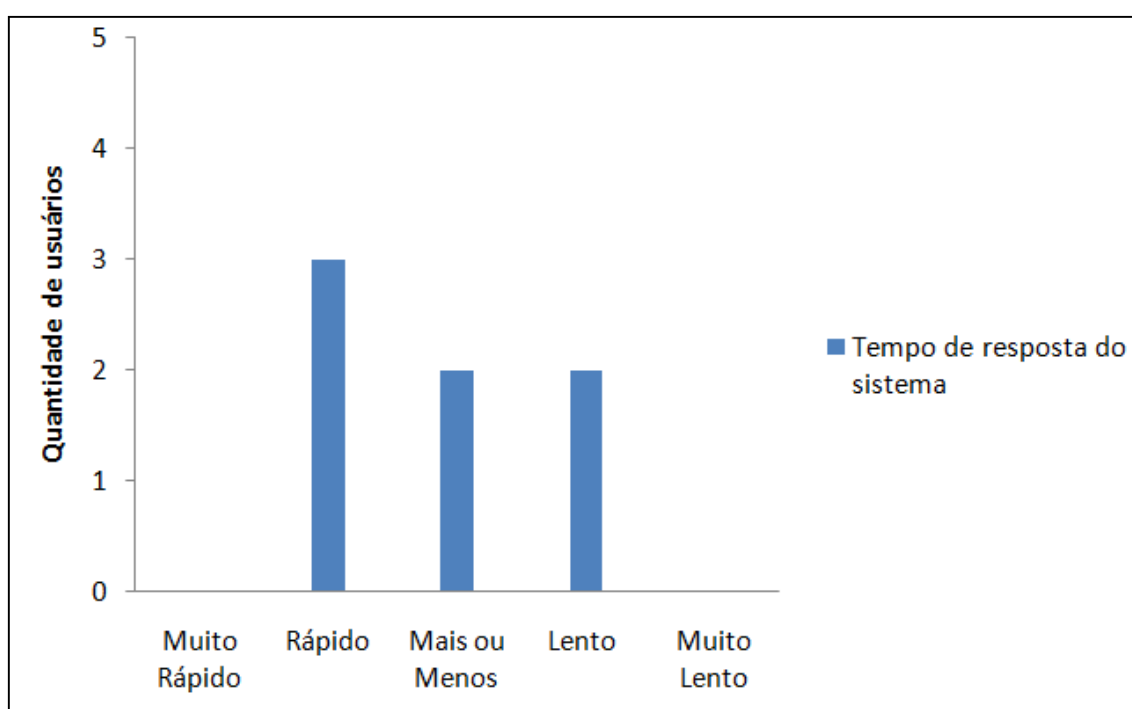


Gráfico 10. Resposta à pergunta 5.

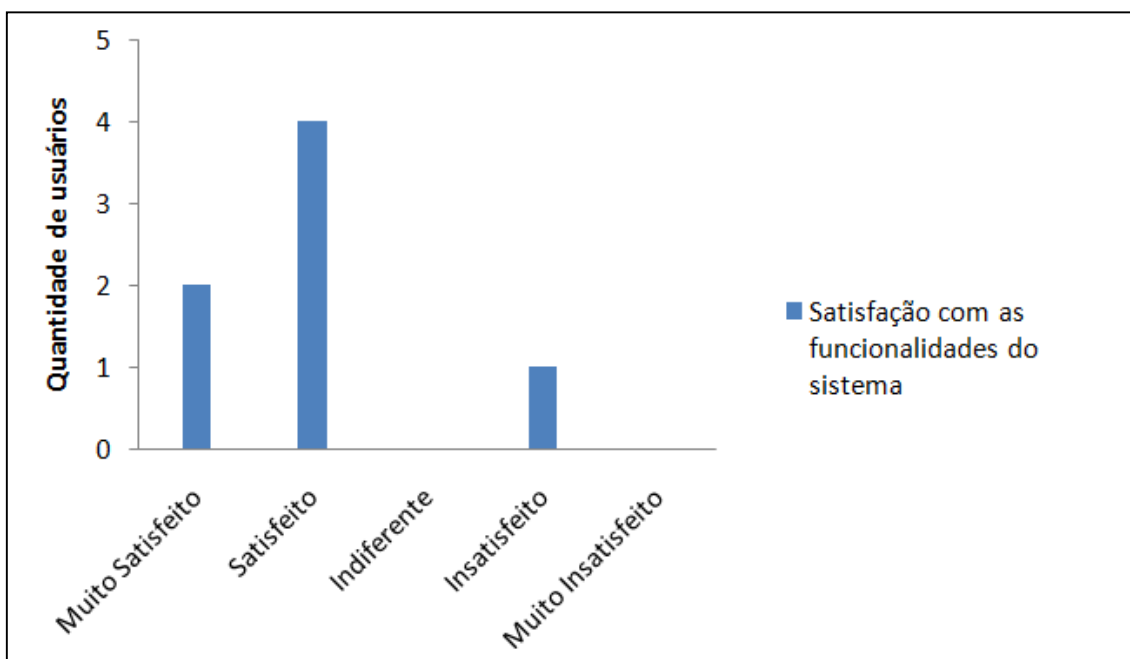


Gráfico 11. Resposta à pergunta 10.

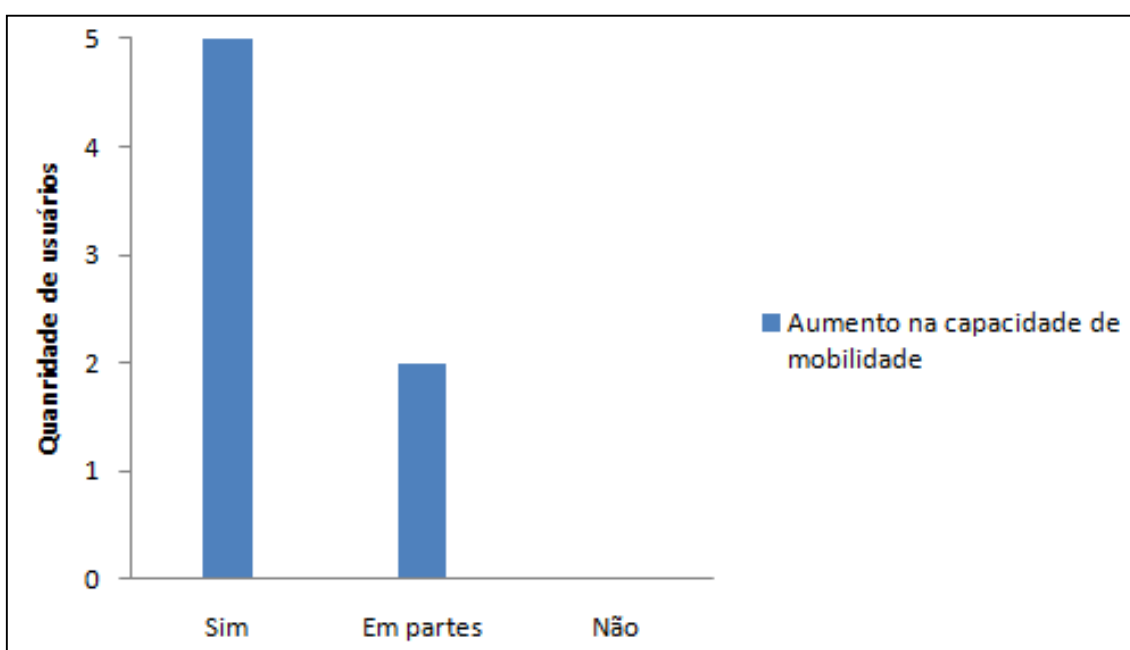


Gráfico 12. Resposta à questão 11.

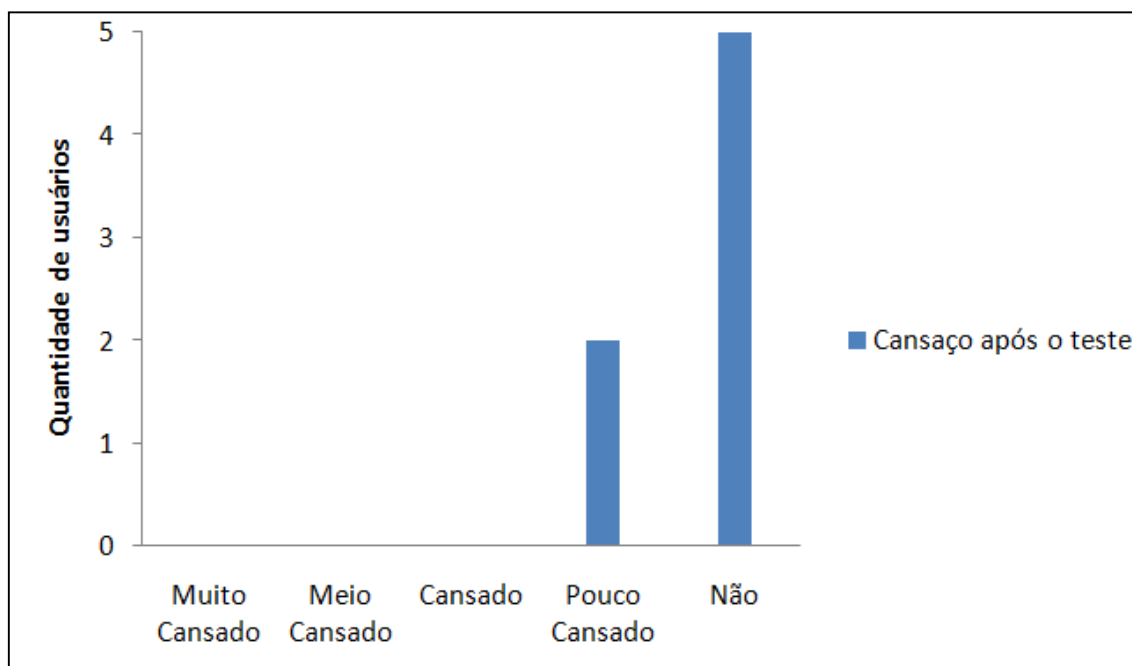


Gráfico 13. Resposta à questão 12.

As perguntas 6, 7 e 8 foram abordadas na descrição dos problemas identificados.

Para as perguntas relativas ao desempenho do sistema, duas pessoas relataram como ruim o atendimento às necessidades, devido a problemas no funcionamento do dispositivo. O restante avaliou positivamente.

Com relação à interface, nenhum problema foi relatado, considerando a interface apenas a tela do *notebook*. Porém, ao estender a análise para a CRM como um todo, a questão interação e conforto se mostrou um problema de interface com o dispositivo, conforme relatos na verbalização retrospectiva.

Para as questões acerca da facilidade de aprendizado e utilização do sistema, apenas um usuário as considerou difíceis, evidenciando a necessidade de treinamento para adaptação com a TA, conforme citado por Lauer et al. (2006) e Braccialli(2007)

Já o tempo de resposta do sistema pode ter causado uma ambiguidade de compreensão, entre o tempo de resposta do sistema ao estímulo, e a velocidade da CRM. Tais questões foram levantadas por usuários e desenvolvedores como um problema de usabilidade.

Tendo em vista as respostas à pergunta 10 acerca da satisfação com o sistema, pode-se perceber que a maioria dos usuários, apesar dos problemas encontrados, se mostrou satisfeita. Apenas um usuário que não controlou a CRM por limitações do dispositivo se mostrou insatisfeito. Mesmo o outro usuário que também não conseguiu realizar o teste completo não respondeu negativamente à pergunta. Esta forma de

avaliação é peculiar, uma vez que o usuário pode se sentir intimidado a apenas fornecer respostas positivas relativas ao teste, evidenciando a necessidade da realização de diversas formas de avaliação. Como foi mostrado também na pergunta 11 sobre o aumento na capacidade de mobilidade, mesmo o sistema não funcionando corretamente com dois participantes, nenhum dos dois respondeu negativamente.

Em relação à pergunta 12, o sistema não causou cansaço durante os testes. No entanto, ressalta-se que o teste foi realizado em cerca de 20 minutos, apenas uma vez, tempo insuficiente para um cansaço maior quando comparado ao uso contínuo do sistema.

Analisando-se então o questionário e os problemas relatados na verbalização retrospectiva, percebe-se que os problemas parecem ter sido ocultados em algumas respostas, evidenciando a necessidade do aperfeiçoamento na elaboração das questões, de modo a evitar respostas ambíguas e a coerção do usuário. E ainda, o uso de outras formas de avaliação para tentar abranger todos os aspectos do sistema.

Este capítulo descreveu o método de avaliação de usabilidade empírico. Este método apresentou o ponto de vista dos usuários acerca da TA desenvolvida, por meio de testes e questionários onde os mesmos relataram sua experiência, apontando problemas de usabilidade encontrados. Foi colocada, também, a necessidade do uso de diversas formas para se obter informações dos usuários, de modo a evitar viés nos resultados.

Capítulo 6

CONCLUSÃO

Este trabalho buscou entender os diferentes pontos de vista envolvendo usuários e desenvolvedores de TA, por meio da ponderação heurística e testes do sistema de comando de uma CRM de forma alternativa, utilizado como estudo de caso. Para isto, foi proposta uma lista de heurísticas para avaliação e ponderação e um sistema desenvolvido para controle da CRM.

Com relação à lista de heurísticas propostas com a finalidade de avaliar TA em mobilidade e controle alternativo de CRM, verificou-se uma escassez na literatura de estudos focados em parâmetros de avaliação para sistemas do gênero. Porém, uma vez que usabilidade é uma avaliação de um produto específico, em situações de uso específico (Preece et al., 2002), são necessários parâmetros específicos para abranger todas suas funcionalidades.

A lista foi elaborada baseando-se na revisão sistemática realizada, utilizando as palavras-chave: *assistive technology*, *heuristics and mobility*. Porém, alguns autores podem utilizar sinônimos (Buehler et al, 2012) para o termo “heurísticas” como, por exemplo, diretrizes ou parâmetros. Assim, esta busca prejudicaria as informações levantadas. Ressalta-se que a opção pelo o termo “heurísticas” foi escolhida baseada no próprio nome da avaliação: “avaliação heurística”.

A lista abrange aspectos gerais acerca da TA, desde seu princípio de funcionamento e desenvolvimento até fatores relacionados ao seu uso como produto. Exemplo disso é o item 23 “acessibilidade e suporte”, incluindo assim algumas etapas do design de um produto (Torrens, 2015). Por envolver diversos profissionais ao longo deste processo, como fabricantes e profissionais da saúde que prescreverão o produto e acompanhará seu uso, esta lista deve ser analisada sob o ponto de vista dos demais envolvidos também. Para que o produto desenvolvido tenha maiores índices de aceitação, todos devem estar alinhados acerca das expectativas sobre o mesmo.

Com relação à ponderação heurística, apesar da diferença na priorização de algumas heurísticas, percebe-se que alguns itens (22 "Estética", 23 "Acessibilidade e suporte", 24 "Ajuda e documentação") não estão sob responsabilidade exclusiva do desenvolvedor, ressaltando a necessidade de consultar outras partes envolvidas na

pesquisa. Já para os itens que apresentaram diferença, como: 2 "Portabilidade", 3 "Integração", 4 "Autonomia na inicialização do sistema", 6 "Liberdade e controle, 13 "Segurança e confiabilidade", 14 "Prevenir erros", 15 "Minimizar o comprimento do processo", 16 "Flexibilidade e eficiência de uso", 19 "tempo de resposta", 21 "consistência" e 25 "Eficácia", eles necessitam de maior atenção por parte dos desenvolvedores.

Ressalta-se também a necessidade de aproximar as partes envolvidas para que sejam levantados requisitos para o sistema e possibilidade de atendê-los, etapas citadas em Torrens (2015), para que o produto entregue esteja em conformidade com o esperado, garantindo maiores índices de aceitação, uma vez que Lauer et al. (2006) e Braccialli (2007) citaram a falta de participação do usuário no desenvolvimento e seleção do produto como fator para abandono do mesmo.

Com relação aos testes realizados, procurou-se fazer com que usuário e especialista vivenciassem a mesma experiência, onde características como tempo para treinamento, percurso a ser realizado, local e sistema desenvolvido foram idênticos. Com essa intenção de padronização, desafios foram encontrados como, por exemplo, a dificuldade e disponibilidade dos voluntários com deficiência chegarem ao local. Assim, cogitou-se repetir o teste com intervalo de alguns dias no intuito de verificar novas impressões e confirmar as iniciais. Contudo a agenda de cada participante tornou inviável esta opção.

Outra dificuldade para realização dos testes, citada como problema de interface, foi a ergonomia da cadeira de rodas, pelo fato de haver apenas um modelo para a realização da pesquisa e voluntários com biótipos diferentes. Neste sentido, desconfortos quanto ao apoio de cabeça e pés foram citados.

Os testes realizados para avaliação empírica envolveram usuários com diferentes níveis de comprometimento motor e experiência com CRM. Tal fato permitiu realizar observações importantes como, por exemplo, quanto ao dispositivo utilizado. Para dois usuários, foi impossível comandar a CRM com o mesmo, para quatro foi difícil manter a cabeça parada no intuito de não perder a calibração; porém, para um voluntário, o sistema se mostrou adequado às suas necessidades. Usuários com experiência prévia em CRM já estavam adaptados à dinâmica da cadeira como, por exemplo, na execução de curvas já sabiam o que esperar do sistema, diferentemente de alguns que não se sentiram confiantes, sugerindo deixá-las automáticas.

Os testes foram realizados em ambiente controlado, delimitado por cones, para evitar qualquer risco associado ao comando da CRM. Ressalta-se que o método de avaliação de usabilidade empírico avalia o produto em seu contexto de uso, situações que podem não apresentar a segurança providenciada, como por exemplo, num ambiente público externo. Porém, como foi o primeiro teste realizado no qual foram encontrados muitos problemas de interface, sugere-se que testes em ambientes mais hostis sejam providenciados apenas quando a tecnologia estiver robusta e, além disso, quando usuários se sentirem plenamente confiantes em testá-la em ambientes controlados. Neste contexto, sugere-se a adoção de níveis progressivos de teste como, por exemplo: quando a tecnologia avaliada não apresentar mais problemas de interação em ambientes controlados, passar para uma nova etapa onde os testes sejam realizados em ambientes familiares para os usuários. Quando os problemas de interface de ambientes familiares forem resolvidos, realizar finalmente os testes em ambientes públicos. Acredita-se que esta estratégia possa motivar a confiança do usuário, além de garantir a segurança e resposta do sistema às novas exigências de cada etapa.

Em relação ao sistema desenvolvido, dois usuários não conseguiram utilizá-lo, mostrando que alguns abandonos ou desuso da tecnologia se devem ao fato da condição física do usuário não ser compatível com o sistema existente, conforme relatado por Da Cruz & Emmel (2014), onde 7,20% dos participantes abandonaram dispositivos de TA por não possuírem condição física de utilizá-los. Outra razão possível é devido aos usuários apresentarem mudanças nas suas necessidades e prioridades, devido à deficiência motora (Phillips & Zhao, 1993).

Segundo apresentado por Braccialli (2007), quesitos para uso efetivo da TA como: “atender as necessidades do usuário e apresentar de forma confortável e segura” não foram completamente atendidos pelo sistema desenvolvido, tendo em vista os problemas identificados como: desconforto no apoio de cabeça, desconforto ao manter a cabeça parada, falha na comunicação do dispositivo, incapacidade do dispositivo de reconhecer alguns usuários e incapacidade de funcionar em ambiente aberto (com a luz do sol).

Conforme observado na realização dos testes, e ressaltados por usuários, treinamentos são fundamentais para bom desempenho do usuário no uso da TA, assim como melhor entendimento e aceitação; este fator também foi apresentado por Wessels et al.(2003).

Foram observados, na avaliação do sistema, pelo menos 5 fatores dos 13 citados por Wessels et al. (2003) como fatores que levam ao desuso da TA na avaliação do sistema desenvolvido: dificuldade no uso, segurança, mau funcionamento ou falhas no dispositivo, dor ou desconforto e incompatibilidade. Dessa forma, a realização de testes de usabilidade pode servir como meio para identificação de problemas que podem ser a causa do desuso de dispositivos.

Os desenvolvedores conseguem identificar muitos problemas, e pensar em soluções para melhorar, porém, a consulta ao usuário é fundamental, visto que o mesmo apresenta vivências únicas. A diferença na quantidade de problemas identificados por cada grupo evidencia a necessidade de consultar ambas as partes, pois, se o objetivo é aumentar as taxas de aceitação da TA, o interessado deve ser consultado no contexto do desenvolvimento. Este fator também foi citado por Braccialli (2007) e Phillips & Zhao (1993). E se o desenvolvedor é quem irá projetar, é interessante conhecer pontos de vistas de outros desenvolvedores para pensar em soluções mais eficazes.

Nesta pesquisa ficou evidente a necessidade tanto dos testes analíticos como empíricos, pois ambos identificaram problemas de interface diferentes (pelo ponto de vista dos desenvolvedores, dez problemas foram encontrados, e pelo lado dos usuários doze problemas foram encontrados). Sugere-se realizar os testes analíticos primeiro, para apresentar aos usuários sistemas mais robustos, visto que muitos problemas foram identificados por ambos os grupos.

Verificou-se também a diferença nos problemas identificados no método empírico por questionários e por verbalização retrospectiva, onde os usuários responderam estar satisfeitos com o sistema, sem nem ao menos conseguir utilizá-lo. Isto indica que a abordagem por parte dos questionários deve ser feita de forma que o usuário se sinta à vontade em responder, tanto positivamente quanto negativamente, às perguntas, e que as mesmas englobem todas as impressões que o sistema possa lhe causar. Neste sentido, a realização do teste empírico por questionários por outro observador diferente do que procedeu a verbalização retrospectiva poderá contribuir para não influenciar as respostas dos usuários.

Por meio de estudos de usabilidade abordados foi possível encontrar diversos problemas identificados como fatores que levam ao desuso de TAs. Caso estes problemas sejam resolvidos antes de o sistema desenvolvido virar um produto comercial, espera-se maiores taxas de aceitação do mesmo.

Assim, estudos de usabilidade para TA podem ser úteis para reduzir taxas de abandono e consequentemente promover maiores índices de aceitação por parte dos usuários. Estes fatores não dependem exclusivamente da tecnologia, pois são influenciados por questões psicológicas como pela própria aceitação da deficiência, acompanhamento profissional e familiar, e outras particularidades. Porém, é dever dos profissionais de Engenharia, como desenvolvedores, procurar atender todos os quesitos para uma boa aceitação da tecnologia, mesmo que algumas particularidades pareçam desafiadoras no desenvolvimento da TA.

Atualmente vale ressaltar que, com a demanda crescente por TAs, diversas soluções têm sido desenvolvidas e disponibilizadas no mercado, porém, estudos indicam um aumento nas taxas de abandono das mesmas ocasionado por diversos motivos. Esta pesquisa procurou realizar testes de usabilidade para verificar o ponto de vista de desenvolvedores e usuários sobre a TA desenvolvida para comando alternativo de uma CRM.

Verificou-se que desenvolvedores e usuários pensam diferente sobre a mesma solução, por isso a necessidade de promover discussões acerca do desenvolvimento da tecnologia, bem como consultar outros profissionais, tais como fabricantes e profissionais da saúde das diversas modalidades envolvidas.

Com base nos resultados obtidos nesta pesquisa, por meio de testes de usabilidade, vários problemas relacionados com os motivos que levam ao abandono foram encontrados. Dessa forma, sugere-se que novos testes de usabilidade sejam realizados com a TA para aumentar sua efetividade, promover seu uso e consequentemente reduzir índices de abandono.

Os métodos utilizados se mostraram úteis para encontrar problemas de interface, atentando para os possíveis vieses de utilizar apenas questionários como forma de avaliação. Por fim, para a avaliação heurística foram propostos 25 itens para avaliar a TA desenvolvida, que também pode servir para analisar outros dispositivos em TA, além de orientar tanto usuários na escolha da tecnologia quanto funcionar como guia para desenvolvimento.

Para trabalhos futuros, sugere-se uma melhoria no projeto do sistema desenvolvido para atender às sugestões dos usuários e desenvolvedores consultados, e a realização de uma nova avaliação englobando também outros profissionais. Sugere-se também que outros produtos de TA, já comercializados, que sejam familiares para os

profissionais envolvidos, e que tiveram elevados índices de abandono, sejam avaliados por meio da estratégia proposta neste trabalho.

IV. Referências

BARRETO, A. M., "*Eye tracking* como método de investigação aplicado às ciências da comunicação", Revista Comunicando 1.1, pp. 168-186, 2012.

BATAVIA, A. I.; HAMMER, G. S. Toward the development of consumer-based criteria for the evaluation of assistive devices. *Journal of rehabilitation research and development*, v. 27, n. 4, p. 425-436, 1990.

BB Crédito Acessibilidade. Disponível em <<http://www.bb.com.br/portalbb/page17,19314,19314,0,0,1,1.bb>>. Acesso em 21 de março de 2016.

BERSCH, R.. INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA ASSISTIVA. Porto Alegre - RS: Cedi - Centro Especializado em Desenvolvimento Infantil, 2013.

BORYCKI, E., KUSHNIRUK, A., & CARVALHO, C. (2013). A methodology for validating safety heuristics using clinical simulations: identifying and preventing possible technology-induced errors related to using health information systems. *Computational and mathematical methods in medicine*, 2013.

BRACCIALLI, L. M. P.. Tecnologia assistiva: perspectiva de qualidade de vida para pessoas com deficiência. In: Roberto Vilarta; Gustavo Luis Guierrez; Teresa Helena P Freire de Carvalho; Aguinaldo Gonçalves. (Org.). Qualidade de vida e novas tecnologias. Campinas: IPES, p. 105-114, 2007.

BRASIL - SDHPR. – Comitê de Ajudas Técnicas – ATA VII. Disponível em <http://www.infoesp.net/CAT_Reuniao_VII.pdf>. Acesso em janeiro de 2016.

BRASIL. Secretaria de Direitos Humanos da Presidência da República (SDH/PR) / Secretaria Nacional de Promoção dos Direitos da Pessoa com Deficiência (SNPD), VIVER SEM LIMITE - Plano Nacional dos Direitos da Pessoa com Deficiência: SDH-PR/SNPD, 92 p., 2013.

BUEHLER, A. M. et al. Diretrizes metodológicas: elaboração de revisão sistemática e meta-análise de estudos diagnósticos de acurácia. Brasília: Ministério da Saúde.[sd].

Disponível em:< http://200.214.130.94/rebrats/publicacoes/dbrs_Diagn_v_final.pdf>. p.3,5,7> Acesso em julho de 2016.

CENSO. Cartilha do Censo 2010: Pessoas com Deficiência. Brasil: Secretaria Nacional de Promoção dos Direitos da Pessoa com Deficiência, 2010.

DA CRUZ, D. M. C.; EMMEL, M. L. G.. Políticas Públicas de Tecnologia Assistiva no Brasil: Um Estudo Sobre a Usabilidade e abandono por Pessoas com Deficiência Física/Assistive Technology Public Policies in Brazil: A Study About Usability and Abandonment. **Revista FSA (Faculdade Santo Agostinho)**, v. 12, n. 1, p. 79-106, 2014.

FERREIRA, AB de H. Novo Dicionário Aurélio da Língua Portuguesa. Editora Positivo, 2004.

FRANKLIN, F. F. Heurísticas de Usabilidade para Sistemas Colaborativos Remotos de Realidade Aumentada. 2014. 104 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Ciência da Computação, Centro de Informática, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2014.

GERHARDT-POWALS, J. Cognitive engineering principles for enhancing human-computer performance. **International Journal of Human-Computer Interaction**, v. 8, n. 2, p. 189-211, 1996.

HAIR, J. F., ANDERSON, R. E., TATHAM, R. L.,BLACK, W. C.,“Análise multivariada de dados”, 5th ed., Porto Alegre: Bookman, 2005.

JACOB, R. J. K.. The use of eye movements in human-computer interaction techniques: what you look at is what you get. **ACM Transactions on Information Systems (TOIS)**, v. 9, n. 2, p. 152-169, 1991.

JORDAN, P. W. An Introduction to Usability. Londres: Taylor & Francis Ltda., 1998.

LAUER, A; RUST, K. L; SMITH, R. O. ATOMS Project Technical Report - Factors in Assistive Technology Device Abandonment: Replacing “Abandonment” with “Discontinuance”y (R2D2) Center, Assistive Technology Outcomes Measurement Lansdale, M. W., and T. C. Ormerod. "Understanding interfaces: A handbook of human-computer interaction", 1994.

NEVINS B. Gaps in the models. In: *Technology for independent living*. Washington, DC: American Association for the Advancement of Science: p. 107-11, 1982.

NIELSEN, J.. Why you only need to test with 5 users. 2000.

NIELSEN, J.. Usability inspection methods. In: **Conference companion on Human factors in computing systems**. ACM. p. 413-414, 1994.

PHILLIPS, B.; ZHAO, H.. Predictors of assistive technology abandonment. **Assistive technology**, v. 5, n. 1, p. 36-45, 1993.

PRATES, R. O.; BARBOSA, S. D. J.. Avaliação de Interfaces de Usuário—Conceitos e Métodos. In: **Jornada de Atualização em Informática do Congresso da Sociedade Brasileira de Computação, Capítulo**. 2003.

PREECE, J.; ROGERS, Y.; SHARP, E. (2002) *Interaction Design: Beyond Human-computer Interaction*. New York, NY: John Wiley & Sons, 2002.

SAFFER, D.. *Designing for interaction: creating innovative applications and devices*. New Riders, 2010.

SAMPAIO, R. F.; MANCINI, M. C.. Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica. *Braz. J. Phys. Ther.(Impr.)*, v. 11, n. 1, p. 83-89, 2007.

System Project (ATOMS Project), 2006. Disponível em <<http://www.r2d2.uwm.edu/atoms/archive/technicalreports/tr-discontinuance.html#references>>. Acesso em fevereiro de 2016.

TORRENS, G.. An evaluation of the potential order and priority of research methods, design methods and design heuristics within an Assistive Technology new product development process. 2015. Tese de Doutorado, Loughborough University. © George Edward Torrens.

TSUI, K. M. et al. A process for developing specialized heuristics: Case study in assistive robotics. **Computer Science Tech Report**, v. 11, 2009.

TSUI, K. M. et al. Developing heuristics for assistive robotics. In: Human-Robot Interaction (HRI), 2010 5th ACM/IEEE International Conference on. IEEE. p. 193-194, 2010.

VERZA, R; LOPES C., M. L., BATTAGLIA M. A.; MESSMER U. M. An interdisciplinary approach to evaluating the need for assistive technology reduces equipment abandonment. Multiple Sclerosis; v. 12, p. 88-93, 2006.

WARDLE, D. A., "The time delay in human vision", The Physics Teacher, Vol.36, Issue 7, p. 442-444, 1998.

WESSELS, R. et al. Non-use of provided assistive technology devices: a literature overview. Technology and Disability, Dec; v. 15, n. 4, p. 231-238, 2003.

ANEXO A

Publicações relativas ao estudo

XXV Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica – CBEB 2016

HEURÍSTICAS APLICADAS À AVALIAÇÃO DA USABILIDADE DE TECNOLOGIAS ASSISTIVAS EM MOBILIDADE

L. R. Borges* e E. L. M. Naves*

*Núcleo de Tecnologias Assistivas – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, Brasil

e-mail: borges.ludymila@gmail.com / web: www.nta.ufu.br

Resumo: Tecnologias Assistivas (TA) são recursos, dispositivos e serviços em prol da melhoria da qualidade de vida que auxiliam pessoas com deficiências. Dividida em 12 grandes áreas, dentre elas a mobilidade, se encontra em expansão em consequência do aumento na quantidade de pessoas com deficiência e/ou idosas no Brasil. Devido aos altos índices de abandono da tecnologia, este trabalho faz uma revisão na literatura de heurísticas que avaliam a usabilidade de TA em mobilidade. Ressalta-se ainda a importância de parâmetros para uma boa avaliação da tecnologia.

Palavras-chave: Tecnologia Assistiva, mobilidade, usabilidade, avaliação, heurísticas.

Abstract: Assistive Technologies (AT) are resources, devices and services created to improve the quality of life to assist people with disabilities. Divided in 12 major areas, such as mobility, at research is in expansion in consequence of the increased quantity of people with disabilities in Brazil. Due to the high amount of technology abandoned, this work does a literature review of heuristics that evaluates usability of AT in mobility. The importance of parameter for a good evaluation of technology was also presented.

Keywords: Assistive Technology, mobility, usability, evaluation, heuristics.

Introdução

Caracterizada por envolver áreas interdisciplinares que se integram para ofertar dispositivos, recursos, serviços e outros facilitadores, a Tecnologia Assistiva (TA) visa promover a ampliação de uma habilidade funcional deficitária para realização de tarefas [1].

Diante a grande quantidade de deficientes no Brasil, 23,9% da população brasileira [2], diversas soluções vêm sendo desenvolvidas na área de TA. Porém, cerca de 30% de todos os dispositivos adquiridos têm seu uso descontinuado entre o primeiro e o quinto ano de uso [3]. No estudo realizado por Phillips e Zao [3] dentre os dispositivos abandonados as maiores taxas foram para cadeiras de rodas com 46,2%. Foram realizados estudos [4 e 5] sobre os motivos para abandono da tecnologia e alguns fatores são apresentados:

- Dificuldade no uso (tamanho, peso, consumo de energia);
- Segurança;
- Instruções escritas complexas;

- Demora no tempo de inicialização;
- Mau funcionamento ou falhas no dispositivo;
- Dor ou desconforto;
- Custo de manutenção;
- Propriedade danificada;
- Nunca foi utilizado ou instalado;
- Incompatibilidade (dispositivo errado);
- Falta de treinamento ou treinamento insuficiente;
- Ausência da participação do usuário no desenvolvimento e seleção da TA
- Desempenho ineficiente
- Baixa aceitação social
- Falta de motivação
- Dispositivos com funcionamento dificultoso
- Dispositivos com aparência não estética

Diante este cenário é necessário promover estudos para verificar se a TA entregue atende as necessidades do usuário. Observado que na TA os dispositivos devem ser customizados. Assim, são necessários estudos de usabilidade para mensurar o quão utilizável, útil e satisfatório é a tecnologia em seu contexto de uso. Uma das avaliações de usabilidade é por meio de heurísticas.

Neste sentido, este trabalho teve como objetivo revisar a literatura em busca por heurísticas para avaliar a usabilidade de TA em mobilidade.

Materiais e métodos

A avaliação heurística é realizada por pequeno grupo (3 a 5 pessoas) de especialistas em interface homem-máquina (IHM) para julgar os elementos interativos da interface baseados num conjunto de heurísticas ou diretrizes (*guidelines*).

O primeiro passo para avaliação heurística é definir quais heurísticas se aplicam no contexto de análise. Desenvolvidas inicialmente em 1990 por Nielsen e Molich e posteriormente redefinidas em 1994 por Nielsen, as heurísticas de Jakob Nielsen [6] são provavelmente as mais utilizadas para avaliação de usabilidade. Porém para interfaces em geral, não com foco para necessidades do público de TA.

Assim, foi realizada uma revisão sistemática na literatura para busca de heurísticas em TA e mobilidade. A pergunta que norteou a pesquisa foi: Existem heurísticas para avaliar a usabilidade de tecnologias assistivas no campo da mobilidade?

As bases de dados utilizadas foram: *scielo*, *scopus*, *ieeeexplore*, *google scholar* e periódicos *capes*. As quais foram consultadas em julho de 2016. Utilizando as palavras-chave: *heuristics*, *assistive technology* and *mobility*.

Os artigos encontrados pela estratégia de busca foram avaliados e selecionados segundo os critérios:

Inclusão: citar heurísticas para avaliação de usabilidade de tecnologia assistiva ou de apoio

Exclusão: citar heurísticas para outros fins.

Ao total foram encontrados somente 3 trabalhos na base de dados do Google scholar e periódico *capes*:

- A Process for Developing Specialized Heuristics: Case Study in Assistive Robotics [7];
- Developing Heuristics for Assistive Robotics [8];
- A Methodology for Validating Safety Heuristics Using Clinical Simulations: Identifying and Preventing Possible Technology-Induced Errors Related to Using Health Information Systems [9];

Os dois primeiros trabalhos pertencem aos mesmos autores e apresentam a mesma proposta. Nestes trabalhos foi desenvolvido um conjunto de heurísticas para robótica assistida, com princípios adquiridos a partir da literatura. O qual foi aplicado em conjunto com as heurísticas clássicas de Nielsen, para avaliação de um sistema de braço robótico articulado. Apesar de não terem sido aplicadas a avaliação de TA em mobilidade, algumas das heurísticas propostas podem ser úteis para essa finalidade.

O terceiro trabalho encontrado apresenta métodos para prevenir ou reduzir erros induzidos pela tecnologia de Sistemas de Informações em Saúde (SIS). São propostas heurísticas para identificar as características ou funções de um SIS que podem levar a erros. As heurísticas foram validadas por meio de simulações clínicas. Porém, o trabalho não apresenta as heurísticas desenvolvidas e não é relacionado com mobilidade.

Resultados

Após análise dos trabalhos encontrados, não foram encontradas heurísticas específicas para TA em mobilidade. Foram encontradas para robótica assistida além das clássicas de Nielsen que podem servir de base para análise de TA. Todas as heurísticas encontradas estão listadas nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1 - Heurísticas propostas por Nielsen

| Heurísticas |
|---|
| Feedback |
| Combinação entre o sistema e o mundo real |
| Liberdade de controle/ saídas claramente demarcadas |
| Consistência |
| Prevenir erros |
| Minimizar a sobrecarga de memória do usuário |

| |
|---|
| Flexibilidade e eficiência do uso |
| Design estético e minimalista |
| Ajudar os usuários a reconhecer, diagnosticar e recuperar-se de erros |
| Ajuda e documentação |

Tabela 2 - Heurísticas propostas por Tsui et al. [7,8]

| Heurística principal | Heurística secundária |
|---|---|
| Fornecer quantidades adequadas de informação para a tomada de decisão, bom tempo e previsão | 1. Mostrar o que o sistema está fazendo e em que estado ele está |
| | 2. Fornecer consciência opção para permitir que os tomadores de decisão para saber quais cursos de ação estão disponíveis, quais as suas probabilidades de sucesso são, e quais os seus custos relativos. |
| | 3. Fornecer informação histórica suficiente para compreender as tendências e fazer previsões |
| Uso a longo prazo existente e memória de trabalho | 4. Minimizar o comprimento do processo |
| | 5. Fornecer consistência e padrões |
| | 6. Explora conhecimento prévio do mundo (se razoável) |
| | 7. Fornecer conhecimentos na interface para que as pessoas não tenham que se lembrar |
| Reduzir o tempo de processamento motor | 8. Acomoda a capacidade de escolher entre os dispositivos de acesso |
| | 9. Atalhos de apoio |
| Reduzir os ciclos de processamento mental | 10. Use linguagem simples |
| Apoiar a flexibilidade para combinar com diferentes expectativas | 11. Evitar que o usuário tenha que fazer traduções mentais |
| | 12. Fornecer várias maneiras de acessar uma função / concluir uma tarefa |
| | 13. Fornecer controle do usuário e liberdade de ações |
| | 14. Ser consistente com a forma como o cérebro humano processa informações |
| | 15. Habilitar personalização da interface e retenção de preferências do usuário |
| Ajuda na percepção | 16. Fornecer design estético e minimalista |
| | 17. Conteúdo presente apropriadamente |
| Garantir a segurança | 18. Certifique que o robô não tem uma forma física que pode induzir a lesão |
| | 19. Certifique que o robô não tem comportamentos que podem induzir lesão |
| | 20. Fornecer mecanismos prova de falhas |
| Evitar erros | 21. Fornecer ajuda sensível ao contexto quando perguntado |

| | |
|----------------------------------|---|
| Maximizar a confiança do usuário | 22. Evitar erros de captura |
| | 23. Impedir erros de descrição |
| | 24. Impedir modos de erros |
| | 25. Certifique que o robô executa de maneira previsível |
| | 26. Certifique que o robô executa de acordo com normas sociais educadas |
| | 27. Fornecer feedback e interação que coincide com habilidades técnicas |
| | 28. Reduzir ansiedade |

As definições e conceitos das heurísticas não foram acrescentados neste trabalho devido ao limite de páginas estabelecido.

Discussão

As heurísticas propostas por Tsui *et al.* [7,8] além de incluir algumas das heurísticas de Nielsen incluem outros conceitos que abordam características que devem ser analisadas em uma interface de robótica assistida.

Tsui *et al.* incluem a possibilidade de analisar a escolha entre os dispositivos de acesso como relatado na heurística 8, diferente de Nielsen onde os dispositivos de entradas de dados não eram considerados para avaliação. Analisa a aceitação dos desejos dos usuários, ao incluir a heurística que avalia a possibilidade de habilitar personalização de interface e retenção de preferências do usuário (heurística 15). Incorpora conceitos relacionados com a forma física do dispositivo, como nas heurísticas 18, 19 e 20. E inclui uma análise no comportamento do robô, heurísticas 25, 26, 27 e 28, diferente de Nielsen, pois na época que desenvolveu as heurísticas gerais a robótica não estava tão avançada como nos dias de hoje.

Tsui *et al.* propõem também a inclusão de heurísticas secundárias detalhando heurísticas apresentadas por Nielsen, como no caso das heurísticas 1, 2 e 3 que sustentam a heurística principal "Fornecer quantidades adequadas de informação para a tomada de decisão, bom senso e previsão", que se assemelha aos domínios da heurística "Feedback" de Nielsen. A heurística 5 aproxima-se da heurística "Consistência". A heurística 6 possui os mesmos objetivos da heurística "Combinação entre o sistema e o mundo real". As heurísticas 16 e 17 apresentam mesmo objetivo que "Design estético e minimalista". Já as heurísticas 4, 7, 10, 11 e 14, sob a heurística principal "Reduzir os ciclos de processamento mental", parecem ser uma extensão da heurística "minimizar a sobrecarga de memória do usuário" de Nielsen. A 13, análoga à heurística "Liberdade de controle/ saídas claramente demarcadas". As 9, 12, 15 são similares com a descrição de "Flexibilidade e eficiência do uso". Também as heurísticas 21, 22, 23 e 24 derivadas da heurística principal "Evitar erros", inspirada na heurística "Prevenir erros" de Nielsen.

Apesar de se assemelhar às heurísticas de Nielsen, Tsui *et al.* fundamenta suas heurísticas sobre a perspectiva de Princípios de design, diretrizes de

acessibilidade, robótica e sistemas autônomos, psicologia da interação homem-computador, apoio à decisão dinâmica para a equipe de emergência e capacidade de processamento da informação, entre outros.

Conclusão

A TA vem para solucionar os desafios encontrados diariamente por pessoas com deficiência. Porém, devido aos fatores citados ela tem sido abandonada em um número considerável de casos. Diante disso, se fazem necessárias avaliações de usabilidade das tecnologias desenvolvidas, para garantir melhores índices de aceitação.

A avaliação heurística, como método de avaliação de usabilidade, visa encontrar problemas de interface nas etapas iniciais de desenvolvimento, facilitando assim eventuais correções de projeto. Foram citadas inicialmente em 1990 por Nielsen, heurísticas para avaliação de interfaces em contextos gerais. Porém, visando o público de TA, que apresenta contexto de uso e necessidades específicas, faz-se necessário o desenvolvimento e inclusão de novas heurísticas aplicadas a esse contexto específico. A adaptação das heurísticas existentes em conjunto com novas facilitaria a avaliação de importantes características nos elementos de interfaces que não eram comuns nos primórdios da avaliação heurística.

Esta lacuna na avaliação de TA em mobilidade pode explicar as altas taxas de abandono das tecnologias. Para isso, como sugestão para trabalhos futuros, propõe-se a criação de heurísticas baseadas nos fatores apontados como motivo para abandono de TA e nas heurísticas existentes. De tal forma, que se obtenha uma avaliação que incorpore as reais necessidades e exigências técnicas dos usuários.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq, à CAPES e à FAPEMIG pelo apoio financeiro para esta pesquisa.

Referências

- [1] Bersch R. Introdução à Tecnologia Assistiva. Porto Alegre - RS: Cedi - Centro Especializado em Desenvolvimento Infantil, 2013.
- [2] CENSO. Cartilha do Censo 2010: Pessoas com Deficiência. Brasil: Secretaria Nacional de Promoção dos Direitos da Pessoa Com Deficiência, 2010.
- [3] Phillips B, Zhao H. Predictors of assistive technology abandonment. *Assistive Technology*, 1993; v. 5, p. 36-45.
- [4] Braccialli LMP. Tecnologia assistiva: perspectiva de qualidade de vida para pessoas com deficiência. In: Roberto Vilarta; Gustavo Luis Guierrez; Teresa Helena P Freire de Carvalho; Aguinaldo Gonçalves.

- (Org.). Qualidade de vida e novas tecnologias. Campinas: IPES, 2007, v. , p. 105-114.
- [5] ATOMS Project Technical Report - Factors in Assistive Technology Device Abandonment: Replacing "Abandonment" with "Discontinuance"y (R2D2) Center, Assistive Technology Outcomes Measurement System Project (ATOMS Project), 2006. Disponível em <<http://www.r2d2.uwm.edu/atoms/archive/technicalreports/tr-discontinuance.html#references>>. Acesso em fevereiro de 2016.
- [6] Nielsen J. "Usability inspection methods." Conference companion on Human factors in computing systems. ACM, 1994.
- [7] Tsui KM, et al. A process for developing specialized heuristics: Case study in assistive robotics. Computer Science Tech Report, v. 11, 2009.
- [8] Tsui KM, et al. Developing heuristics for assistive robotics. In: Human-Robot Interaction (HRI), 2010 5th ACM/IEEE International Conference on. IEEE, 2010. p. 193-194.
- [9] Borycki E, Kushniruk A, Carvalho C. A methodology for validating safety heuristics using clinical simulations: identifying and preventing possible technology-induced errors related to using health information systems. Computational and mathematical methods in medicine, v. 2013, 2013.



ISSN(Online): 2320-9601
ISSN(Print): 2320-9798

International Journal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering

(An ISO 3297: 2007 Certified Organization)

Vol. 4, Issue 9, September 2016

Electric-Powered Wheelchair Control Using Eye Tracking Techniques

Ludymila Ribeiro Borges¹, Felipe Roque Martins¹, Eduardo Lázaro Martins Naves²

Masters' Students, Post-Graduation in Biomedical Engineering, Federal University of Uberlândia, Brazil¹

Professor, Dept. of Engineering Electric and Post-Graduation in Biomedical Engineering, Federal University of
Uberlândia, Brazil²

ABSTRACT: This paper presents a system to control an electric-powered wheelchair using the movement of the eye, through an infrared eye tracker sensor. Eye tracking techniques consists in recording the eye movements from a stimulus, and then determining where the individual is gazing at through interpolation of points. Thus, people who have some kind of severe motor disability would be able to control a wheelchair with the help of this technique, acquiring some autonomy in locomotion. According to the results obtained, this technique was a promising alternative to be considered.

KEYWORDS: Assistive technology; electric-powered wheelchair; eye tracking

I. INTRODUCTION

According to census data provided by Brazilian's IBGE in 2010, which shows the statistics of the population with disabilities every 10 years, currently there are approximately 45,606,048 people with disabilities in Brazil. Of these 45 million, 2.33% (about one million) are people who have cases of severe motor disability [1]. Data provided by the World Health Organization in 2011 showed that more than 1 billion people have some kind of disability. This represents approximately 15% of the world population [2].

Included in this number there are many cases of individuals who do not possess control over their lower and upper limbs, them being the targets of this research. Those individuals need affordable and efficient strategies to help in their daily activities. These needs became the objectives that have guided the development of new Assistive Technologies (AT) [3].

This work presents the control of an electric-powered wheelchair (EPW) through the eye movement as an alternative to use conventional wheelchairs, which are controlled by joystick.

II. RELATED WORK

Several solutions have been developed as attempts to provide greater autonomy for people with severe motor disabilities. In [4] the authors present difficulties encountered by people with motor neuron disease (MND), especially regarding the communication, and propose an augmented and alternative communication system (AAC) based on principles of eye tracking using a webcam, focusing mainly on the possibility of low cost and accessibility. In [5] the control of an assistive technology device is made using a simplified technique of EOG (electrooculography) to determine the direction of gaze in a range of $\pm 40^\circ$, both vertically and horizontally. By relying on electrodes for electrical signal collection and processing, this alternative requires a bit more preparation before using the system, such as positioning of the electrodes and a calibration process before each session. In [6] the authors present a proposal for a low cost device for eye tracking compatible with tablets, through webcam image processing. Unlike the previous works, this design takes into account the position of the head in their algorithm, allowing small movements of the head without immediate need for another calibration of the system in question. Although patients with motor neuron diseases have lost most of their voluntary movements, the degree of variability of stages of those diseases suggests that some of them still retain movement of the head and neck, so that an algorithm that adjusts itself to the movement of the head is an important part of the system. In [7] the authors question the difficulty that individuals with severe physical disabilities have in controlling an EPW, even with many of the alternative control systems currently developed. The eye tracking



ISSN(Online): 2320-9801
ISSN(Print): 2320-9798

International Journal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering

(An ISO 3297: 2007 Certified Organization)

Vol. 4, Issue 9, September 2016

technique is used as an alternative for these individuals, using image processing and model analysis of the eyeball (for object tracking) to estimate the direction of gaze. The device responsible for making the collection of images is attached to the user's head, with a camera positioned in front of the right eye, and the video signals are sent to the LabView interface for processing.

III. PRESENTATION OF THE MAIN CONTRIBUTION OF THE PAPER

The technique of tracking the eyeball position consists in calculating the point of interest of the user's gaze, how or what the user is looking at [8].

To create the eye tracking module was used a sensor for tracking the eyeball (eye tracker) from The Eye Tribe® and a microcomputer. The position on the screen that the user is looking at is calculated through a reflection in the pupil caused by an infrared that is emitted by the sensor in the user's eye direction. The reflection of this infrared is captured by the sensor which then uses proprietary algorithms to interpolate the direction of the user's gaze. The position is determined relative to a screen in which the person is looking and is represented by a pair of coordinates (x, y).

The dimensions of the sensor are 20 x 1.9 x 1.9 cm, it communicates with the computer via the USB 3.0 protocol, provides accuracy of 0.5° - 1°, works in ideal conditions in around 45-75 cm of distance and a calibration should be performed before each use, where the user must stand in front of a screen with the sensor directed to his eyes, as shown in the representation of the Fig. 1.



Fig. 1. User in front of an eye tracker sensor (source: <http://dev.theeyetribe.com/general/>)

The feedback that indicates that the sensor is properly detecting the eye position is given via the calibration software, in which is displayed the image of the eyes and the green light indicating the user's eye position, as shown in Fig. 2.



Fig. 2. Calibration interface of the system



ISSN(Online): 2320-9801
ISSN (Print): 2320-9798

International Journal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering

(An ISO 3297: 2007 Certified Organization)

Vol. 4, Issue 9, September 2016

The sequence of events that determines the correct functioning of the eye tracking module is shown in the simplified diagram of Fig. 3.

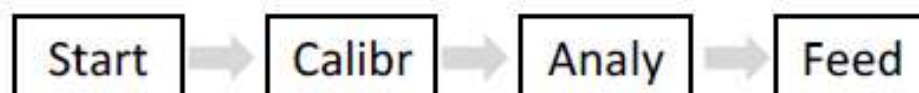


Fig. 3. Sequence of events of the eye tracking module

In the calibration the user is required to follow a circle that moves to certain key positions in the reference screen (either in a 3x3 grid, 3x4 grid or 4x4 grid, for a total of 9, 12 and 16 points, respectively). The possible results of the calibration are: Excellent, Good, Moderate, Poor and Rado. After this step, considering a result of good or excellent calibration, the sensor can now interpolate any position that the user is looking at the reference screen.

IV. PROPOSED METHODOLOGY

To validate the effectiveness of using an infrared sensor to control the EPW, a test was performed in which an experimental interface for control of the wheelchair was developed, as shown in Fig. 4.



Fig. 4. Interface to control the EPW through the eye tracking module

In order to create the experimental protocol, a total of 10 commands were generated for the user to look for a particular position (top arrow, bottom arrow, right arrow, left arrow and center square). To avoid learning bias (to prevent the user to memorize the sequence), the commands were created randomly.

For validation it was recorded the number of correct inputs and the sensor response time (the moment when the timer started counting until the computer recognized the position that the user was looking). It was considered only the first position that the volunteer looked at after the command. This study was conducted with 30 participants. According to [9], when you want to evaluate independent variables it is necessary to have a minimum sample of five individuals for each item to be evaluated, as a general rule. However, the same study shows that for a better evaluation it is recommended 15 to 20 observations for each variable, in order not to create very specific results, thereby allowing the generalization of the study. Considering that the variables were the sensor response time and the number of correct inputs, both being independent variables, the test was repeated for a total of 30 participants, all healthy participants who used first the calibration system and then the proposed protocol.

After the validation process it was performed a test with the electric-powered wheelchair in the Núcleo de Tecnologias Assistivas of the Federal University of Uberlândia (NTA-UFU), in which the user would control the wheelchair only through the eyes in an interface similar to that presented in validation process. The project was approved by the Ethics Committee CAAE 37756614.0.0000.5152.



ISSN(Online): 2320-9801
ISSN (Print): 2320-9798

International Journal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering

(An ISO 3297: 2007 Certified Organization)

Vol. 4, Issue 9, September 2016

V. EXPERIMENTAL RESULTS

As a result of the validation process it was obtained an average of 95% correct input cases, with an average response time of 27,73ms.

From those results, it was determined that the variable time is not a limiting factor for using this system. Wardle, in 1998, conducted an experiment to determine the time of perception of human vision, in which the user would press a button when a light was lit, and found that there was an average delay of 180ms between the time that the light was lit and the instant in which the button was pressed [10]. He also conducted the same experiment using sound signals, in which the user would press the button after hearing a beep, obtaining as a result an average delay of 140ms. Some effects were considered to explain these delays: time for the information to reach the sensory organs, time for information to reach the brain, for the brain to interpret it and then send the motor command to push the button. One can notice that vision takes about 40ms more than the hearing. Considering the gaze perception time is at least 40ms, the test sensor has a satisfactory response time, without limiting the application to CRM control.

In relation to the average value a statistical calculation based on the confidence interval was done. As the sample size was of 30, the population had a normal distribution and the population standard deviation was unknown it was used the student's t-distribution to calculate the 99% confidence interval. Thus the lower limit was 9.18, the average of 9.5 and the upper limit of 9.96. As such, with a confidence level of 99%, the mean score for the population is between 9.18 and 9.96, with 21 subjects (70% of the sample) with 100% of the score, over the confidence interval, six participants (20% of the sample) with 90% of the score, two participants (6.67% of the sample) with 80% of the score, and one participant (3.33% of the sample) with 70%. The graph of Fig. 5 shows the results obtained.

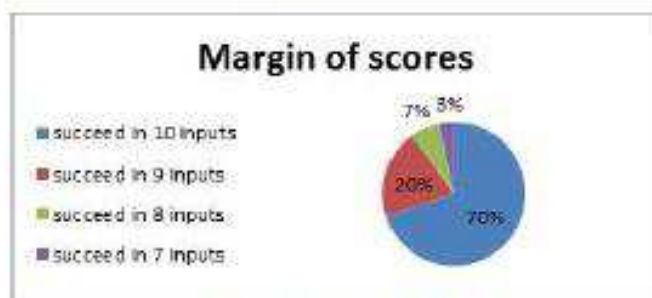


Fig. 5. Margin of correct inputs in the sample acquired

The boxplot graph generated from the sample data shown in Fig. 6 indicates that the median number is 10 correct inputs, average of 9.5 correct inputs, and indicates that the data are positively asymmetric, this type of graph is used to represent and evaluate an empirical data distribution, and it can be observed that most of the data obtained is close to its ideal values [11]. The graph of Fig. 7 shows the mean score (where is data distribution is concentrated, considering all samples) with the standard deviation. Through the standard deviation it is possible to see the dispersion among the samples [12].



ISSN(Online): 2320-9801
ISSN (Print): 2320-9798

International Journal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering

(An ISO 3297: 2007 Certified Organization)

Vol. 4, Issue 9, September 2016

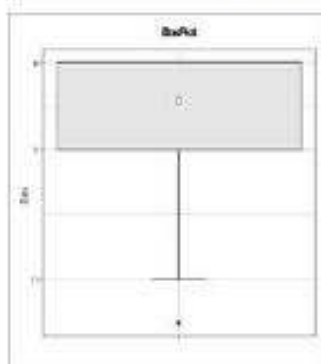


Fig. 6 Boxplot for the mean of correct inputs

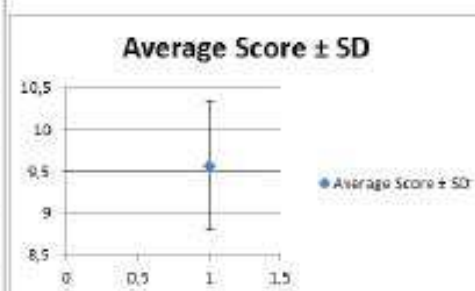


Fig. 7 Mean score and standard deviation

VI. CONCLUSIONS

After the validation of the eye tracking control module, each command was sent to an EPW adapted in NTA-UFU. Thus, for the control of an EPW for this module, the only need is that the user performs a calibration and then proceed to look at the command desired on the screen.

Tests conducted with volunteers indicated that the solution proposed meets with the needs of locomotion. Also there were some suggestions for some adjustments in future versions of the work, in order to improve the system. One of the most relevant considerations was that the presence of the notebook on the front seat might hinder the view of obstacles and environment ahead. Thus, it is recommended to use smaller displays compatible with the eye tracking module, such as tablets and smartphones.

Another important point was about keeping the head still, in order to not invalidate the calibration process made because of the change of the reference. It is noted that for users with immobility of the neck, which are the main targets of the system, this problem would not occur. It is suggested, for future versions, to create an automatic calibration every time the reference is lost.

Despite having some suggestions for improvements in future works, the module solution presented here was satisfactory to its initial objectives, providing greater autonomy in mobility for wheelchair users that are not able to move the upper limbs, thus not being able to make use of conventional forms of control.

VII. ACKNOWLEDGEMENT

The authors would like to thank the CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) for financial support, without which it would not be possible to conclude this research.

REFERENCES

1. Censo "Cartilha do Censo 2010: Pessoas com Deficiência", Brazil: Committee on the Rights of Persons with Disabilities, 2010.
2. World Health Organization, "World Report: world report on disability", pp. 1-23, 2011.
3. Berach, R., "Introdução À Tecnologia Assistiva", pp. 1-29, 2013.
4. Corso, F., Farinetti, L., and Signorile, I., "A cost-effective solution for eye-gaze assistive technology", Multimedia and Expo, 2002. ICME '02. Proceedings. 2002 IEEE International Conference on, Vol.2, pp. 433-436, 2002.
5. Steinhausen, N., France, R., and France, H., "A three sensor eye tracking system based on electrooculography", IEEE SENSORS 2014 Proceedings, pp. 1084-1087, 2014.
6. Karamchandani, H., Chao, T., Hobbs, D., and Mumford, L., "Development of a low-cost, portable, tablet-based eye tracking system for children with impairments", Proceedings of the international Convention on Rehabilitation Engineering & Assistive Technology, pp. 1-4, 2015.
7. Thakur, B., and Kulshrestha, K., "Eye controlled electric wheelchair", Computational Intelligence and Computing Research (CICIC), pp. 1-6, 2014.
8. Barreto, A. M., "Eye tracking como método de investigação aplicado às ciências da comunicação", Revista Comunicando 1.1, pp. 168-186, 2012.



ISSN(Online): 2320-9801
ISSN (Print): 2320-9798

International Journal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering

(An ISO 3297: 2007 Certified Organization)

Vol. 4, Issue 9, September 2016

9. Hair, J. F., Anderson, R. E., Tatham, R. L., Black, W. C., "Análise multivariada de dados", 5th ed., Porto Alegre: Bookman, 2005.
10. Wardle, D. A., "The time delay in human vision", The Physics Teacher, Vol.36, Issue 7, pp. 442-444, 1998.
11. Frigge, Michael, Hoaglin, David C., Iglewicz, Boris. Some implementations of the boxplot. The American Statistician, v. 43, n. 1, p. 50-54, 1989. APA
12. Barbosa, Pedro Alberto, Marcelo Mendes Reis, and Antonio Cesar Bornia. Estatística: para cursos de engenharia e informática. Vol. 3. São Paulo: Atlas, 2004.

BIOGRAPHY

Ludymila Ribeiro Borges is a graduate in Biomedical Engineering in 2014, participates in the Post-Graduation Program in Biomedical Engineering at University of Uberlândia developing her research in Assistive Technologies.

Felipe Roque Martins is a graduate in Biomedical Engineering in 2015; currently is part of the Post-Graduation Program in Biomedical Engineering at the Federal University of Uberlândia and member of the Núcleo de Tecnologias Assistivas (NTA). His research interests are Assistive Technologies, alternative control, biomedical sensors, etc.

Eduardo Lázaro Martins Naves received Master of Science degree in 2001 and Doctor of Science in 2006, both in the area of Biomedical Engineering. In 2006 he joined the School of Electrical Engineering UFU, where he works as a teacher and researcher to date. He is a member of the French research institute in assistive technology (Institut Fédératif de Recherche sur les Aides Techniques pour le Handicap or IFRATH) and coordinator of the Núcleo de Tecnologias Assistivas (NTA-UFU). Acts as coordinator and collaborator in various research projects in the fields of Biomechanics, Assistive Technologies and Rehabilitation Engineering.

ANEXO B

Protocolo Experimental - avaliadores: desenvolvedores

1. Posicionar o voluntário na CRM, ajustando altura de notebook, posição do dispositivo, reconhecimento do reflexo do olho, ajuste apoio de cabeça e apoio para pés.
2. Instrução sobre o funcionamento do sistema: "Este sistema permite comandar a cadeira de rodas pelo movimento dos olhos, por meio do dispositivo. Para isso é realizada uma calibração, onde um círculo percorre a tela e você deverá seguir com os olhos. Após esta etapa pede-se para não movimentar a cabeça para não perder a calibração. Então, aparecerá uma tela com as opções de comando da cadeira, com a seta para cima que indica a opção 'movimentar para frente', a seta para baixo que indica a opção 'movimentar para trás', a seta para direita que indica a opção 'rotacionar para direita', a seta para esquerda que indica a opção 'rotacionar para esquerda' e um quadrado no meio que envia o comando parar. Ao olhar cada opção o dispositivo reconhece esse comando e a cadeira realiza o movimento. não é necessário olhar para o dispositivo".
3. Deixar o usuário treinar livremente por 5 minutos.
4. Explicar o percurso 1, no qual o usuário deve se posicionar de frente a uma mesa, conforme Figura 1.

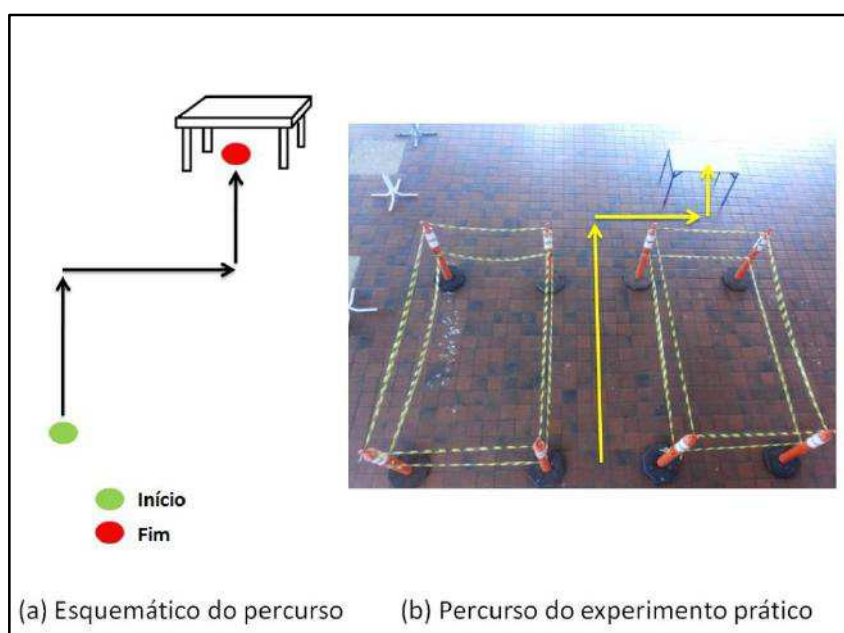


Figura 1. Percurso 1

5. Posicionar a CRM para início do percurso.
6. Iniciar o sistema, realizando outra calibração.

7. Contabilizar número de colisões, tempo gasto para realizar o percurso e filmar para análise de reações do usuário no uso do sistema.
8. Parar o experimento quando o objetivo é alcançado.
9. Explicar o percurso 2, no qual o usuário deve contornar obstáculos, conforme Figura 2.

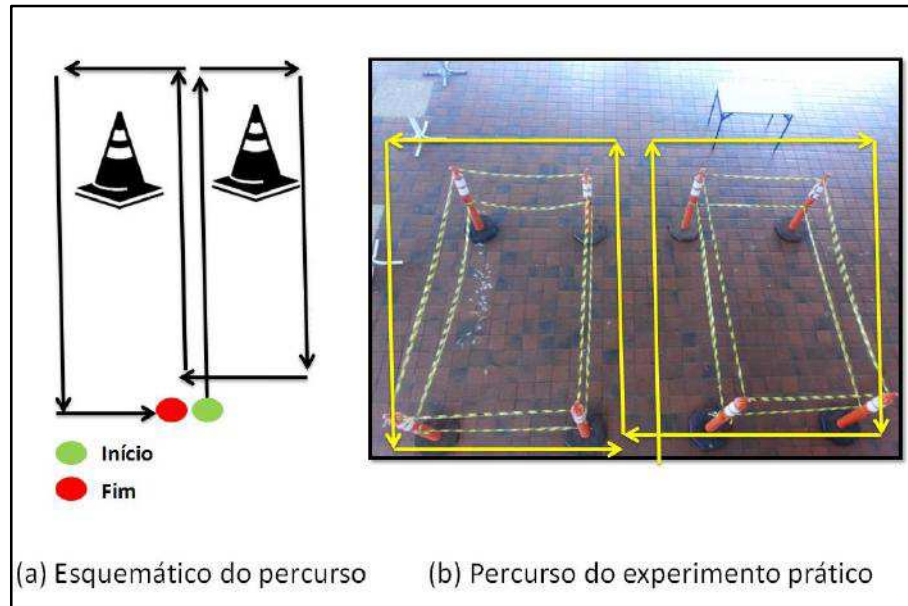


Figura 2. Percurso 2

10. Posicionar a CRM para início do percurso.
11. Iniciar o sistema realizando outra calibração.
12. Contabilizar número de colisões, tempo gasto para realizar o percurso e filmar para análise de reações do usuário no uso do sistema.
13. Para o experimento quando o objetivo é alcançado.
14. Promover uma discussão acerca das impressões do sistema, pedindo para o usuário relatar sua experiência e gravar para posterior análise.
15. Entregar o gabarito com a relação das heurísticas para registro e julgamento dos problemas encontrados.

ANEXO C

Gabarito para avaliação heurística

Julgue a conformidade do sistema, anotando os problemas encontrados com base nas heurísticas e julgue a gravidade dos mesmos (0 a 4). Gere um relatório individual com o resultado da sua avaliação com comentários adicionais.

Gravidade:

- 4 catastrófico,
- 3 problema grande,
- 2 problema pequeno,
- 1 problema cosmético (não precisa ser consertado),
- 0 não concordo que seja um problema

| Heurística | Gravidade | Observações |
|---|-----------|-------------|
| 1. Interação e conforto: Deve-se adequar o uso da interface ao(s) sentido(s) que se deseja aumentar e ao conforto do usuário. Exemplo: adequar postura numa cadeira de rodas e ajustar a posição dos sensores de forma que os dispositivos não causem incômodo aos usuários caso sejam utilizados por longos períodos de tempo. | | |
| 2. Portabilidade: Caso a tecnologia seja acompanhada de um software, o mesmo deve possuir capacidade de ser executado em diferentes plataformas (seja de hardware ou software). Exemplo: a aplicação deverá executar em diferentes hardwares (notebook, tablet, smartphones) e sistemas operacionais (Windows, Linux, OS X, Android, iOS, Windows Mobile). | | |
| 3. Integração: A interface deve ser versátil, permitindo o funcionamento junto com outros dispositivos e sistemas que o usuário já utiliza. Exemplo: controle de uma cadeira de rodas motorizada com um sistema de Comunicação Aumentativa e Alternativa. | | |

| | | |
|--|--|--|
| 4. Autonomia na inicialização do sistema: O sistema deve ser inicializado pelo usuário com deficiência, sem a necessidade de auxílio de outra pessoa. | | |
| 5. Autonomia na operação do sistema: O usuário deve ser capaz de operar o sistema de forma autônoma após treinamento, se aplicável. | | |
| 6. Liberdade de controle: Os usuários devem ter liberdade de escolha de tarefas de sequência (quando apropriado), ao invés de o sistema fazer isso por eles. Exemplo: O sistema deve permitir repetir e/ou desfazer uma ação, possibilitar uma "saída de emergência", caso o usuário tenha escolhido uma função errada na interface e evitar esse percurso. | | |
| 7. Feedback: O usuário deve receber continuamente informações do sistema sobre o que ele estiver fazendo. | | |
| 8. Design estético e minimalista: Deve-se apresentar exatamente a informação que o usuário precisa no momento, de forma clara e objetiva. | | |
| 9. Minimização da sobrecarga de memória do usuário: O sistema deve mostrar os elementos de diálogo de forma intuitiva, permitindo que o usuário faça suas escolhas sem a necessidade de lembrar um comando específico. | | |
| 10. Proteção contra forma física que possa provocar a lesão: A interface não deve causar qualquer tipo de lesão ao usuário. Exemplo: Não deve conter bordas afiadas que uma pessoa possa se cortar ou causar hematomas, articulações que podem machucar o usuário, ou quaisquer superfícies demasiadamente quentes para tocar. | | |

| | | |
|---|--|--|
| <p>11. Proteção contra comportamentos que possam provocar lesão: A interface não deve prejudicar uma pessoa involuntariamente. As informações devem ser apresentadas em combinações de cores, volumes, frequência, distância, contraste e tamanhos de forma a não causar fadiga à capacidade sensorial do usuário.</p> | | |
| <p>12. Mecanismos à prova de falhas: Saída de emergência que sobrepõe às ações do dispositivo e de fácil acesso e/ou componente que informa os danos do dispositivo sem prejudicar alguém ativa ou passivamente.</p> | | |
| <p>13. Segurança e confiabilidade: O sistema deve prever erros e evitá-los, estimulando a confiança do usuário. Exemplo: A velocidade de movimentação de uma cadeira de rodas motorizada deve ser adequada para encorajar o seu uso de forma confiável.</p> | | |
| <p>14. Prevenir erros: Evitar situações de erro. Conhecer as situações que mais provocam erros e modificar a interface para que estes erros não ocorram.</p> | | |
| <p>15. Minimização da duração do processo: O sistema deve ser capaz de automatizar alguns dos passos, evitando a repetição de tarefas do usuário. Exemplo: Evitar etapas que são desnecessárias para o usuário realizar.</p> | | |
| <p>16. Flexibilidade e eficiência do uso: A interface deve possuir atalhos para permitir que usuários experientes possam executar as operações mais rapidamente.</p> | | |
| <p>17. Capacidade de escolher entre os dispositivos de</p> | | |

| | | |
|---|--|--|
| <p>acesso: Quando possível, deve-se proporcionar diferentes formas de interação no ambiente para que o usuário possa escolher com base em sua preferência e habilidade. Exemplo: métodos de controle/comunicação adequado para pessoas de diferentes graus de deficiência.</p> | | |
| <p>18. Personalização da interface e retenção de preferências do usuário: Apoio ao ajuste dos níveis de aviso da interface. Localização de menus. Personalização da interface.</p> | | |
| <p>19. Tempo de resposta: O sistema deve ser rápido para entender as entradas de ação do usuário e facilitar a interação, porém, com uma velocidade adequada para a percepção pelo usuário. O tempo de resposta do sistema não deve atrapalhar o desenvolvimento da atividade.</p> | | |
| <p>20. Combinação entre o sistema e o mundo real: Explorar conhecimento prévio do mundo (se razoável), e utilizar linguagem própria do mundo do usuário e de fácil entendimento. As informações devem ser organizadas conforme o modelo mental do usuário.</p> | | |
| <p>21. Consistência: Um mesmo comando ou ação deve ter sempre o mesmo efeito, de forma padrão. A mesma operação deve ser apresentada na mesma localização e deve ser formatada/apresentada da mesma maneira para facilitar o reconhecimento. Deve haver significado entre a ação e o ícone relacionado ou opção de menu. Os usuários não devem ter que se perguntar se diferentes palavras, situações ou ações significam a mesma coisa.</p> | | |

| | | |
|--|--|--|
| 22. Estética: O sistema deve apresentar forma, peso e tamanho adequados, de forma a não causar constrangimento ao usuário. | | |
| 23. Acessibilidade e suporte: Disponibilidade da tecnologia no mercado atual e de fácil acesso ou possibilidade de comercialização. Suporte adequado em caso de mau funcionamento e treinamentos. | | |
| 24. Ajuda e documentação: A interface deve ser fácil de usar (intuitiva) e não necessitar de ajuda ou documentação. Se for necessária, a ajuda deve estar facilmente acessível on-line. | | |
| 25. Eficácia: O dispositivo deve fazer o que é proposto, satisfazendo as necessidades específicas do consumidor, sem comprometer outras necessidades importantes. | | |

ANEXO D

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convidado(a) para participar da pesquisa intitulada “Estudo de usabilidade de formas alternativas de comando de cadeira de rodas motorizada”, sob a responsabilidade dos pesquisadores Eduardo Lázaro Martins Naves e Ludymila Ribeiro Borges.

Esta pesquisa pretende proporcionar formas diferentes para comando de cadeiras de rodas motorizadas. Acredita-se que ela seja importante porque alguns indivíduos que possuem deficiências e se encontram incapazes de se locomover e de controlar uma cadeira de rodas de formas tradicionais necessitam de comandos alternativos para movimentarem a cadeira de rodas. Sendo assim, este estudo pretende viabilizar múltiplas formas para este comando.

A técnica utilizada se baseia no uso de rastreamento ocular (por meio da direção do olhar será possível realizar um movimento na cadeira).

O presente Termo de Consentimento Livre e Esclarecido será fornecido pela pesquisadora Ludymila Ribeiro Borges e deverá ser apresentado antes da realização do experimento no Núcleo de Tecnologias Assistivas da Universidade Federal de Uberlândia.

Durante sua participação, lhe serão apresentados dois questionários, um antes de iniciar o experimento e o outro após conhecer e experimentar o sistema desenvolvido. Você deverá também comandar a cadeira de rodas em ambiente real e relatar ao pesquisador toda impressão que os sistemas tenham lhe causado.

Em nenhum momento você será identificado, a não ser entre os responsáveis pelo estudo, sendo assegurado o sigilo sobre sua participação. Os resultados da pesquisa deverão ser publicados, porém ainda assim sua identidade será preservada.

Você não terá nenhum gasto e ganho financeiro por participar na pesquisa.

Os riscos envolvidos consistem na possível fadiga mental por acionar a cadeira de rodas de forma não convencional.

Os benefícios que se esperam com este estudo são: aprimorar as técnicas desenvolvidas, a partir das sugestões coletadas de todos os voluntários, e determinar as melhores técnicas para que em próximas etapas do projeto sejam implantadas para auxiliar usuários de cadeiras de rodas.

Você é livre para deixar de participar da pesquisa a qualquer momento sem que haja qualquer prejuízo ou coação por parte dos envolvidos.

Uma cópia deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido ficará com você, e a segunda cópia será arquivada pelos pesquisadores.

Qualquer dúvida a respeito da pesquisa, você poderá entrar em contato com: Eduardo Lázaro Martins Naves (34) 3239-4769; Ludymila Ribeiro Borges (34) 3239-4243 (borges.ludymila@gmail.com) – Universidade Federal de Uberlândia: Av. João Naves de Ávila, nº 2121, bloco A, sala 220, Campus Santa Mônica – Uberlândia –MG. Poderá também entrar em contato com o Comitê de Ética na Pesquisa com Seres Humanos – Universidade Federal de Uberlândia: Av. João Naves de Ávila, nº 2121, bloco A, sala 224, Campus Santa Mônica – Uberlândia –MG, CEP: 38408-100; fone: 34-32394131

Uberlândia, 01 de junho de 2016.

Eduardo Lázaro Martins Naves

Ludymila Ribeiro Borges

Eu aceito participar do projeto citado acima, voluntariamente, após ter sido devidamente esclarecido.

Participante da pesquisa

Eu, _____ responsável pelo
_____ autorizo e responsabilizo a
participação do mesmo no projeto descrito acima.

ANEXO E

Avaliação Tecnologia Assistiva em Mobilidade

Questionário para antes dos testes com usuários

1. Sexo

☐ masculino ☐ feminino

2. Idade

3. Escolaridade máxima

☐ Ensino Fundamental (1 o até 8 o série)

☐ Ensino Médio (1 o até 3o ano)

☐ Ensino Técnico

☐ Curso Superior

☐ Pós-Graduação

4. Tipo de deficiência(Exemplos):

☐ monoplegia: paralisia em um membro do corpo

☐ hemiplegia: paralisia na metade do corpo;

☐ paraplegia: paralisia da cintura para baixo;

☐ tetraplegia: paralisia do pescoço para baixo;

☐ amputado: falta de um membro do corpo.

☐ paralisia cerebral: lesão de uma ou mais áreas do sistema nervoso central

☐ distrofia muscular

☐ esclerose múltipla

☐ esclerose amiotrófica lateral

☐ lesão medular

☐ ataxia espinocerebelar - Machado - Joseph

☐ Outro:

5. A pessoa possui quais limitações ou dificuldades para locomoção?

6. Quanto tempo de deficiência:

7. Qual o seu grau de experiência com o uso de tecnologia assistiva?

☐ Excelente

☐ Ótimo

☐ Bom

☐ Ruim

☐ Péssimo

8. Qual o seu grau de experiência com uso de Internet?

☐ Excelente

☐ Ótimo

☐ Bom

☐ Ruim

☐ Péssimo

9. Você conhece Realidade Aumentada?

☐ sim

☐ não

10. Já abandonou alguma tecnologia assistiva?

☐ sim

☐ não

Se respondeu "sim" para questão anterior, quais dispositivos?

11. Você conhece alguma forma diferente de acionamento de cadeira de rodas, além dos convencionais como joystick ou manuais?

☐ Sim

☐ Não

12. Qual a relevância de se ter uma forma alternativa para controle da cadeira de rodas?

☐ Extremamente importante

☐ Muito importante

☐ Importante

☐ Pouco importante

☐ nada importante

13. Como você imagina um sistema para acionamento e controle de cadeira de rodas motorizado ideal?

ANEXO F

Protocolo Experimental - avaliadores: usuários

1. Aplicar questionário inicial
2. Posicionar o voluntário na CRM, ajustando altura de notebook, posição do dispositivo, reconhecimento do reflexo do olho, ajuste apoio de cabeça e apoio para pés.
3. Instrução sobre o funcionamento do sistema: "Este sistema permite comandar a cadeira de rodas pelo movimento dos olhos, por meio do dispositivo. Para isso é realizada uma callibração, onde um círculo percorre a tela e você deverá seguir com os olhos. Após esta etapa pede-se para não movimentar a cabeça para não perder a calibração. Então, aparecerá uma tela com as opções de comando da cadeira, com a seta para cima que indica a opção 'movimentar para frente', a seta para baixo que indica a opção 'movimentar para trás', a seta para direita que indica a opção 'rotacionar para direita', a seta para esquerda que indica a opção 'rotacionar para esquerda' e um quadrado no meio que envia o comando parar. Ao olhar cada opção o dispositivo reconhece esse comando e a cadeira realiza o movimento. não é necessário olhar para o dispositivo".
4. Deixar o usuário treinar livremente por 5 minutos.
5. Explicar o percurso 1, no qual o usuário deve se posicionar de frente a uma mesa, conforme Figura 1.

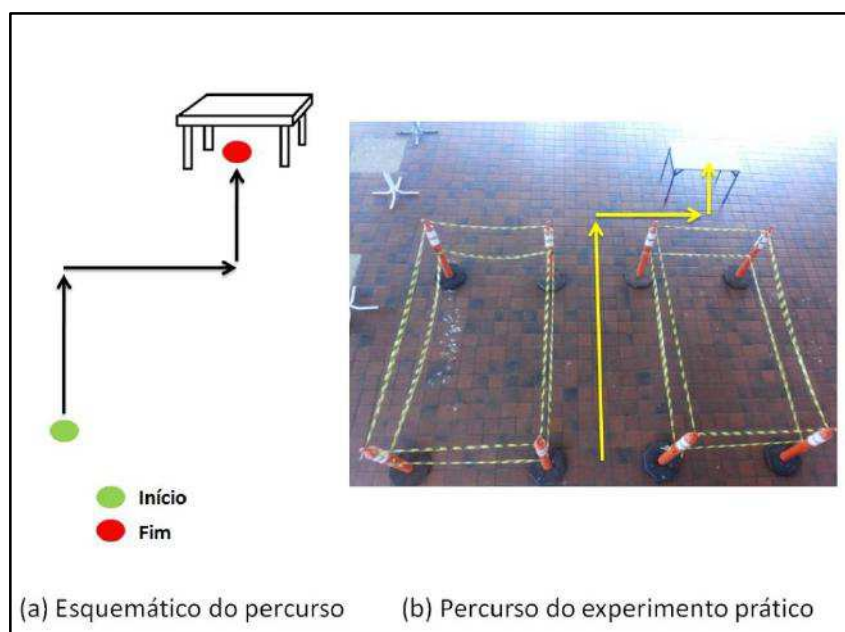


Figura 1. Percurso 1

6. Posicionar a CRM para início do percurso.

7. Iniciar o sistema, realizando outra calibração.
8. Contabilizar número de colisões, tempo gasto para realizar o percurso e filmar para análise de reações do usuário no uso do sistema.
9. Parar o experimento quando o objetivo é alcançado.
10. Explicar o percurso 2, no qual o usuário deve contornar obstáculos, conforme Figura 2.

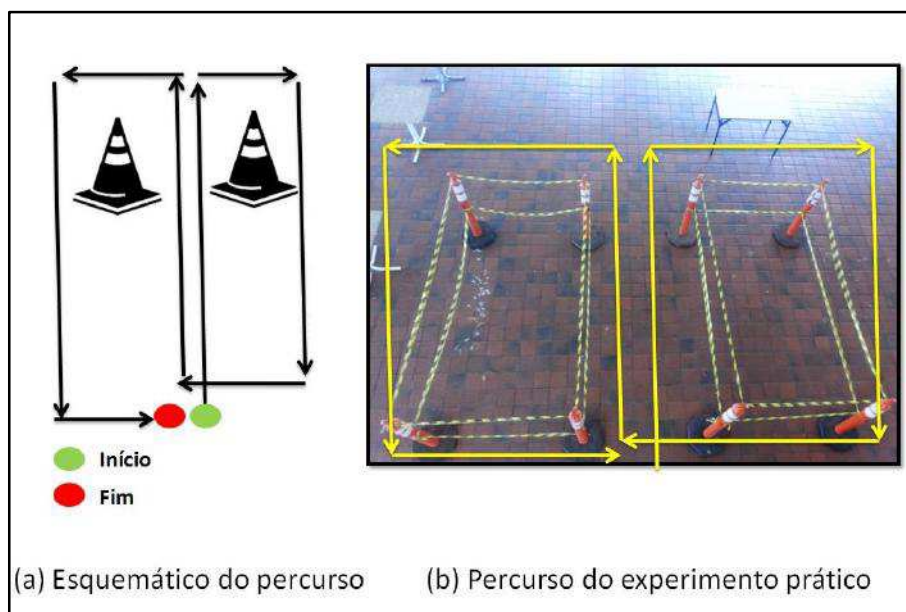


Figura 2. Percurso 2

11. Posicionar a CRM para início do percurso.
12. Iniciar o sistema realizando outra calibração.
13. Contabilizar número de colisões, tempo gasto para realizar o percurso e filmar para análise de reações do usuário no uso do sistema.
14. Para o experimento quando o objetivo é alcançado.
15. Promover uma discussão acerca das impressões do sistema, pedindo para o usuário relatar sua experiência e gravar para posterior análise.
16. Aplicar questionário final.

ANEXO G**Questionário para após testes com usuários**

1. O sistema atendeu as necessidades de navegação?

() Excelente

() Ótimo

() Bom

() Ruim

() Péssimo

2. O sistema faz o que foi proposto de forma correta?

() Excelente

() Ótimo

() Bom

() Ruim

() Péssimo

3. Como foi aprender a usar o sistema?

() Muito Fácil

() Fácil

() Mais ou menos

() Difícil

() Muito difícil

4. Conseguiu utilizar o sistema com facilidade?

() Muito Fácil

() Fácil

() Mais ou menos

() Difícil

() Muito difícil

5. Como foi o tempo de processamento (tempo de resposta)?

() Muito Rápido

() Rápido

() Mais ou menos

() Lento

() Muito Lento

6. O que mais você gostou no sistema? Quais foram as vantagens?

7. Quais foram as desvantagens e dificuldades ao usar o sistema?

8. Quais mudanças você sugere?

9. Como você avalia a interface gráfica do sistema?

☐ Excelente

☐ Ótimo

☐ Bom

☐ Ruim

☐ Péssimo

10. Você ficou satisfeito com as funcionalidades do sistema?

☐ Muito Satisfeito

☐ Satisfeito

☐ Indiferente

☐ Insatisfeito

☐ Muito Insatisfeito

11. Você acha que esta modalidade aumentou sua capacidade de mobilidade?

☐ sim

☐ em partes

☐ não

12. Você se sentiu cansado após realizar o protocolo?

☐ muito cansado

☐ meio cansado



☐ cansado

☐ pouco cansado

☐ não

ANEXO H

Aprovação do comitê de ética

| | | |
|---|---|---|
|  <p>UFU Universidade Federal de Uberlândia</p> | <p>UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA/MG</p> |  <p>Plataforma Brasil</p> |
| <p>PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP</p> | | |
| <p>DADOS DA EMENDA</p> <p>Título da Pesquisa: Estudo de usabilidade de formas alternativas de controle de cadeira de rodas motorizada</p> <p>Pesquisador: Eduardo Lazaro Martins Naves</p> <p>Área Temática:</p> <p>Versão: 6</p> <p>CAAE: 37756614.0.0000.5152</p> <p>Instituição Proponente: Faculdade de Engenharia Elétrica</p> <p>Patrocinador Principal: Financiamento Próprio</p> <p>DADOS DO PARECER</p> <p>Número do Parecer: 1.638.167</p> <p>Apresentação do Projeto:</p> <p>Trata-se de uma emenda ao protocolo de pesquisa já aprovado pelo CEP/UFU. Nessa emenda, pretendem aplicar, além da eletroencefalografia que estuda os sinais cerebrais de superfície, também métodos de eyetracking, ou seja, rastreamento da direção do olhar.</p> <p>Nada mais muda no projeto originalmente aprovado, sendo que a mudança refere-se ao modus operandi do método eyetracking.</p> <p>Objetivo da Pesquisa:</p> <p>O objetivo da emenda é propor um método além do já aprovado pelo CEP/UFU, O método eyetracking</p> <p>Avaliação dos Riscos e Benefícios:</p> <p>Os riscos referem-se a desconfortos com os movimentos do globo ocular em uma interface gráfica ou via sinais EEG e de identificação dos participantes da pesquisa, mas os pesquisadores se comprometem a manter o sigilo, atendendo a resolução 466/2015/CNS.</p> <p>Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:</p> <p>Nesse método adicional, o controle será por movimentos do globo ocular, captados por um sensor para rastreamento do globo ocular – The EyeTribe® EyeTracker (https://theeyetribe.com)</p> | | |
| <p>Endereço: Av. João Naves de Ávila 2121- Bloco "1A", sala 204 - Campus São Mônica</p> <p>Bairro: Santa Mônica CEP: 38.408-144</p> <p>UF: MG Município: UBERLÂNDIA</p> <p>Telefone: (34)3239-4131 Fax: (34)3239-4326 E-mail: cep@propp.ufu.br</p> | | |



UNIVERSIDADE FEDERAL DE
UBERLÂNDIA/MG



Contribuição do Parecer: 1.030.107

com/products/) e através de sinais evocados e captura de sinais cerebrais (EEG – eletroencefalograma) captados utilizando o Emotiv® EPOC (<https://emotiv.com/store/epoc-detail/>).

No caso do sensor de eyetracking, o usuário deverá olhar para a tela e para o ícone que simboliza a intenção de movimento pretendido. Assim, quando o sensor reconhece o ponto da tela onde o usuário está olhando, ele determina a opção de movimento desejado e envia os comandos para a movimentação da cadeira. Esta nova forma de entrada de dados se apresenta como uma opção promissora, uma vez que não exige a conexão de nenhum dispositivo ao usuário, bastando que o mesmo apenas direcione o seu olhar. Esta nova abordagem se apresenta como uma opção promissora, uma vez que o usuário não estará fisicamente interagindo com a cadeira. Esta alternativa se justifica em casos de treinamento. Caso o usuário não esteja preparado para operar a cadeira em situação real, o mesmo pode realizar treinamentos com total segurança de forma remota.

Nestas novas formas de acionamento da cadeira de rodas motorizada, o usuário estará sentado na cadeira em frente a uma tela de computador, podendo ser um notebook ou tablet acoplado com o sensor de eyetracking (rastreador do globo ocular), ou então usando o dispositivo em sua cabeça para captura dos sinais cerebrais. Neste último caso, o usuário irá controlar a cadeira por meio de sua atividade cerebral, a qual irá se alterar em função da percepção das diferentes frequências emitida pelas diversas setas na tela.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Adequados

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

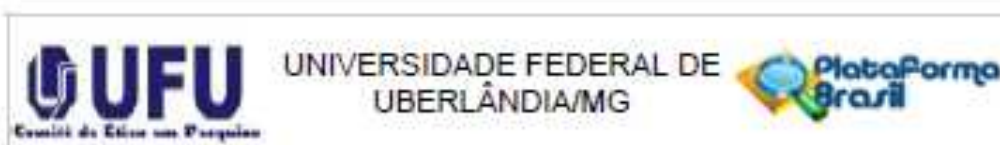
De acordo com as atribuições definidas na Resolução CNS 466/12, o CEP manifesta-se pela aprovação da emenda ao protocolo de pesquisa já aprovado.

A emenda não apresenta problemas de ética nas condutas de pesquisa com seres humanos, nos limites da redação e da metodologia apresentadas.

Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Endereço: Av. João Naves de Ávila 2121- Bloco "1A", sala 224 - Campus São Mônica
Bairro: Santa Mônica CEP: 38.400-144
UF: MG Município: UBERLÂNDIA
Telefone: (34)3230-4131 Fax: (34)3230-4335 E-mail: cep@propp.ufu.br



Continuação do Parecer: 1.836.167

| Tipo Documento | Arquivo | Postagem | Autor | Situação |
|--|--------------------------------------|------------------------|-------------------------|----------|
| Informações Básicas do Projeto | PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_656594_E1.pdf | 06/07/2016 16:15:09 | | Aceito |
| Outros | Emenda.docx | 06/07/2016 16:14:43 | Ludymila Ribeiro Borges | Aceito |
| Projeto Detalhado / Brochura Investigador | projeto_com_emenda_ressaltada.docx | 06/07/2016 16:14:05 | Ludymila Ribeiro Borges | Aceito |
| Folha de Rosto | digitalizar0005.pdf | 25/04/2016 10:59:13 | Ludymila Ribeiro Borges | Aceito |
| TCE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência | TCE.doc | 22/04/2016 10:28:22 | Ludymila Ribeiro Borges | Aceito |
| Projeto Detalhado / Brochura Investigador | projeto_novo.docx | 22/04/2016 10:27:28 | Ludymila Ribeiro Borges | Aceito |
| Declaração de Pesquisadores | digitalizar0001.pdf | 19/02/2016 14:04:07 | Ludymila Ribeiro Borges | Aceito |
| Brochura Pesquisa | Curriculo_Lattes_Felipe.pdf | 16/02/2016 09:14:08 | Ludymila Ribeiro Borges | Aceito |
| Brochura Pesquisa | Curriculos_Lattes_Fabricio.pdf | 16/02/2016 09:13:58 | Ludymila Ribeiro Borges | Aceito |
| Outros | pendencias CEP.docx | 30/06/2015 13:46:47 | | Aceito |
| Outros | cartaEsciarecimento.pdf | 27/03/2015 14:01:18 | | Aceito |
| Outros | declaração.docx | 20/03/2015 21:41:45 | | Aceito |
| Projeto Detalhado / Brochura Investigador | projeto.docx | 18/03/2015 11:25:14 | | Aceito |
| Declaração de Instituição e Infraestrutura | termo de compromisso.pdf | 17/10/2014 17:53:43 | | Aceito |
| Outros | Questionários.docx | 16/10/2014 10:56:21 | | Aceito |
| Brochura Pesquisa | Curriculo Ludymila.pdf | 16/10/2014 10:05:53 | | Aceito |
| Brochura Pesquisa | Curriculo Eduardo.pdf | 16/10/2014 10:05:35 | | Aceito |

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Aprovação da CONEP:

Não

Endereço: Av. João Naves de Ávila 2121 - Bloco "1A", sala 224 - Campus Sta. Mônica
Bairro: Santa Mônica CEP: 38.408-144
UF: MG Município: UBERLÂNDIA
Telefone: (34)3239-4131 Fax: (34)3239-4335 E-mail: cep@propo.ufu.br



UNIVERSIDADE FEDERAL DE
UBERLÂNDIA/MG



Continuação do Processo: 1.836.107

UBERLÂNDIA, 13 de Julho de 2016

Assinado por:
Sandra Terezinha de Farias Furtado
(Coordenador)

Endereço: Av. João Naves de Ávila 2121 - Bloco "1A", sala 334 - Campus Sta. Mônica
Bairro: Santa Mônica CEP: 38.408-144
UF: MG Município: UBERLÂNDIA
Telefone: (34)3238-4131 Fax: (34)3238-4335 E-mail: cep@propp.ufu.br

Página 04 de 04