Pós-Graduação em Ciência da Computação

ANTÚLIO DE OLIVEIRA

M^2ALL – MULTIMODAL METHOD ACCESSIBILITY LAYER – UM MÉTODO PARA USO DE CAMADA DE SOFTWARE MULTIMODAL ADAPTATIVO A PORTADORES DE NECESSIDADES ESPECIAIS

Universidade Federal de Pernambuco
posgraduacao@cin.ufpe.br
www.cin.ufpe.br/~posgraduacao

RECIFE
2017

Antúlio de Oliveira

M^2ALL – Multimodal Method Accessibility Layer – um método para uso de camada de software multimodal adaptativo a portadores de necessidades especiais

Tese apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor, pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação do Centro de Informática da Universidade Federal de Pernambuco

Orientador: Fernando da Fonseca de Souza, PhD

RECIFE

2017

Catalogação na fonte
Bibliotecário Jefferson Luiz Alves Nazareno CRB 4-1758

O48m Oliveira, Antúlio de.
M^2ALL – Multimodal method accessibility layer- um método para uso de camada de software multimodal adaptativo a portadores de necessidades especiais / Antúlio de Oliveira. – 2017.
225f.: fig., tab.

Orientador: Fernando da Fonseca de Souza.
Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. CIn. Ciência da Computação, Recife, 2017.
Inclui referências, apêndices e anexo.

1. Interface humano-computador. 2. Tecnologia assistiva. 3. Acessibilidade. 4. Usabilidade. I. Souza, Fenando da Fonseca de. (Orientador). II. Titulo.

004.19 CDD (22. ed.) UFPE-MEI 2017-274

Antúlio de Oliveira

M^2ALL – Multimodal Methodo Acessibility Layer – Um Método para Uso de Camada de Software Multimodal Adaptativo a Portadores de Necessidades Especiais

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutora em Ciência da Computação

Aprovado em: 04/08/2017

_____

Orientador: Prof. Dr. Fernando da Fonseca de Souza

BANCA EXAMINADORA

_____

Profa. Dra. Simone Cristiane dos Santos Lima
Centro de Informática / UFPE

_____

Prof. Dr. Rodrigo Lins Rodrigues
Departamento de Educação / UFRPE

_____

Profa. Dra. Marizete Silva Santos
Unidade Acadêmica de Educação a Distância e Tecnologia / UFRPE

_____

Prof. Dr. Romero Tori
Universidade de São Paulo

_____

Prof. Dr. Claudio de Souza Baptista
Centro de Engenharia Elétrica e Informática, Sistemas e Computação/UFCG

“Apesar de não poder me movimentar e ter que falar através de um computador, em minha mente sou livre”. (Stephen Hawking)

AGRADECIMENTOS

Gratidão em primeiro lugar à Deus Pai Todo-Poderoso pela graça da vida, saúde e discernimento, recursos essenciais para a realização deste grande sonho.

Ao glorioso São Jorge, como o instrumento de Deus, pela sua assistência espiritual e proteção que se fez presente nos momentos mais difíceis desta árdua caminhada.

A minha querida Família, em especial minha esposa e incentivadora Eloílde, meus queridos filhos Larissa, Gustavo, Léon e Yago e o netinho Bruninho pela paciência e a compreensão de minha ausência dos seus convívios ao longo desses últimos anos.

Ao amado filho Yago Nayan, fonte inspiradora de todo este trabalho, na sua condição de pessoa com necessidade especial e com o qual tenho aprendido muito ao longo desses anos, quebrando juntos barreiras e preconceitos e na luta pelo espaço da pessoa deficiente nesta sociedade.

In memoriam, aos meus queridos pais Severino e Virgínia que com muito carinho, amor e incentivo me conduziram pelas veredas do bem e para ser uma pessoa vitoriosa. Aos meus segundos pais, Mariano e Maria do Carmo (Tuty) que sempre me apoiaram e encorajaram para alcançar o sucesso em meus estudos e para me tornar um cidadão digno e de bem.

Ao Serviço Federal de Processamento de Dados - SERPRO, que através de seu programa de incentivo à estudos de pós-graduação, promovido pela UNISERPRO (Universidade SERPRO), na pessoa de sua representante local Edilma Araújo, que possibilitou a minha participação plena e total neste curso de formação acadêmica.

A Faculdade dos Guararapes, em especial ao seu núcleo de acessibilidade, na pessoa da Professora Andréa Coelho e de toda a sua equipe de assistentes de curso, o acolhimento e apoio para a realização da pesquisa que fundamentou a estruturação deste trabalho.

E a todos os alunos com necessidades especiais que espontaneamente participaram desse estudo e que contribuíram significativamente para os seus resultados.

Agradecimentos mais do que especial ao Professor Doutor Fernando da Fonseca de Souza, pelo o seu apoio, incentivo, paciência, sabedoria e naturalidade na forma de encaminhar este trabalho, um grande exemplo de ser humano e um ícone da Educação no Brasil.

.

RESUMO

As novas Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) favorecem um amplo campo de possiblidades para a realização de atividades profissionais, sociais e pessoais, no entanto ainda geram uma grande dificuldade de uso às pessoas com necessidades especiais que possuem limitações severas motoras, de percepção e intelectuais, impondo a elas barreiras de interação e aumentando a sua exclusão digital. Para amenizar essas dificuldades no uso da TIC, encontram-se disponíveis novos dispositivos e interfaces que substituem os dispositivos convencionais como mouse, teclado, superfícies táteis entre outros. Dispositivos como interface cérebro computador não invasivas (BCI), câmeras de alta definição para leitura de expressões faciais, dispositivos infravermelhos de rastreamento ocular, leitores de movimento corporal, entre outros dispositivos, encontram-se disponíveis para uso por todos a custos módicos. Dentre as soluções de interação humano-computador para emprego das TIC a Literatura destaca o emprego da Multimodalidade por oferecer benefícios pela facilidade de uso, onde o ponto fraco de uma interface pode ser superado com a execução de um ponto forte de outra, isso possibilita ao usuário realizar a operação que melhor se adapta a sua situação particular, aumentando a taxa de tarefas completadas, reduzindo o tempo e o esforço para completar a tarefa, proporcionando uma maior satisfação pela prevenção e recuperação rápida de erros de maneira intuitiva. Para o uso adequado dessa solução é necessária a existência de uma camada intermediária de software que realize o tratamento dos sinais provenientes dos vários dispositivos e também de um modelo de uso que harmonize e sincronize essa simultaneidade na aplicação dessas interfaces, em particular a sua adaptação para as pessoas com necessidades especiais. Este trabalho apresenta um método estruturado denominado de *M^2ALL*, um processo fomentador de ambiente para interação multimodal adaptativo a pessoas com necessidades especiais que favorece o uso deste meio para as pessoas com deficiência. Este método sugere a redução do esforço construtivo pela sua organização, mantendo a possibilidade de elaboração de ambientes multimodais personalizados para uso de pessoas com necessidades especiais. O trabalho apresenta o emprego prático do modelo em um ambiente educacional à distância situado na web e realiza a avaliação da usabilidade por pessoas deficientes. Este ambiente multimodal foi configurado segundo o método proposto indicando a sua potencialidade como um recurso de tecnologia assistiva.

Palavras-chaves:

Interface Humano Computador. Multimodalidade. Tecnologia Assistiva. Acessibilidade. Usabilidade.

ABSTRACT

The new Information and Communication Technologies (ICT) favor a wide range of possibilities for the realization of professional, social and personal activities, yet still generate a great difficulty of use to people with special needs that have severe motor, perception and intellectuals, imposing barriers to interaction and increasing their digital exclusion. To ease these difficulties in the use of ICT, new devices and interfaces are available that replace conventional devices such mouse, keyboard, tactile surfaces and others. Non-invasive brain computer interface (BCI), high definition cameras for reading facial expressions, infrared eye tracking devices, body movement readers, and other devices are available for use by everyone at a reasonable cost. Among the human-computer interaction solutions for ICT use, Literature highlights the use of Multimodality for offering benefits through ease of use, where the weak point of one interface can be overcome with the execution of a strong point of another, this enables the user to perform the operation that best fits their particular situation, increasing the rate of completed tasks, reducing the time and effort to complete the task, providing greater satisfaction for the prevention and rapid recovery of errors in an intuitive way. For the adequate use of this solution it is necessary to have an intermediate layer of software that performs the treatment of the signals coming from the various devices and also a use model that harmonizes and synchronizes this simultaneity in the application of these interfaces, in particular its adaptation to people with special needs. This work presents a structured method called *M ^ 2ALL*, an environment-promoting process for adaptive multimodal interaction for people with special needs that favors the use of this medium for people with disabilities. This method suggests the reduction of the constructive effort by its organization, maintaining the possibility of elaboration of customized multimodal environments for the use of people with special needs. The paper presents the practical use of the model in a remote educational environment located on the web and performs the evaluation of usability by disabled people. This multimodal environment was configured according to the proposed method indicating its potential as an assistive technology resource.

Keywords:

Human Interface Computer. Multimodality. Assistive Technology. Accessibility. Usability.

.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1-Representação dos cinco sentidos humanos 17
Figura 1.2-Cenário Motivacional 01 – HUMANO - Pessoa com deficiência apresentando dificuldade no uso simultâneo de múltiplas interfaces 21
Figura 1.3-Cenário Motivacional 02 - HUMANO - Pessoa com Deficiência com Dificuldade de uso de Teclado/Mouse sem Destreza para Navegar em Ambiente Web 21
Figura 1.4-Cenário Motivacional 03- HUMANO - Pessoa com Deficiência com Dificuldade de uso de Teclado/Mouse e falta de Destreza no Acesso a EaD 22
Figura 1.5-Cenário Motivacional 04 – MÁQUINA -Ambiente Computacional apresentando Conflito por Uso Simultâneo de Portas USB 22
Figura 1.6-Cenário Motivacional 05- MÁQUINA - Ambiente Computacional apresentando 'Travamento' por uso Simultâneo de Interfaces 23
Figura 1.7-Modelo de Interação Web Acessível – Camada de Acessibilidade 24
Figura 3.1-Ciência da Computação Aplicada e Tecnologias da Computação – Domínios, Intersecção e Áreas de Estudo 37
Figura 3.2-Evolução das Interfaces humano-computador 40
Figura 3.3-Modelo Radical Atoms 46
Figura 3.4-Suíte de Periféricos para Interação Corpo-Mente x Computador 51
Figura 3.5- NIA™, ICC Comercial Desenvolvido pela OCZ Technology (OCZ TECHNOLOGY, 2010) 53
Figura 3.6-Pesquisadores Jogando um Jogo Estilo "PONG", utilizando a Plataforma NIA™ 54
Figura 3.7-Dispositivo Construído utilizando o Projeto OpenEEG 55
Figura 3.8-NEUROSKY® MINDSET 56
Figura 3.9-BCI Emotiv EPOC 57
Figura 3.10-Utilização do Aplicativo Head Mouse 4 59
Figura 3.11-Utilização do Aplicativo Eviacam 59
Figura 3.12-Interface Ocular Eye Tribe Tracker 60
Figura 3.13-Usuário interagindo com o Computador por meio do disposto Kinect 61
Figura 3.14-- Usuário interagindo com o Computador por meio do Disposito Myo 62
Figura 3.15-Tecnologias utilizadas na Construção das Interfaces de Voz 64
Figura 3.16-Aplicativo de Reconhecimento de Voz em Execução SimonBR 65
Figura 3.17-Interface Gráfica do Aplicativo DJ.JARVIS.AM 66
Figura 3.18-Estrutura da Usabilidade - Resultado do Uso - Medidas de Usabilidade 68
Figura 4.1-Modelo de Comunicação Multimodal 75
Figura 4.2-Os Quatro Estados Multimodais 75
Figura 4.3-Fusão versus Uso de Modalidades 80
Figura 5.1- Hierarquia dos recursos organizacionais - componentes de um Processo Produtivo94
Figura 5.2-Modelo SIPOC - Descrição dos Componentes 102
Figura 5.3-Fases e atividades do método M^2ALL 104
Figura 5.4-Fluxo de informações nas atividades do modelo M^2ALL 106
Figura 5.5-Fluxo de informação da atividade Definir Escopo 107
Figura 5.6-Atividade de Definir Contexto de Uso 108
Figura 5.7-Atividade de Avaliação do Perfil do Usuário 109
Figura 5.8-Atividade de levantamento de necessidades 110
Figura 5.9-Atividade de Especificação Técnica 111
Figura 5.10-Atividade de Análise Detalhada 112
Figura 5.11-Atividade de Identificação, Combinação e Seleção de Recursos e Serviços 114
Figura 5.12-Atividade de definição de recursos e serviços 115

Figura 5.13-Atividade de Gestão de Desenvolvimento 116
Figura 5.14-Atividade de Implementar Recursos e Serviços 117
Figura 5.15-Atividade de Adaptação de Recursos 118
Figura 5.16-Atividade de Entrega e Treinamento 119
Figura 5.17-- Atividade de Avaliação 120
Figura 5.18-Atividade de Monitoramento do Desempenho 121
Figura 5.19-Atividade de Identificar Melhorias 121
Figura 5.20-Ciclo de melhoria contínua de Deming - Ciclo PDCA 122
Figura 5.21-Representação global do Método M^2ALL 123
Figura 6.1- Menu principal da Plataforma Openredu 134
Figura 6.2- Ambiente Multimodal Assistivo após Configuração pelo Método M^2ALL 136
Figura 6.3 - Recurso para Configuração e Sincronização de Ambiente Multimodal do Aplicativo HCI^2 WORKBENCH 137
Figura 6.4 Modelo Genérico de Experiência do Usuário (MEX) 141
Figura 6.5 - Modelo Estrutural para Medição de Usabilidade Informacional 142
Figura 6.6– Modelo do Ambiente de Teste 152
Figura 6.7– Medidas de Desempenho do Desktop com Ambiente Multimodal 153
Figura 7.1-Interface Cerebral Emotiv Epoc + com Medições de Estados Emocionais 157
Figura 7.2– Primeira Aula no Openredu (Parte 01) – Texto Didático sobre Multimodalidade 157
Figura 7.3– Primeira Aula no Openredu (Parte 02) – Filme Assistivo sobre Interface Multimodal 158
Figura 7.4– Segunda Aula no Openredu (Parte 01) – Texto Didático sobre Acessibilidade . 158
Figura 7.5– Segunda Aula no Openredu (Parte 02) – Filme assisivo sobre Acessibilidade Física 159
Figura 7.6– Pesquisador realizando Treinamento com Aluno Deficiente em Novas Interfaces Interativas no Ambiente Multimodal 159
Figura 7.7– Exemplo de Uso de Base de Tempo Comum entre as Máquinas Utilizadas para Registro da Usabilidade 160
Figura 7.8– Comentários Espontâneos dos Alunos durante Realização das Aulas 162
Figura 7.9- Cobertura de Problemas de Usabilidade x Total de Usuários Testados conforme Trabalho Original de Nielsen (2000) 163
Figura 7.10- Aluno Deficiente Motor realizando o Experimento 165
Figura 7.11- Aluna com Déficit de Atenção realizando o Experimento com Touch 165
Figura 7.12- Aluna com Baixa visão realizando o Experimento utilizando Interface de Voz 166
Figura 7.13- Aluno Deficiente Auditivo realizando o Experimento utilizando Interface de Gestos 166
Figura 7.14- Trajetória/Dispersão no Uso do Teclado/Mouse - ALUNO 02 169
Figura 7.15- Trajetória/Dispersão no Uso do Ambiente Multimodal ALUNO 02 170
Figura 7.16- Classificação da Escala SUS segundo John Brooke 171
Figura 7.17 Exemplo de Medição de Estados Emocionais com o Emotiv EPOC + ... 175
Figura 7.18- Modelo Arousal-Valence 176
Figura 7.19- Affective e-Learning Models para Ambiente de Aprendizagem e-learning 176
Figura 7.20-Índice de Variação de Estados Emocionais entre o Início e Fim do Experimento 177
Figura 7.21-Gráfico de barras do desempenho emocionalFigura 178
Figura 7.22-Boxplot apresentando a diferença entre as médias e hipótese 184
Figura 7.23-– Desempenho do Z-score dos questionários nos grupos de deficiência 187

LISTA DE QUADROS

Quadro 1.1-Estrutura da Pesquisa.....25
Quadro 2.1-Modelo para a classificação de uma Pesquisa Científica.....31
Quadro 2.2-Métodos/Recursos por capítulo e natureza da pesquisa.....35
Quadro 3.1-Evolução das Interfaces Humano-Computador.....39
Quadro 3.2-Comparativo da Natureza da Interface com Necessidade Especial.....67
Quadro 4.1-Seleção de Artigos da Survey Multimodal.....71
Quadro 4.2 - Ferramentas para a Criação de Interfaces Multimodais.....83
Quadro 4.3-As Diferenças entre Interfaces GUI e MUI.....86
Quadro 4.4-Opções de Framework para Ambiente Multimodal.....88
Quadro 4.5-Trabalhos Descrevendo Multimodalidade e Deficiência.....90
Quadro 4.6-Trabalhos Descrevendo Multimodalidade e Métodos.....91
Quadro 4.7-Trabalhos Descrevendo Multimodalidade e Configurações.....91
Quadro 5.1-Recursos organizacionais para execução das práticas produtivas.....94
Quadro 5.2 -Exemplos de Instrumentos Organizacionais Procedurais.....95
Quadro 5.3-Fases para o Método e justificativa para o uso.....101
Quadro 5.4-Recomendações para definição de um processo pelo modelo SIPOC.....103
Quadro 6.1-Questões para Identificação Inicial do Contexto de Uso.....126
Quadro 6.2-Cenários de uso iniciais a serem observados.....127
Quadro 6.3-Fases do Método e Principais Resultados Esperados.....127
Quadro 6.4-Sugestão dos Assistentes de Curso e Profissionais de Saúde para Aplicação de Natureza Interativa Multimodal por Grupo de Deficiência.....130
Quadro 6.5-Relação do Estilo de Interação e Natureza do Equipamento.....131
Quadro 6.6-Equipamentos e Aplicativos Definidos por Estilo de Interação.....134
Quadro 6.7-Guideline para Elaboração de Teste de Usabilidade com Pessoas Deficientes..140
Quadro 6.8-Descrição dos Elementos e Componentes da Usabilidade para o Contexto de um Teste de Usabilidade.....142
Quadro 6.9-Métodos de Avaliação de Usabilidade.....144
Quadro 6.10-Instrumentos Avaliativos para o Método de Observação do Usuário.....146
Quadro 6.11-Instrumento Avaliativo para o Método de Desempenho.....147
Quadro 6.12-Instrumento de Registro para o Método de Entrevista.....148
Quadro 6.13-Instrumentos para o Método de Questionário.....148
Quadro 6.14-Instrumentos para o Método “Pensar em voz alta”.....149
Quadro 6.15-Métodos e Recursos para Obtenção de Medidas de Usabilidade.....150
Quadro 7.1- Declarações Espontâneas sobre o Uso da Multimodalidade pelos Alunos com Necessidades Especiais.....180
Quadro 7.2 - Eficácia.....182
Quadro 7.3-Estatísticas da Eficiência.....183
Quadro 7.4-– ANOVA da variância da satisfação entre PU, PEOU e SUS.....186
Quadro 7.5-Resultados Globais da Usabilidade.....188
Quadro 8.1-Preferência de Uso por Tipo de Interface e Natureza da Deficiência.....192

LISTA DE TABELAS

Tabela 6-1-Grau de Recomendação do Método baseado nas Características do Contexto de Uso do Projeto Avaliativo 145
Tabela 7-1- Perfil Demográfico dos Alunos Participantes da Pesquisa de Usabilidade 164
Tabela 7-2-avaliação dos Logs do aplicativo Basic Key Logger (FIMBELL,2011) 168
Tabela 7-3-Pontuação do Questionário SUS obtida na avaliação segundo resposta dos participantes 172
Tabela 7-4-Percepção de Uso Pontuada pelos Participantes na Avaliação 173
Tabela 7-5-Grau de Concordância com a Facilidade de Uso da Solução 174

LISTA DE ABREVIAÇÕES/EQUIVALÊNCIAS

HD	High Definition
BCI	Brain Computer Interface
ICC	Interface Cérebro Computador
M^2ALL	Multimodal Method AccessibiLity Layer
HCI^2	(Multimodal) Human-Centered, Intelligent, Human-Computer Interaction (HCI^2) systems.
Webcam	Camera digital para captação de imagens
PNE	Pessoas com Necessidades Especiais ou Pessoa com Deficiência
MS	Ministério da Saúde
Experimento	Neste contexto, significa experimento de avaliação de usabilidade ou teste para avaliação de usabilidade
IHC	Interface Humano-Computador
MMHCI	Interação Humano-Computador Multimodal
MMI	Multimodal Interaction
MUI	Multimodal User Interface
NUI	Natural User Interface
KUI	Kinetic User Interface
TUI	Tangible User Interface
RV	Realidade Virtual
RA	Realidade Aumentada
RM	Realidade Misturada (RA + RV)
OUI	Organic User Interface
KOI	Kinetic Organic Interfaces
Wearable Computing	Computação vestível
Máquina	Neste contexto, equivale a Computador

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 16
1.1 APRESENTAÇÃO 16
1.2 MOTIVAÇÃO 18
1.3 ESTRUTURA DA PESQUISA 24
1.4 OBJETIVOS 27
1.4.1 *OBJETIVOS ESPECÍFICOS* 28
1.5 ESTRUTURA DA TESE 28
2 METODOLOGIA 30
2.1 INTRODUÇÃO 30
2.2 TIPIFICAÇÃO DA PESQUISA 30
2.3 MÉTODOS E RECURSOS METODOLÓGICOS APRESENTADOS 35
2.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO 36
3 INTERAÇÃO HUMANO-COMPUTADOR E USABILIDADE 37
3.1 DOMÍNIOS E ÁREAS DO CONHECIMENTO 37
3.2 EVOLUÇÃO DAS INTERFACES HUMANO-COMPUTADOR 38
3.3 CLI - COMMAND-LINE INTERFACE 40
3.4 GUI - GRAPHICAL USER INTERFACE 41
3.5 NUI - NATURAL USER INTERFACE 42
3.5.1 *TIPIFICAÇÃO DE INTERFACES NATURAIS* 45
3.5.2 *INTERFACES NATURAIS E COMPUTAÇÃO PERVASIVA ou UBÍQUA* 46
3.5.3 *INTERFACES NATURAIS E REALIDADE MISTURADA* 47
3.5.4 *ORGANIC USER INTERFACE - OUI* 47
3.6 DISPOSITIVOS PERIFÉRICOS TRADICIONAIS 49
3.7 DISPOSITIVOS PERIFERICOS NÃO CONVENCIONAIS - UNIMODAIS 50
3.7.1 *BRAIN-COMPUTER INTERFACE (BCI)* 52
3.7.2 *IFO - INTERFACE FACIAL-OCULAR* 57
3.7.3 *INTERFACE PARA MOVIMENTOS FACIAIS* 57
3.7.4 *INTERFACE PARA MOVIMENTOS OCULARES* 59
3.7.5 *INTERFACES DE MOVIMENTOS INFRAVERMELHAS - Kinect™* 60
3.7.6 *INTERFACES POR TENSÃO MUSCULAR - EMG* 62
3.7.7 *INTERFACES SONORAS* 63
3.7.8 *RESUMO DOS PERIFÉRICOS* 66

3.8 AVALIAÇÃO DE USABILIDADE 67
3.9 ENGENHARIA DE SOFTWARE 68
3.10 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO 69
4 MULTIMODALIDADE 70
4.1 INTERAÇÃO HUMANO-COMPUTADOR MULTIMODAL 70
4.2 MOTIVAÇÃO PARA O USO DA INTERAÇÃO MMHCI 72
4.3 PRINCÍPIOS TEÓRICOS DA INTERAÇÃO MULTIMODAL 74
4.4 ARQUITETURA COMPUTACIONAL 76
4.5 INTERFACES CÉREBRO-COMPUTADOR EM AMBIENTES MULTIMODAIS 76
4.6 APRENDIZAGEM DE MÁQUINA APLICADA 78
4.7 LINGUAGENS DE MODELAGEM E FRAMEWORKS 78
4.7.1 *MODELANDO INTERAÇÃO MULTIMODAL* 79
4.7.2 *LINGUAGENS DE MODELAGEM DE INTERAÇÃO MULTIMODAL* 81
4.7.3 *FRAMEWORKS DE PROGRAMAÇÃO PARA INTERAÇÃO MULTIMODA*L 82
4.8 INTERAÇÃO AFETIVA EM INTERFACE MULTIMODAL 84
4.9 INTERAÇÃO MULTIMODAL 85
4.10 CARACTERÍSTICAS DA INTERFACE DE USUÁRIO MULTIMODAL 86
4.11 ESCOLHA DE FRAMEWORK 87
4.12 TRABALHOS RELACIONADOS 89
4.13 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO 92
5 MÉTODO MULTIMODAL ASSISTIVO – M^2ALL 93
5.1 RAZÕES PARA ESCOLHA DA INSTRUMENTAÇÃO ORGANIZACIONAL 93
5.2 INCOMPATIBILIDADE DOS PROCESSOS TRADICIONAIS 97
5.3 REFERÊNCIAS INFLUENCIADORAS 99
5.4 DESCRIÇÃO DO MÉTODO ASSISTIVO M^2ALL 101
5.5 RESPOSTA `A PERGUNTA DE PESQUISA QP2 123
5.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO 124
6 APLICAÇÃO DO MÉTODO MULTIMODAL ASSISTIVO – M^2ALL 125
6.1 MOTIVAÇÃO PARA DEFINIÇÃO dO CONTEXTO DE USO & CENÁRIOS . 125
6.1.1 *PESQUISA PROSPECTIVA COM PESSOAS DEFICIENTES* 125

6.2 DESCRIÇÃO INICIAL DO CONTEXTO DE USO & CENÁRIOS 125
6.3 APLICAÇÃO DO MÉTODO M^2ALL 127
6.3.1 *FASE DE PLANEJAMENTO* 128
6.3.2 *FASE DE ANÁLISE* 129
6.3.3 *FASE DE CONCEPÇÃO* 130
6.3.4 *FASE DE ESPECIFICAÇÃO* 132
6.3.5 *FASE DE DESENVOLVIMENTO* 135
6.3.6 *FASE DE USO* 137
6.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS 154
7 RESULTADOS DA AVALIAÇÃO DE USABILIDADE 155
7.1 PROTOCOLO DO EXPERIMENTO 155
7.2 PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO ADOTADO 156
7.3 A PESQUISA E SEUS RESULTADOS 162
7.4 RESULTADO GERAL DA AVALIAÇÃO DA USABILIDADE 187
7.5 RESPOSTA À PERGUNTA DE PESQUISA QP3 189
7.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS 189
8 DISCUSSÕES, CONCLUSÃO, LIMITAÇÕES & TRABALHOS FUTUROS 190
8.1 DISCUSSÃO & CONCLUSÕES 190
8.2 LIMITAÇÕES DO TRABALHO 192
8.3 TRABALHOS FUTUROS 193
REFERÊNCIAS 194
APÊNDICE A – TCLE (Termo de Consentimento) 219
APÊNDICE B – Perfil do Usuário (Formulário 01) 221
APÊNDICE C – Formulário 02&03 (Pu-Peou-Sus) 222
APÊNDICE D – Formulário 04 –(Observações do Pesquisador) 223
ANEXO A - Aprovação do Projeto de Pesquisa pelo Comitê de Ética 224

1 INTRODUÇÃO

Este capítulo expõe as razões e as motivações para o desenvolvimento do trabalho dissertativo, apresentando os cenários motivacionais, descrição estrutura de sua pesquisa, descrevendo o problema experimental de interesse, as perguntas de pesquisa relacionadas, as premissas estabelecidas, por fim a hipótese levantada e os seus possíveis resultados. Descreve também os objetivos esperados com a realização do estudo e apresenta um resumo dos conteúdos dos capítulos subsequentes.

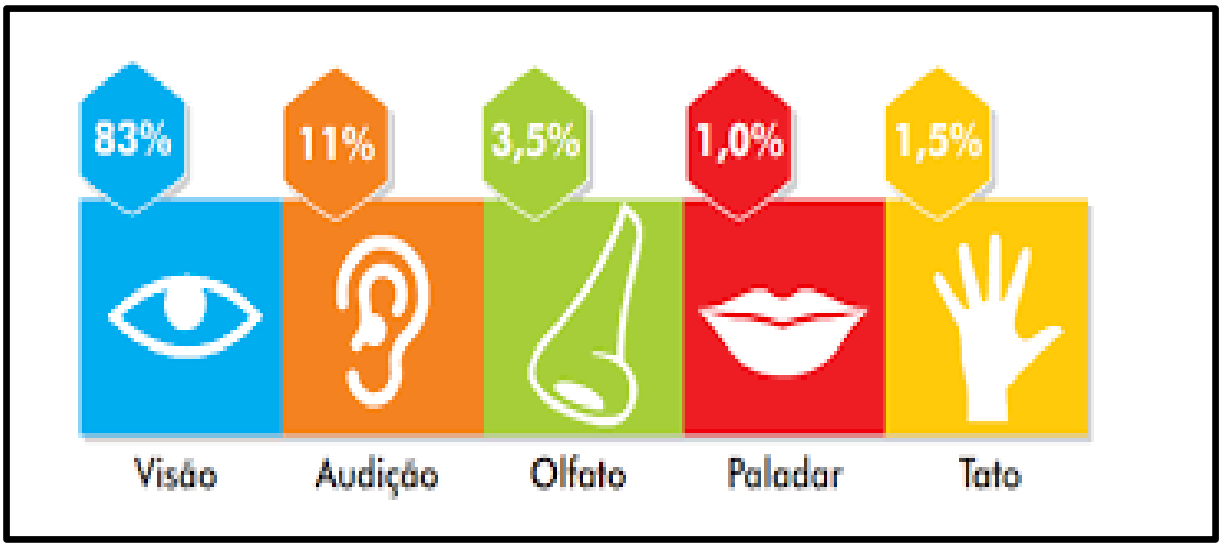
1.1 APRESENTAÇÃO

A existência de barreiras à informação e ao processo de comunicação é uma realidade enfrentada pelas pessoas com necessidades especiais. A tecnologia da informação e comunicação (TIC) para ser considerada acessível deve incluir em seus projetos a oferta de produtos (computadores, telefones celulares, *smartphones*, *tablets*), e serviços (telefonia, televisão, dispositivos de rádio, *sites*) com a possibilidade de uso de pessoas com deficiência, englobando os serviços de acesso à Internet e de múltipla comunicação. Estes produtos e serviços acessíveis fazem uso direto dessa tecnologia, como por exemplo, realizar o controle de uma navegação em informações dentro de um *site* ao clicar em um *mouse*, e também a compreensão do conteúdo informacional disponibilizado – em formato de sons, imagens ou mesmo em linguagem de comunicação própria gerada por tais tecnologias. As interfaces humano-computador são utilizadas em muitas áreas da vida pública e privada, desde os caixas automáticos de bancos (ATM), emissores de bilhetes, quiosques de consulta a roteiros, além do uso diário de computadores *desktops*, *laptops*, *tablets*, *smarphones* entre outros meios. A automação de acesso às informações é muitas vezes disponibilizada como uma medida econômica para reduzir custos dispensando a interferência humana, mas isso pode colocar em desvantagem pessoas com deficiência e outras que precisem de assistência para certas tarefas a serem realizadas (MAZOUE, 2014).

A percepção humana sobre o seu contexto ocorre por meio dos seus cinco (5) sentidos: visão, audição, tato, paladar e olfato (Figura 1.1). Estes quando combinados, ou mesmo usados de maneira isolada, compõem uma rede sensorial que possibilita ao cérebro obter informações que favorecem a sua interconexão com o mundo externo. Os seres humanos ao procederem a suas atividades de comunicação, fazem uso de símbolos que baseados em padrões lingüísticos - sintáticos e semânticos - de compreensão comum aos interlocutores,

promovem a permuta de informações e conhecimentos. Os mecanismos de captura, processamento e intercâmbio de informações, como por exemplo a escuta, a fala, os gestos, as expressões faciais, entre outros, ocorrem em sua maioria de maneira simultânea, ou seja, são canais de comunicação múltiplos ou multimodais. É natural que se deseje fazer uso de todos estes recursos de forma semelhante para a comunicação com as máquinas. No entanto, no atual estágio da tecnologia, ainda existe uma separação entre a interação humano-humano e a interação humano-computador (JUNIOR, 2007).

Figura 1.1-Representação dos cinco sentidos humanos



FONTE: Google imagens – original em http://vinculobasic.com.br (2017)

A Interação Humano-Computador de natureza multimodal permite ao usuário, seja ele deficiente ou não, utilizar vários modos de comunicação para interagir com um sistema de informação, tais como uso de recursos de voz, toque em superfícies, aplicação de gestos em superfícies ou no espaço, emissão de ondas de pensamento, movimentos corporais voluntários, comportamentos cerebrais cognitivos, reações emocionais entre outras modalidades interativas de comunicação com esses sistemas (GUILLAUMIN et al., 2010).

Os chamados modos podem ser utilizados simultaneamente ou em sequência, em combinação ou de forma independente, além das tradicionais entradas de dados via teclado e *mouse*, e as saídas de informações por meio de interfaces gráficas de vídeo, respostas sonoras ou hápticas, entre outras. A relação entre um dispositivo de entrada ou saída (microfone, teclado, tela sensível ao toque, *webcam*, Brain Computer Interface – BCI , entre outros meios) e uma linguagem de interação (linguagem natural, manipulação direta) é chamada de modalidade. Consequentemente, a interação multimodal pode ser definida também como a

utilização de duas ou mais modalidades para um usuário interagir com um sistema de informação (NETO, 2011). Um dos pilares mais antigos da sociedade, a Educação, vem tendo uma relevante influência para as pessoas com necessidades especiais, que estão passando cada vez mais a utilizar os recursos que a Internet oferece para potencializar e reforçar o seu aprendizado. Essas tecnologias educacionais são conhecidas como aplicações de *e-learning*, e estão atualmente presentes no dia a dia das pessoas, entre elas as deficientes, apresentando melhorias como: um acesso mais rápido e global às informações; uma maior disponibilidade de conteúdos personalizados, a distribuição e a democratização do processo de ensino-aprendizagem, entre outras oportunidades possibilitadas pela web (DOS SANTOS et al.,2014).

A Educação a Distância – EaD, utilizando os recursos do *e-learning,* com o seu caráter democrático e inclusivo, engloba uma diversidade cultural, social e econômica, contribuindo na quebra de paradigmas e promovendo a cidadania e a autonomia no processo de ensino-aprendizagem. A EaD ao longo dos anos vem superando barreiras sociais e pessoais de acesso ao ensino, desenvolvendo uma aprendizagem significativa, possibilitando oportunidades de construção de novos conhecimentos e levando esses conhecimentos a lugares nos quais o ensino presencial não consegue alcançar (UNESCO, 2016).

Para que as pessoas com necessidades especiais possam alcançar um ambiente EaD, é necessário que elas façam pleno uso dos modos comunicacionais humano-computador, sem eles o diálogo com este ambiente não é possível.

1.2 MOTIVAÇÃO

Pessoas com necessidades especiais (PNE) possuem dificuldades naturais de mobilidade física e informacional, fato que limita o acesso à educação e ao trabalho. Para que elas possam alcançar colocações funcionais adequadas e com uma remuneração vantajosa em postos de trabalho, necessitam de uma melhor formação educacional e profissional, o que as pode colocar em condições de igualdade com as demais pessoas (PEREIRA, 2015).

Para que elas possam participar dos ambientes educacionais e do mercado de trabalho, ou elas se movem até as escolas e até as empresas, ou estes institutos chegam até elas. Em um passado remoto esta segunda alternativa era uma possibilidade quase nula. No entanto, atualmente com os avanços alcançados pelas TIC, e a valorização dessas pessoas, essa possibilidade já é uma realidade concreta.

Com relação às opções de acesso aos meios educacionais para as pessoas com

necessidades especiais, destaca-se o rápido desenvolvimento das TIC e a popularização e ampliação da capilaridade da rede mundial de computadores - Internet, que disponibilizou de forma adequada para elas uma nova modalidade de ensino, a EaD, entre outros meios de formação cultura e construção do conhecimento.

Nesse contexto, o Ensino a Distância em suas diversas formas e modalidades vem se consolidando e viabilizando para as PNE o usufruto de seu direito universal à educação, o que para muitas dessas pessoas, devido às características de suas necessidades especiais, não seria possível a realização de uma formação por outro meio. Aqui não estão exclusos os casos de deficiências nos quais a pessoa possui menos limitações e se deslocam diariamente até as suas escolas ou mesmo participam de formação por meio de cursos na modalidade semipresencial ou híbrida.

Com a modalidade EaD, a escola chega até a PNE trazendo o conhecimento necessário a sua formação e a condição de se prepararem para o exercício de atividades remuneradas, e que em seguida se habilitam e estão candidatas ao preenchimento de colocações que o mercado de trabalho necessita, seja indo até as empresas para ocupá-las ou mesmo o espaço produtivo chega até elas por meio de um tele-trabalho (OMS, 2012). Mesmo com a condição da educação e o trabalho chegarem até as PNE, ainda existem muitos obstáculos que dificultam o pleno acesso dessas pessoas aos Sistemas de Informação (SI) que permitem a interação delas para a realizarem suas atividades e tarefas.

Conforme a norma para qualidade de produto de software, ISO 9126 (ISO, 2017), a usabilidade é a capacidade que um sistema tem de ser entendido, aprendido, utilizado e se mostrar atraente para o usuário quando utilizado sob determinadas condições. No que se refere aos requisitos de utilização e de atração, destaca-se dentro da usabilidade o processo de navegabilidade como uma funcionalidade importante para que um usuário realize o acesso às informações necessárias na construção de seu conhecimento em um ambiente virtual de aprendizagem. A navegabilidade acontece conforme a organização das informações no espaço de trabalho para que o usuário possa se deslocar de forma intuitiva e saiba onde está, de onde veio e quais são as suas possibilidades futuras de acesso a outros espaços informacionais, ou seja, representa a geografia do ambiente virtual visitado. A navegabilidade em sistemas de informação é uma das restrições que afeta um grande número de PNE, os quais apresentam dificuldade e até impedimento de acessar as informações presentes nesses espaços, motivado principalmente pelas condições de uso dos periféricos que promovem o fluxo de informações entre os usuários e os SI: atualmente

projetados para uso do teclado, *mouse* e monitores de vídeo (PEREIRA, 2015).

As novas Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) favorecem um amplo campo de possiblidades para a realização de atividades profissionais, sociais e pessoais. No entanto, ainda geram uma grande dificuldade às pessoas com necessidades especiais que possuem limitações motoras severas, de percepção e intelectuais, impondo a elas barreiras de interação e aumentando a sua exclusão digital. Para amenizar essas dificuldades no uso das TIC, encontram-se disponíveis novos dispositivos e interfaces que substituem os instrumentos convencionais como *mouse*, teclado, superfícies táteis entre outros. Dispositivos como interface cérebro computador não invasivas (BCI), câmeras HD para leitura de expressões faciais, dispositivos infravermelhos de rastreamento ocular, leitores de movimento corporal, entre outros dispositivos, encontram-se disponíveis para uso por todos a custos módicos. Dentre as soluções de interação IHC (interface humano-computador) para emprego das TIC a Literatura destaca a *Multimodalidade* por oferecer benefícios pela facilidade de uso, quando o ponto fraco de uma interface pode ser superado com a execução de um ponto forte de outra, possibilitanto ao usuário realizar uma operação que melhor se adapta a sua situação particular, aumentando a sua taxa de tarefas completadas, reduzindo o tempo e o esforço para integralizar uma tarefa, proporcionando uma maior satisfação pela prevenção e recuperação rápida de erros de maneira intuitiva.

Os seguintes cenários motivacionais (CM) de pesquisa estabelecem referências para contextualização do problema em estudo :

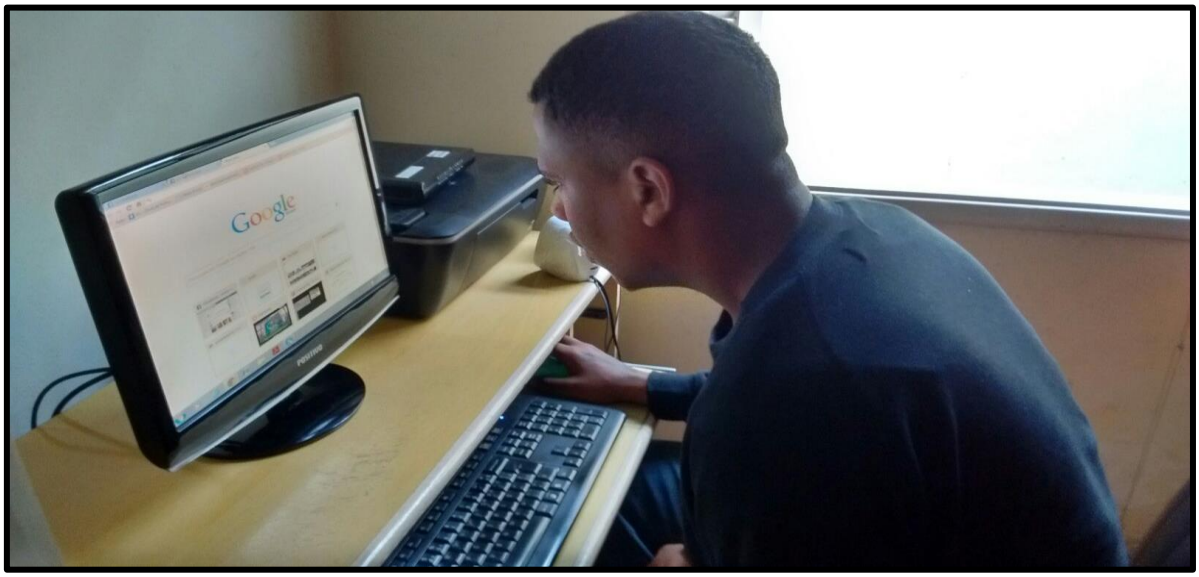
CM 1 a 3 – **Lado Humano** - *Pessoas com necessidades especiais necessitam acessar um ambiente educacional a distância, porém utilizam com dificuldade o mouse e teclado, ou novas interfaces, navegando sem destreza por meio dos conteúdos do curso assistivo(figuras 1.2, 1.3 e 1.4);*

CM 4 a 5 – **Lado Computador** - *Pessoas com necessidades especiais utilizam novas interfaces de maneira simultânea, porém o ambiente computacional não consegue tratar esta coexistência de recursos e apresenta erros de conflito e execução(figura 1.5 e 1.6);*

Figura 1.2-Cenário Motivacional 01 – HUMANO - Pessoa com deficiência apresentando dificuldade no uso simultâneo de múltiplas interfaces

FONTE: Google imagens – original em : http://www.usabilidoido.com.br/a_ergonomia_insolita_do_pc_e_suas_implicacoes_para_o_design.html (2017)

Figura 1.3-Cenário Motivacional 02 - HUMANO - Pessoa com Deficiência com Dificuldade de uso de Teclado/Mouse sem Destreza para Navegar em Ambiente Web



FONTE: Google imagens – original em : http://www.expressaoonline.com.br/mau-uso-da-tecnologia-origina-sindrome-contemporanea/ (2017)

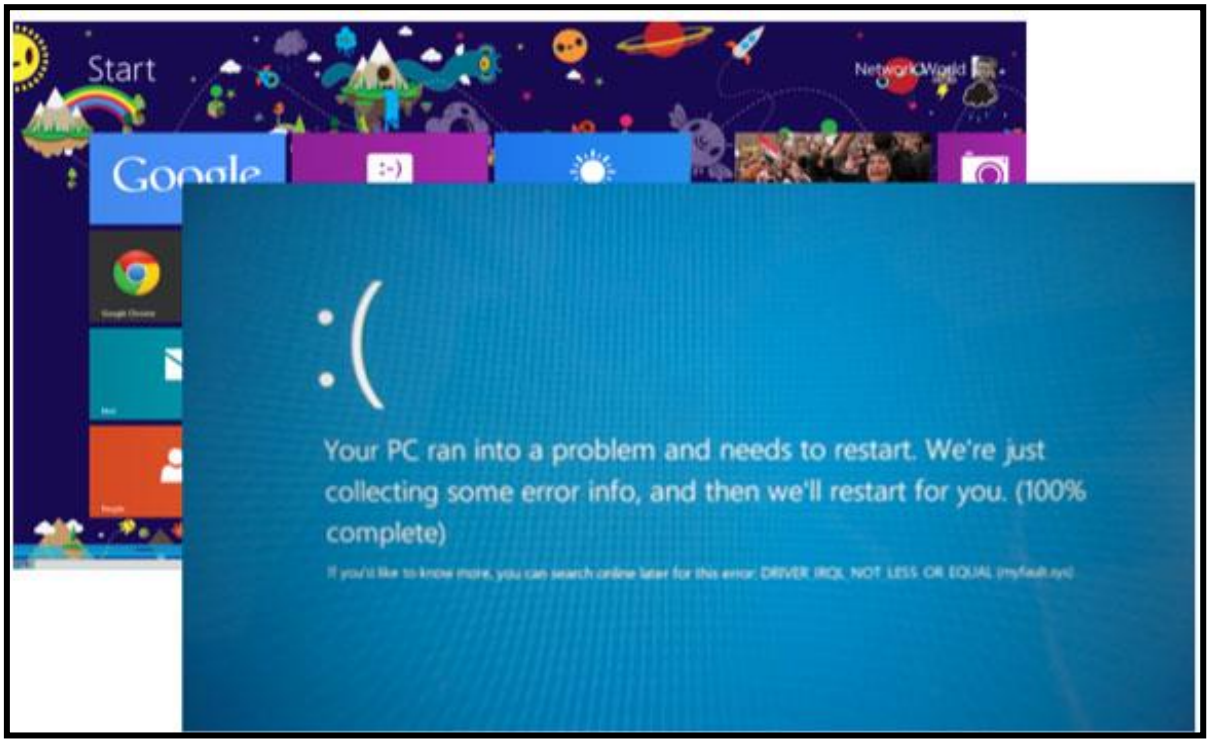
Figura 1.4-Cenário Motivacional 03- HUMANO - Pessoa com Deficiência com Dificuldade de uso de Teclado/Mouse e falta de Destreza no Acesso a EaD

FONTE: Google imagens – original em http://jornal.usp.br/atualidades/mobilizacoes-nas-redes-sociais-levantam-discussao-sobre-acessibilidade-virtual/ (2017)

Figura 1.5-Cenário Motivacional 04 – MÁQUINA -Ambiente Computacional apresentando Conflito por Uso Simultâneo de Portas USB

FONTE: Elaborada pelo Autor (2017)

Figura 1.6-Cenário Motivacional 05- MÁQUINA - Ambiente Computacional apresentando ‘Travamento’ por uso Simultâneo de Interfaces

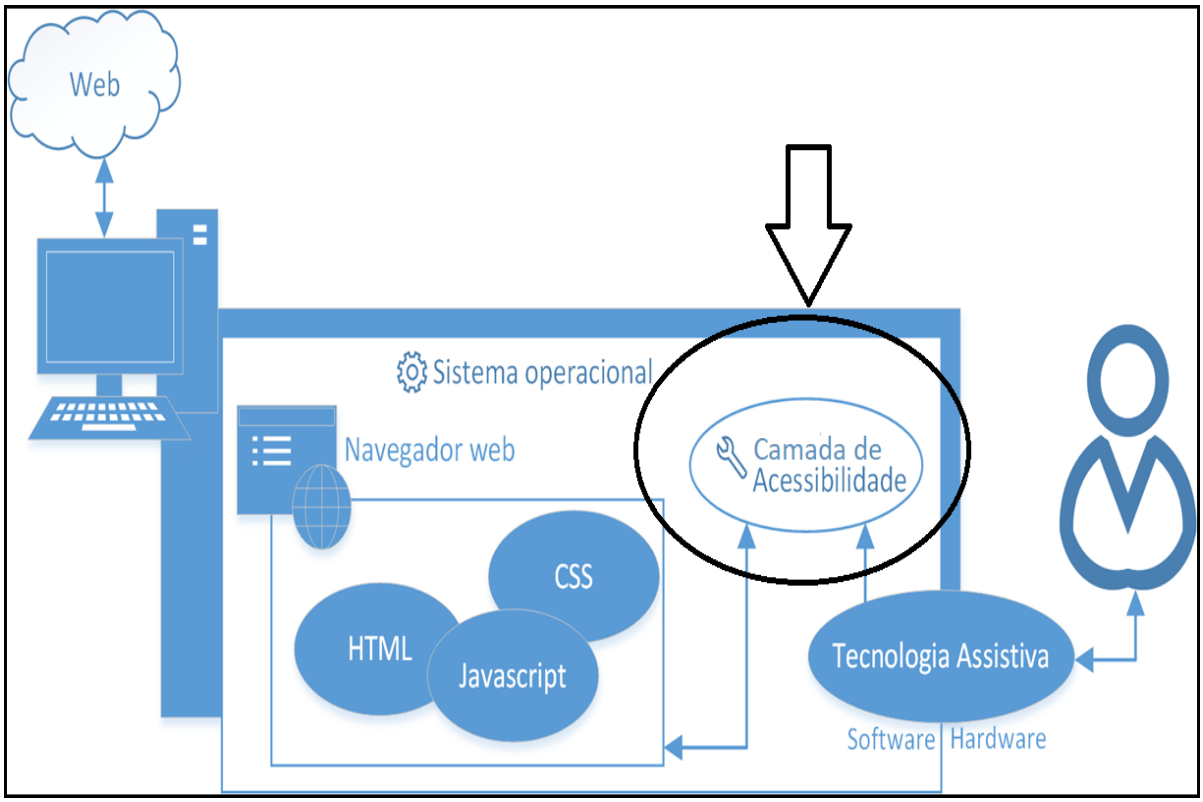


FONTE:Elaborada pelo Autor (2017)

Os cenários motivacionais ilustrados nas figuras 1.2, 1.3 e 1.4 apresentam situações vivenciadas no lado humano, onde são relatadas as dificuldades de uso enfrentadas por pessoas com deficiência diante do uso de um ambiente computacional com múltiplos recursos interativos de entrada e saída e tradicionais. Nos cenários motivacionais apresentados nas figuras 1.5 e 1.6, são evidenciados falhas que ocorrem quando múltiplos canais interativos são utilizados de maneira simultânea sem a existencia de um meio gerenciador destes recursos, limitando o seu uso especialmente por pessoas com necessidades especiais.

Estes cenários motivacionais apresentados sugerem a importância da presença de tecnologia que possibilite o uso de interfaces por pessoas com necessidades especiais, entre elas o emprego de novos meios interativos. No entanto, quando essas novas interfaces são utilizadas de forma simultânea, é exigida a presença de uma camada de software que gerencie o tratamento dessa coexistência e possibilite favorecer a usabilidade por pessoas com necessidades especiais e por consequência promova à sua acessibilidade aos sistemas de informações, entre eles os sistemas de informação presentes na web, como por exemplo ambiente de EaD, conforme apresentado na Figura 1.7, modelo de interação web acessivel com a presença de uma camada de acessibilidade intermediando o processo interativo.

Figura 1.7-Modelo de Interação Web Acessível – Camada de Acessibilidade



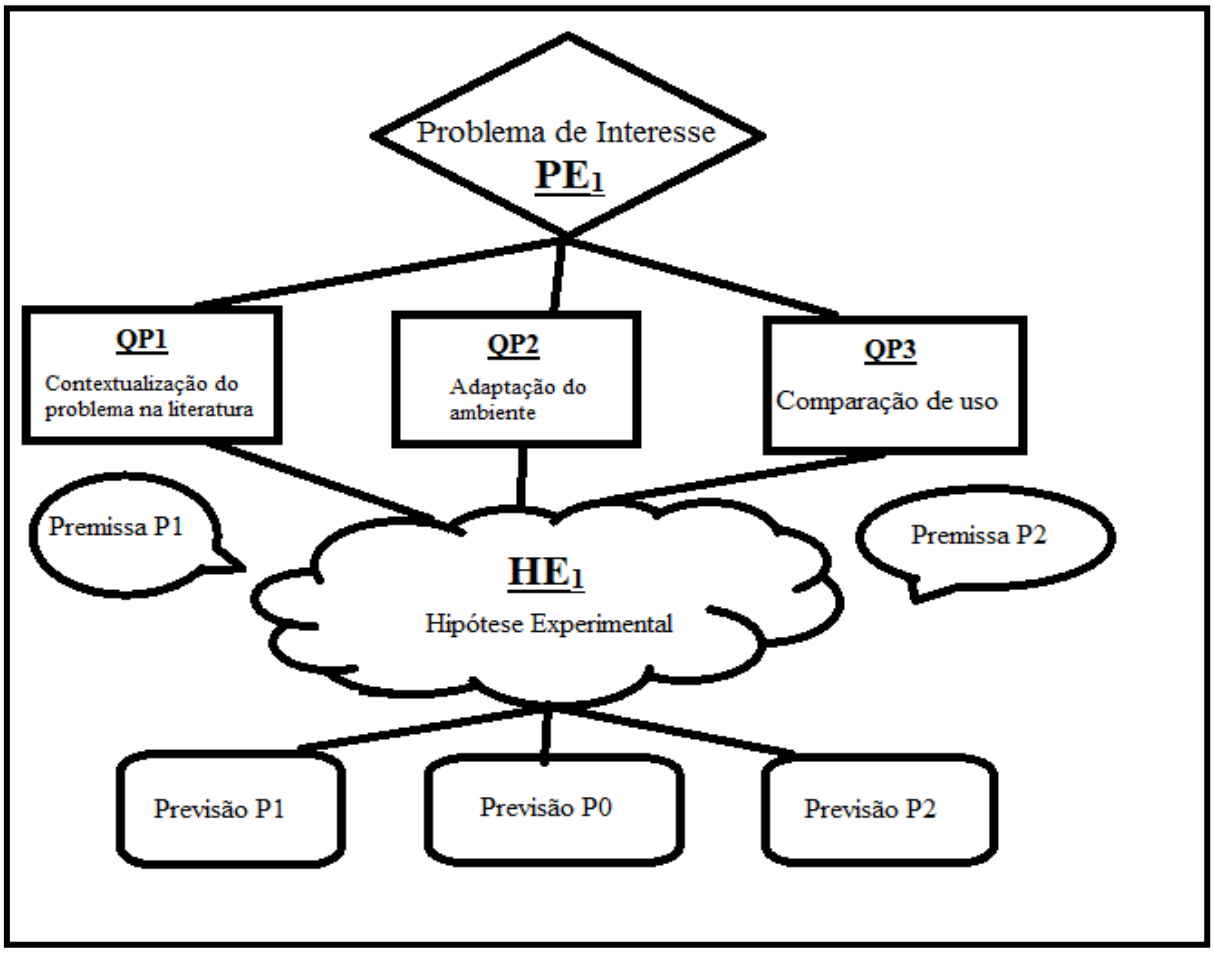
FONTE: Google imagens com adaptações do Autor – original em:
http://dainf.ct.utfpr.edu.br/~leonelo/aria/nodes/node-1-2.html (2017)

Como uma opção adequada para o papel dessa camada de acessibilidade, o uso de um framework multimodal apresenta grandes possibilidades de ser utilizado e se constituir em um potencial recurso de tecnologia assistiva.

1.3 ESTRUTURA DA PESQUISA

Para a realização da pesquisa é necessário que seja delineado alguns elementos que norteam e fundamentam o seu curso. O Quadro 1.1 apresenta o resumo da estrutura da pesquisa trabalhada nesta tese.

Quadro 1.1-Estrutura da Pesquisa



Fonte : Elaborado pelo Autor (2017)

A DESCRIÇÃO DO PROBLEMA DE INTERESSE

O problema principal que norteia esta pesquisa é o fato observado de que não é toda pessoa com necessidade especial que pode ter um acesso adequado às tecnologias da informação e comunicação devido às suas restrições de interação com os dispositivos tradicionais. Para tanto, precisam fazer uso de interfaces alternativas. No entanto, o uso simultâneo dessas interfaces pode ser comprometido pelo desempenho do ambiente computacional disponível inviabilizando o uso desses recursos. Por conseguinte, pode-se enunciar o problema empírico da seguinte maneira:

Problema Experimental-PE$_1$

Pessoas com necessidades especiais, de naturezas diversas, precisam fazer uso eficente e eficaz de um ambiente computacional, para uso em qualquer sistema de informação, com interfaces não convencionais para acesso a informações e a comunicação.

Para o escopo deste problema, pessoa com necessidade especial, conforme definições de Sassaki (2003) e CAOPIPD (2017), são aquelas pessoas que apresentam necessidades próprias e diferentes que requerem atenção específica em virtude de sua condição de deficiência. Genericamente também são chamados de portadores de necessidades especiais (PNE). São pessoas que apresentam significativas diferenças físicas, sensoriais ou intelectuais, decorrentes de fatores inatos ou adquiridos, de caráter permanente, que acarretam dificuldades em sua interação com o meio físico e social. Este estudo foca na questão da acessibilidade da pessoa com deficiência durante a sua interação humano-computador, igualmente denominado de interface humano-computador. Portanto, este estudo foca em ambientes computacionais que propiciam o acesso a informações às pessoas com necessidades especiais, igualmente chamada de pessoas com deficiência ou portadores de necessidades especiais.

Esta tese procura responder as seguintes **Q**uestões de **P**esquisa (QP) :

- **QP1** (Contextualização do problema na literatura): Existe carência na literatura para apresentação de solução que permita a elaboração e a configuração de um ambiente computacional multimodal assistivo?

- **QP2** (Adaptação do ambiente computacional): Como é possível realizar a adaptação e a configuração de um ambiente computacional multimodal para torná-lo assistivo e usável para pessoas com necessidades especiais ?

- **QP3** (Comparação de uso): Um ambiente multimodal assistivo construído segundo um modelo elaborativo apresenta uma usabilidade melhor para pessoas com necessidades especiais do que um ambiente tradicional?

O problema de experimental e as suas perguntas de pesquisas fundamentam a seguinte **Hipótese Experimental-HE$_1$**

> *A multimodalidade quando configurada com uso de um método elaborativo e configurativo promove um menor esforço interacional que a abordagem tradicional e apresenta uma usabilidade melhor percebida pelas pessoas com necessidades especiais, potencializandoo seu uso como um novo recurso de tecnologia assistiva.*

Como premissa no lado humano (Premissa - P1), o resultado do último censo populacional brasileiro que descreve que cerca de ¼ (um quarto) dessa população apresenta algum tipo de deficiência (IBGE, 2010), assumindo que existe um número considerável de pessoas com necessidades especiais de diversas naturezas que externam muitas dificuldades no uso desses ambientes computacionais e respectivos sistemas de informação e que necessitam de soluções adequadas para o acesso pleno nesse âmbito. Como segundo argumento, no lado máquina (Premissa - P2), a existência de novas interfaces interativas disponibilizadas no mercado e a disponibilidade e possibilidade do uso de *framework* multimodais para a realização da sintonia dessas novas interfaces para o seu uso síncrono.
Com base nas premissas P1 (lado humano) e P2 (lado máquina) e nas respostas das questões QP1, QP2 e QP3, obtem-se os possíveis resultados para hipótese levantada. A previsão P1 corresponde à constatação do fato de que a multimodalidade sob a elaboração do método proposto apresenta um resultado semelhante ao uso tradicional, não justificando o seu uso como uma tecnologia de apoio e consequente rejeição da hipótese. A previsão P2 que equivale à observação de que o método tradicional de acesso apresenta melhores resultados do que a multimodalidade, novamente rejeita-se a hipótese levantada. E por fim a previsão P0, que valida a hipótese levantada de a multimodalidade disponibilizada segundo o método proposto é uma solução potencial para uso como uma tecnologia assistiva.

1.4 OBJETIVOS

Esta tese, como obejtivo geral, propõe a especificação e o *design* de um método voltado a gestão construtiva de uma camada multimodal adaptativa a portadores de necessidades especiais para uso por equipes multidisciplinares responsáveis pela elaboração desse tipo de solução, de modo a permitir a aplicação dos princípios multimodais e de seus recursos em conjunto com o uso de novos dispositivos de interação humano-computador para que as pessoas com necessidades especiais, mesmo aquelas com restrições mais severas, possam

dispor de um ambiente computacional capaz de se adaptar às suas limitações e potencializar a sua acessibilidade por meio de uma interação plena com as TIC.

1.4.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para alcançar o objetivo geral deste trabalho, propõem-se os seguintes objetivos específicos:

- Desenvolver um método construtivo para ambientes multimodais assistivos, cujo acrônimo é '***M^2ALL*** – ***M***ultimodal ***M***ethod **A**ccessibi***L***ity ***L***ayer';

- Instrumentalizar a redução do esforço construtivo e configurativo de um ambiente computacional multimodal assistivo enquanto mantem a possibilidade de sua personalização para uso de pessoas com necessidades especiais; e

- Desenvolver uma aplicação real deste método proposto em um contexto de uso específico para um ambiente EaD na *web* de modo a realizar uma avaliação da usabilidade deste ambiente multimodal.

1.5 ESTRUTURA DA TESE

Os demais capítulos deste documento estão organizados como segue.

O Capítulo 2 apresenta a Metodologia aplicada ao estudo para realização da fundamentação e validação da pesquisa proposta.

O Capítulo 3 aborda uma revisão bibliográfica em estudos prévios, apresentando uma revisão de literatura na busca de trabalhos relacionados com o tema.

O Capítulo 4 aborda o tema central que fundamenta o trabalho que é a multimodalidade e responde à pergunta de pesquisa **QP1**.

O Capítulo 5 introduz o método ***M^2ALL***, apresentando todos os seus passos e atividades, respondendo à pergunta de pesquisa **QP2**.

O Capítulo 6 realiza o uso do método proposto em um estudo de caso aplicado em um ambiente EaD assistivo.

O Capítulo 7 descreve a avaliação da usabilidade no ambiente do estudo de caso, o qual foi realizado com alunos PNE em uma instituição de ensino superior. A pergunta de pesquisa **QP3** tem sua resposta descrita nesse capítulo.

O Capítulo 8 completa o estudo onde são apresentadas as discussões, conclusões e limitações do trabalho e finalizado com sugestões de trabalhos futuros.

Por fim, são apresentadas as referências bibliográficas, anexos e apêndices que compõem este trabalho.

2 METODOLOGIA

Este capítulo descreve o roteiro metodológico seguido para a fundamentação e a validação dos resultado obtidos para a pesquisa proposta. Nele é apresentada uma classificação formal na qual são tipificadas a natureza, objetivo, abordagem, procedimentos e métodos de coleta que foram necessários para a execução da investigação, além de apresentar uma descrição dos principais passos seguidos e os recursos utilizados para o respaldo dos resultados obtidos. Do ponto de vista estrutural a descrição metodológica seguiu uma linha de exposição geral dos métodos e dos recursos empregados, cujos detalhes mais significativos são melhor explicitados nos capítulos subsequentes do trabalho.

2.1 INTRODUÇÃO

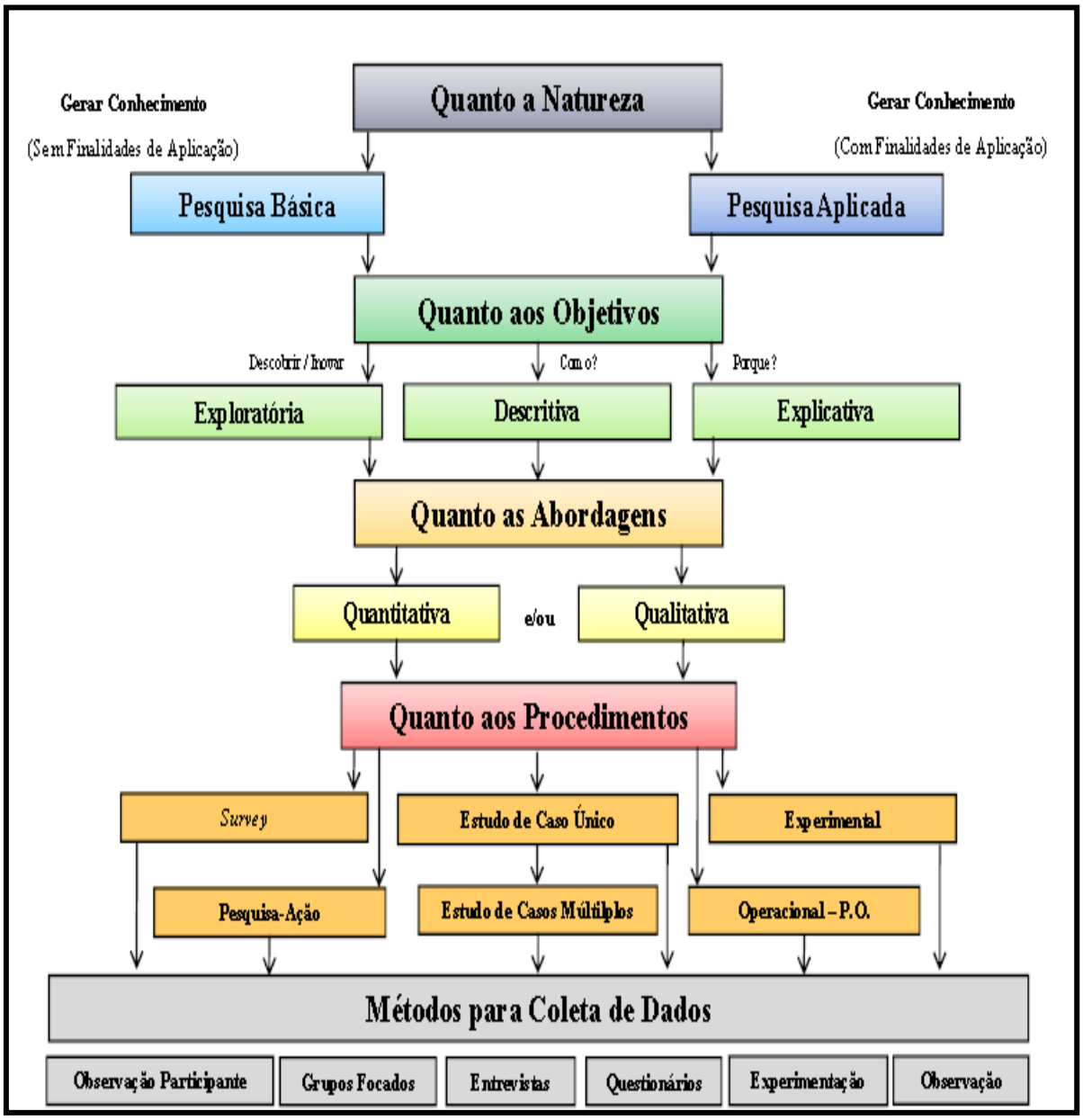
Para a obtenção de uma avaliação adequada dos resultados obtidos pela solução ministrada ao problema de pesquisa e o respectivo teste da hipótese proposta foi necessária a elaboração da descrição de um processo metodológico que serviu de guia para realização do desenvolvimento deste trabalho formado por procedimentos e os recursos que evidenciassem a veracidade dos resultados alcançados pela pesquisa.

O roteiro metodológico foi baseado em duas vertentes para o seu delineamento. Uma primeira vertente que procurou tipificar a pesquisa quanto a sua natureza, seus objetivos e os procedimentos. A segunda vertente que descreveu genericamente as etapas, métodos, instrumentos e os recursos empregados para o alcance dos resultados da pesquisa, cujos detalhes estão melhor caracterizados nos capítulos subsequentes e que se encontram referenciados durante a descrição deste capítulo.

2.2 TIPIFICAÇÃO DA PESQUISA

Conforme o modelo proposto pelo trabalho de Jung (2004), a pesquisa realizada possui uma identidade própria que é baseada na natureza de seu propósito e a sua classificação encontra-se descrita na sequência segundo esse modelo referencial apresentada nos itens relacionados no Quadro 2.1.

Quadro 2.1-Modelo para a classificação de uma Pesquisa Científica



FONTE : Jung (2009)

NATUREZA DA PESQUISA

A pesquisa realizada pode ser classificada segundo o modelo de Jung (2009) tanto como uma pesquisa com característica de pesquisa básica quanto uma pesquisa com peculiaridades de pesquisa aplicada.

O estudo desenvolvido se enquadra como uma pesquisa básica pelo fato de que na sua fase exploratória bibliografica e de observações de campo, realizadas pelo autor durante a busca pela compreensão do uso de ambientes multimodais por pessoas com necessidades especiais, surgiu a oportunidade da proposição de um novo método para atender demanda

específica para pessoas com necessidades especiais. Durante esta pesquisa foi verificada na literatura a ausência de trabalhos que descrevessem um modelo de referência para a orientação do gerenciamento das atividades elaborativas e configurativas de um ambiente computacional multimodal para o uso por pessoas com necessidades especiais,pelas pessoas responsáveis pela realização desta atividade. Este fato proporcionou a oportunidade para a concepção e apresentação de um novo modelo para a realização desse processo elaborativo. Paralelamente ao fato da percepção da ausência de um modelo elaborativo para ambientes multimodais assistivos, surgiram as condições técnicas e recursos para que este modelo proposto fosse aplicado durante a elaboração de ambiente multimodal assistivo direcionado para um ambiente escolar voltado ao ensino a distância, e também a realização de uma avaliação de usabilidade desse ambiente multimodal por alunos portadores de necessidades especiais de uma escola privada de gradução. Estes fatos occoridos ampliaram o estudo desenvolvido para uma investigação que também o caracterizou como uma pesquisa de natureza aplicada. Com a evolução do escopo da pesquisa, foi possível a obtenção de novos conhecimentos com potencial de serem utilizados para a otimização de produtos e processos assistivos. A natureza dual deste estudo tornou seu resultado mais amplo, disponibilizando contribuições para soluções de problemas que envolvem fenômenos de acessibilidade digital.

OBJETIVOS DA PESQUISA

Com relação aos objetivos da pesquisa, ela também se apresenta com caracteristicas plurais, assumindo um papel dual, pois ao mesmo tempo que tem características de uma pesquisa exploratória possui peculiaridades que a caractizam como uma pesquisa descritiva. No entanto, por se tratar de uma pesquisa inicial não pode ser posicionada como uma pesquisa explicativa, uma vez que este tipo de estudo visa a ampliação de generalizações, a definição de leis mais amplas e a definição de modelos teóricos, fato que exigiria um maior investimento em sínteses, teorização e reflexões com foco nos objetivos do estudo, visando essencialmente a compreensão dos “porques” do fenômeno em estudo (GIL, 2010).

Esta pesquisa apresenta propriedades de uma pesquisa exploratória, visto que é possível neste primeiro momento a realização de simulações e/ou experimentações capazes de descobrir fenômenos, comportamentos ou mesmo permitir a proposição de melhorias teorico-práticas para processos, produtos e recursos, sendo capaz de sugerir novos modelos ou inovações. Simultâneamente trata-se também de uma pesquisa descritiva, uma vez que durante a sua realização possui instrumentos capazes de identificar, registrar e subsidiar a

análise das características, fatores ou variáveis que se relacionam com o fenômeno ou processo em observação. Portanto, explorar e observar comportamentos dos fenômenos são as finalidades explícitadas neste estudo.

ABORDAGENS DA PESQUISA

A pesquisa procura observar fenômenos que caracterizam o comportamento humano diante do uso de computadores com determinadas peculiaridades, condições e particularidades, fatores que necessitam de registros capazes de persisitem atributos tanto quantitativos quanto qualitativos. Os recursos disponíveis para a pesquisa possuem condiçoes de registrar quantidades e valores numéricos, além de informações como sons, imagens e textos e atributos ligados a questões qualitativas.

A pesquisa utiliza instrumentos preparados para a captação de informações provenientes de sinais biológicos dos participantes, como por exemplo, sinais cerebrais que caracterizam o seu estado emocional, além de dispor de recursos tradicionais como questionários, registro de áudio e vídeo, arquivos para registros do uso de teclado/mouse e outros equipamentos de interação, entre outros recusos de apontamento de variáveis temporais e não temporais. A abordagem quali-quantitativa disponibilizada amplia as condições para uma análise mais precisa dos fenômenos em observação.

PROCEDIMENTOS DA PESQUISA

Os procedimentos adotados para a realização da pesquisa representa as formas adequadas para se alcançar os resultados esperados durante a sua execução e permite a obtenção de informações confiáveis que favoreçam uma análise e uma síntese adequadas dos dados captados.

Para que esta pesquisa obtivesse os resultados esperados, foram utilizados os seguintes procedimentos, conforme o foco de suas naturezas:

Foco como Pesquisa Básica

Os procedimentos utilizados para a realização da pesquisa básica com foco na obtenção de resultados voltados a uma contribuição teórica teve início em uma pesquisa inicial aplicada a alunos com deficiência e a avaliação de seu interesse em utilizar ambientes multimodais assistivos (OLIVEIRA, 2012; OLIVEIRA, 2016). Os

resultados das avaliações iniciais motivaram o aprofundamento dos estudos sobre o uso da multimodalidade por pessoa com deficiência, sendo realizadas pesquisas bibliográficas em vastos materiais dentro da Ciência da Computação sobre este tema em diversas bases de dados científicas e em amplas fontes bibliográficas obtendo-se um aprofundamento adequado do assunto e o seu respectivo estado da arte.

Nos estudos bibliográficos realizados na literatura e também em observações de campo realizadas junto a profissionais especialistas no atendimento de pessoas com necessidades especiais, foi percebida a ausência de trabalhos que correspondessem a um guia para a elaboração de ambientes multimodais assistivos, o que motivou o autor a propor um método próprio para esta atividade elaborativa.

Foco como Pesquisa Aplicada

Após a proposição teórica do método a ser utilizado como um guia para equipes responsáveis pela realização dessa atividade elaborativa assistiva, foi possível realizar um teste prático desse novo recurso fazendo a sua aplicação em um estudo de caso destinado a elaboração de um ambiente multimodal assistivo para uso em um sistema de ensino a distância. Este estudo de caso realizou uma avaliação experimental do ambiente multimodal assistivo ponderando seus resultados por meio de uma avaliação de usabilidade.

MÉTODOS PARA A COLETA DE DADOS DA PESQUISA

Durante o estudo de caso, foi roteirizada uma experimentação do ambiente multimodal assistivo, composta de etapas nas quais as pessoas com deficiência fizeram uso de recursos de interação tradicional e interação multimodal realizando em seguida uma avaliação da usabilidade do ambiente. Durante a avaliação da usabilidade foram utilizados recursos de medição qualitativa e quantitativa, proporcionada por instrumentos que possibilitaram a observação direta do comportamento dos participantes e por questionários e entrevistas realizadas antes e após as sessões de experimentação. Todos os instrumentos e recursos de medição foram pré-testados,calibrados e validados possibilitando uma captação adequada dos dados durante a fase de experimentação.

MÉTODOS PARA O TRATAMENTO DOS DADOS E ANÁLISE DA PESQUISA

Após a fase de obtenção dos dados da experimentação, todos os dados foram coletados e validados. Os respectivos dados brutos receberam tratamento adequado para serem analisados e interpretados, como por exemplo, foram realizadas codificações de respostas, tabulação de dados e realização de cálculos estatísticos entre outros recursos de tratamento de dados.

Todo o tratamento dos dados qualitativos e quantitativos serviram de recurso para realização das análises e as conclusões que levaram a verificação da hipótese levantada e os conhecimentos obtidos pelo estudo realizado.

2.3 MÉTODOS E RECURSOS METODOLÓGICOS APRESENTADOS NOS CAPÍTULOS SUBSEQUENTES

Os capítulos subsequentes do trabalho apresentam em detalhes métodos, recursos e procedimentos utilizados para embasar os dados e resultados obtidos no estudo. O Quadro 2.2 apresenta a descrição e a localização dos métodos, recursos e procedimentos encontrados nos capítulos subsequentes.

Quadro 2.2-Métodos/Recursos por capítulo e natureza da pesquisa

PESQUISA BÁSICA	PESQUISA APLICADA
Capítulo 3 – Interação Humano-Computador e Usabilidade. Metódo: Estudo Bibliográfico; Procedimentos da Norma ISO 9241-11 para Avaliação de Usabilidade.	**Capítulo 6** – Aplicação do Método Multimodal Assistivo – M^2ALL. Atividade de Avaliação de Usabilidade - Método: Guideline de Henry; Teste de Usabilidade- Norma ISO 9241-11 e ISO 16982.
Capítulo 4 – Multimodalidade- Frameworks Multimodais e Trabalhos Relacionados - Método: Estudo Bibliográfico.	**Capítulo 7** – Resultados da Avaliação de Usabilidade. Método: Amostragem empírica de Nielsen; Testes Estatisticos para avaliação da eficiência : Andeson-Darling e Teste T.
Capítulo 5 – Método Multimodal Assistivo – M^2ALL. Método: Estudo Bibliográfico.	----------

Fonte : Elaborado pelo Autor (2017)

2.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

O presente capítulo mostrou a orientação metodológica seguida para a realização do trabalho de pesquisa desenvolvido. Nele foi descrita a classificação da pesquisa segundo o modelo de Jung (2009) e apresentados de forma geral os procedimentos e métodos utilizados tanto para a vertente de pesquisa básica quanto para a vertente de pesquisa aplicada. Por fim é exibido um quadro resumo no qual são referenciados e localizados os métodos e recursos metodológicos que se apresentam nos capítulos subsequentes.

O Capítulo 3 – Interação Humano-Computador e Usabilidade, na sequência, expõe uma revisão bibliográfica em estudos prévios, apresentando uma revisão de literatura identificando os principais trabalhos relacionados com o tema.

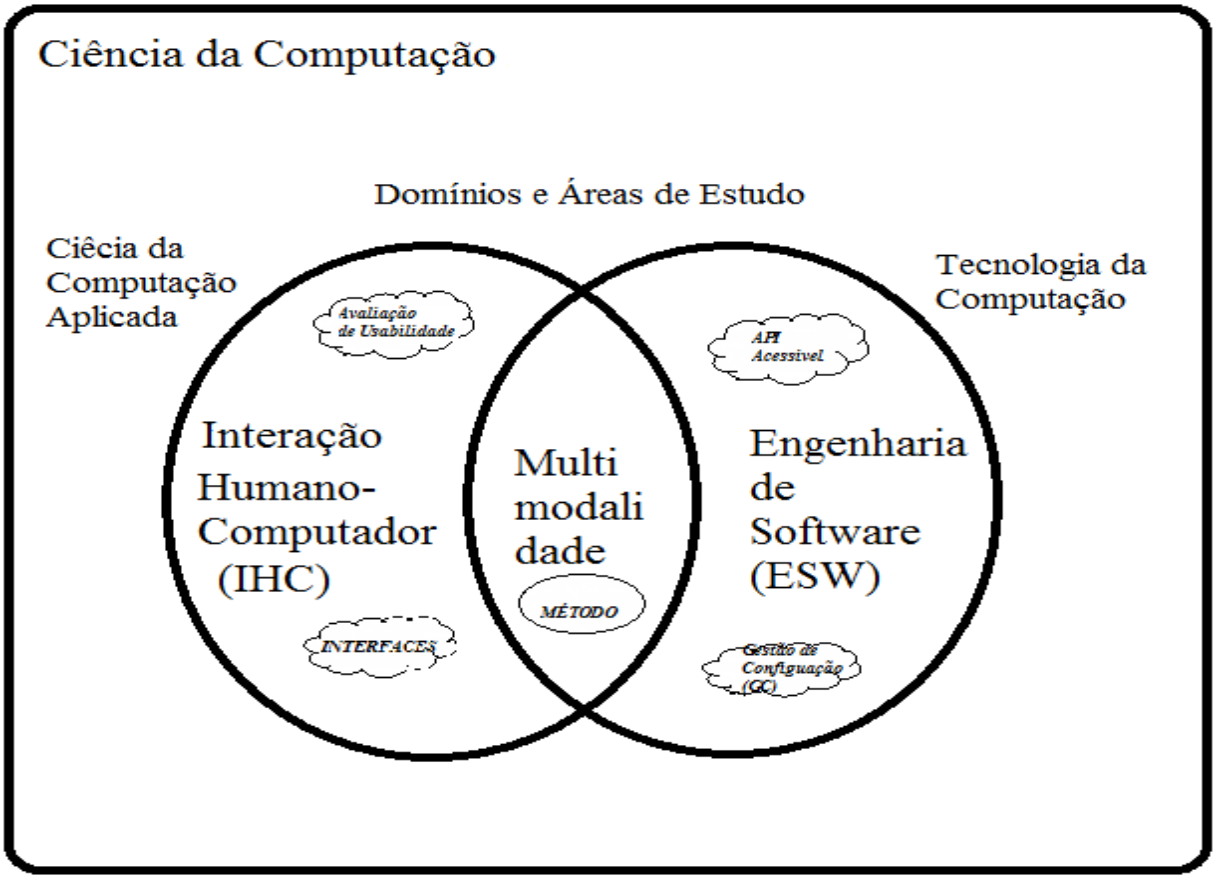
3 INTERAÇÃO HUMANO-COMPUTADOR E USABILIDADE

Este capítulo apresenta uma revisão das principais referências bibliográficas sobre os domínios de conhecimento ligados à interação humano-computador, considerando o escopo do tema desenvolvido, fornecendo o embasamento teórico necessário para a fundamentação da solução proposta ao problema levantado.

3.1 DOMÍNIOS E ÁREAS DO CONHECIMENTO

A fundamentação tórica deste trabalho baseia-se nos conhecimentos da Ciência da Computação, nos domínios de Ciência da Computação Aplicada e de Tecnologia da Computação. Neles são destacadas as áreas de Interação Humano-Computador e da Engenharia de Software. Na intersecção delas, é considerada a *Multimodalidade* (Figura 3.1).

Figura 3.1-Ciência da Computação Aplicada e Tecnologias da Computação – Domínios, Intersecção e Áreas de Estudo



Fonte: Elaborada pelo Autor (2017)

Na Interação humano-Computador, foram consideradas as Interfaces e as técnicas para avaliação de Usabilidade. Na Engenharia de Software, o foco foi na área de Tecnologias Assitivas no atendimento das questões da acessíbilidade em computadores, bem como na área da gestão da configuração de componentes para ambientes computacionais. Como confluência dessas áreas de estudo, a *Multimodalidade* é destacada como uma solução aplicada ao problema levantado e, na sequência, e devido à sua centralidade neste trabalho, será abordada em capítulo específico.

3.2 EVOLUÇÃO DAS INTERFACES HUMANO-COMPUTADOR

O Quadro 3.1 e a Figura 3.2 descrevem sequencialmente a evolução das interfaces humano-computador nas últimas décadas caracterizando os tipos de interação, dispositivos de entrada/saída, processamento computacional e a sua comunicação.

De acordo com Garbin (2010), os primeiros *mainframes*, até cerca de 1960, não possuíam interface interativa e operavam somente em modo de processamento de dados por lotes, conhecidos como *batch processing*, utilizando cartões perfurados e fitas magnéticas como meios entrada de dados. O processomento por lote funciona de maneira que ele seja processado sem intervenção manual até ser completado, tendo seus *inputs* e *outputs* pré-selecionados conforme a natureza do trabalho (*job*). Esse processo satisfazia a maioria das necessidades de cálculos e processamentos daquela época, mas não se adequava à comunicação interativa entre pessoas e computadores. Conforme o Quadro 3.1 na evolução das interações humano-computador é possível se identificar três tipos diferentes de interface: CLI (*Command-Line Interface* ou Interface de Linha de Comando), GUI (*Graphical User Interface* ou Interface Gráfica do Usuário) e mais recentemente a NUI (*Natural User Interface* ou Interface Natural do Usuário).

Quadro 3.1-Evolução das Interfaces Humano-Computador

PERIODO	ENTRADA	INTERFACE	SAIDA	USUARIO	PROCESSAMENTO	IMAGEM / COMUNICAÇÃO
Anos 50-60	Uso de botões na CPU; Leitoras de cartão perfurado ou fita de papel perfurados / Fitas magnéticas	Uso de painéis direto na CPU	retorno visual nos painéis da CPU em forma de luzes ou alarmes; Impressoras / gravação em fitas magnéticas / Discos Magnéticos	Operador de Computador	Execução em lote - Batch - execução de um trabalho (job) por vez.	SEM COMUNICAÇÃO
Anos 70-80	Console de Operador; Terminais de Raios Catódicos; Fitas magnéticas; cartões perfurados; cartões magnéticos;	CLI Interface por Linha de comandos; A única interface existente era uma linha de comando de um sistema operacional	Menus hierárquicos e preenchimentos de formulários em tela; Relatórios em tela; Impressoras; fitas magnéticas; Disco Magnético	Operadores de Computador; Poucas pessoas tinham acesso aos terminais CRT;	Mutitask; Time Sharing; On-line;	REDE PRIVADA LOCAL / PRIVADA (LP)
Anos 90-2000	Terminais CRTs Coloridos; Computadores Pessoais (PCs); Multimidia; Mouse;	GUI Interface Gráfica de Usuário; Modelo Gráfico WIMP; Hipertextos;	Janelas, Icones, Menus Gráficos e Dispositivos Apontadores.	Popularização dos Computadores Desktops e Laptops;	Ambiente Cliente / Servidor; ServiçosWEB.	REDE DISCADA / INTERNET 1.0
Anos 2001 - 2015	Novos Dispositivos de Interação; Superficies Multitouch; Smartphones; Dispositivos Cinéticos; Interfaces Cerebrais; Interfaces Biológicas; Interfaces vestiveis	NUI Interfaces Naturais de Usuário; Hipermidias	Interfaces Sonoras; Interações Hápticas; 3D; Alta Resolução; Impressoras 3D	Popularização do Smartphones; Preseça maciça de computadores pessoais na população e computação móvel	Computação em Nuvem; Computação Social; Internet das Coisas;	REDES DE ALTA VELOCIDADE / WIRELESS

Fonte: Elaborado pelo Autor (2017)

Figura 3.2-Evolução das Interfaces humano-computador

Fonte: Espaço Digital uiux.pt (2017)

3.3 CLI - COMMAND-LINE INTERFACE

Nos anos 1970, os *mainframes* começaram a adotar também interfaces que permitiam interatividade com o usuário, aceitando seus comandos e operando como computadores em sistema de *time-sharing*, ou de tempo compartilhado, permitindo que inúmeros usuários e tarefas interagissem simultaneamente com um único computador (sistemas dotados de multiprogramação e multitarefa).

O conceito de CLI (*Command-Line Interface*) utilizado nesses computadores originou-se dos teletipos, máquinas de escrever eletromecânicas, utilizados desde os anos 1950 para transmissão de dados, segundo explica Stephenson (1999). Os teletipos eram ligados aos *mainframes*, juntamente com CRT (tubos de raios catódicos) para a visualização do *prompt* de comando a ser digitado. Assim, uma interface CLI consiste de um mecanismo para interação com um computador por meio da digitação de comandos de texto para a realização de tarefas específicas.

A evolução das interfaces segue os caminhos para interações mais visuais e físicas. Entretanto, as interações por linha de comando continuam evoluindo de maneira conjunta e complementar aos outros tipos de interfaces que foram surgindo, utilizando-se de suas vantagens como baixa necessidade de recursos do computador, maior velocidade de navegação pela interface e maior controle do sistema operacional.

No que se refere à CLI na *web* (NORMAN, 2007), ao se navegar pela *Internet*, digita-se a pesquisa em motores de busca, como por exemplo no Google (2016), no qual é

representada por comandos que retorna diretamente respostas como saída ao comando de entrada.

Um sistema que ofereça recursos de CLI costuma apresentar uma curva de aprendizagem mais plana, pois é preciso inicialmente que o usuário se familiarize e memorize os comandos, apesar do ganho com a redução do número de cliques que seriam necessários para realizar as mesmas operações em uma interface gráfica. Além disso, a existência de idiomas diferentes e consequentemente possíveis alfabetos diferentes formam uma barreira para a universalização de uma interface deste tipo, uma vez que os comandos costumam fazer sentido apenas para aqueles usuários que conheçam o idioma para o qual a interface está otimizada.

3.4 GUI - GRAPHICAL USER INTERFACE

Uma interface GUI (*Graphical User Interface*) por manipulação direta substitui os comandos que precisam ser memorizados. Nela, ações são realizadas ao se mover objetos em uma tela e selecionando-os em *menus*. Como exemplo da vantagem no uso deste tipo de interface tem-se que um usuário pode criar e modificar um documento por meio da interface e poderá vê-lo de forma muito similar à que teria na forma impressa. Essa natureza interativa é conhecida como WYSIWYG, acrônimo da expressão em inglês *What You See Is What You Get*, cuja tradução é "O que você vê é o que você obtém", e que era inicialmente relacionada a editores de texto, se tornando um termo mais abrangente posteriormente para outros aplicativos.

Um conceito que muitas vezes se confunde ou até mesmo é usado como um sinônimo aproximado de GUI é o tipo de interação WIMP. Uma interpretação comum do acrônimo é de que este significa ― *Window, Icon, Menu, Pointing device*‖ (Janela, Ícone, Menu, Cursor) e indica uma interface gráfica composta desses elementos. Esse tipo de interação foi desenvolvido na *Xerox Palo Alto Research Center* em 1973, mas alcançou popularização em máquinas voltadas para o mercado de massa, consolidando a era dos computadores pessoais.

No caso do WIMP, a interação é realizada a partir de um dispositivo físico de entrada que controla a posição de um cursor – um *mouse* – e apresenta a informação organizada em janelas e por meio de ícones que a represente. Os comandos são dispostos em *menus* para serem, então, selecionados e acionados pelo *mouse*. Desse modo, não é necessário memorizar diversos comandos, como é o caso da CLI, tornando-se um ambiente mais familiar e que facilita operação multitarefa, assim como *widgets* (utilitário gráfico). Facilita o uso também

para pessoas sem amplo conhecimento técnico e iniciantes, de forma a aumentar a inclinação da curva de aprendizagem.

Durante os anos 1970 e 1980, foram realizados vários estudos e registradas patentes de telas sensíveis ao toque (*touchscreens*), que, assim como o *mouse*, são utilizadas como cursores, principalmente em dispositivos portáteis. *Touchscreens* evoluem no sentido de buscar uma melhora no *feedback* ao usuário, por meio de resposta háptica (realimentação física, relativa ao tato. ex.: realimentação de força em um *joystick*, característica vibratória de um celular, resposta tátil de uma *touchscreen*) e na melhora na precisão (que permite melhor interface para escrita e desenho, como PDA e *tablets* gráficos).

Computadores pessoais atuais unem as funções de processamento por lote, CLI e GUI em seu *software*, de modo que se complementem. Conforme explica Norman (2007), à medida em que o número de itens e alternativas que precisam ser manipulados na interface aumenta, o que é comum em sistemas operacionais e aplicativos complexos, uma interface GUI passa a se tornar menos eficaz.

3.5 NUI - NATURAL USER INTERFACE

Segundo Wiser (1991), facilidades computacionais deveriam ser incorporadas aos ambientes para auxiliar as tarefas humanas de uma forma transparente e pouco intrusiva. Assim, computadores não somente seriam unipresentes, como também a comunicação entre eles seria em rede e autônoma. Essas máquinas fariam uso de múltiplos sensores na captação de dados dos ambientes, atuando de forma inteligente (uniciência) e sintonizados ao perfil comportamental de cada usuário. Essa unipresença e penetrabilidade das máquinas em rede nos ambientes em que as pessoas frequentam ou fazem uso, caracteriza a ubiquidade ou pervasividade desse processo computacional interativo. Desse modo, ambientes multimodais proporcionam as condições para que a interação natural por meio da materialização da pervasividade e ubiquidade dos equipamentos transdutores e de suas interações simultâneas realizadas de maneira inteligente ocorra.

Grande parte das ferramentas fornece bom suporte para interação por meio de *menus* e caixas de diálogo com uso de teclado e *mouse*, mas a tendência percebida no mercado é que esses métodos percam espaço e sejam substituídos, pelo menos em parte, por técnicas como reconhecimento gestual, escrita manual e reconhecimento de fala. Os métodos de

reconhecimento requerem *software* que identifique as ações de caráter mais natural do usuário e interprete o seu significado como dispositivo de entrada.

Interfaces que se baseiam em reconhecimento possuem algumas diferenças com relação a CLI e GUI no que se refere à precisão do *input* do usuário, já que podem ocorrer erros de interpretação durante o reconhecimento, tornando-o incerto. Por isso, devem fornecer um *feedback* ao usuário de modo que ele mesmo possa se monitorar, verificar a causa do erro de interpretação e corrigí-lo. Ao mesmo tempo, ao se programar o s*oftware* de uma aplicação desse tipo, deve-se utilizar profundos conhecimentos sobre o contexto da aplicação para que haja menos erros de interpretação no reconhecimento dos dados de entrada do usuário.

Buxton et al. (2002) definem que uma interface é natural se ela for "uma interface de usuário desenvolvida para reusar habilidades existentes na interação direta com o conteúdo", assim, uma NUI (*Natural User Interface*) se utiliza das habilidades não-computacionais já existentes de um usuário, inatas ou adquiridas por meio da prática e vivência de comunicação, verbal ou não, com outros seres humanos e a interação com o ambiente ao seu redor. Desse modo, a interação acontece por meio de diversos tipos de dispositivos de entrada intuitivos, seja por toque, gestos ou fala, em um ambiente que represente metáforas retratando experiências do mundo real do usuário.

Blake (2010) faz uma comparação com CLI e GUI que se utilizam de elementos artificiais para criar as interfaces. Uma CLI utiliza texto como *input* e também como *output* e uma GUI utiliza, por exemplo, *mouse* para *input* e janelas, menus, ícones como *output*. Porém, a diferença principal, é o fato de CLI e GUI se definirem quanto ao dispositivo de entrada utilizado, enquanto NUI se define no modo como é realizada a interação. Assim, qualquer tipo de tecnologia pode ser utilizado na interface natural, desde que a interação se baseie na reutilização de habilidades existentes do usuário e foque no conteúdo, na sua interação direta com o usuário.

A interação direta do usuário com o conteúdo não significa que uma interface natural deva ser totalmente desprovida de controles físicos artificiais ou gráficos, como caixas de diálogos e botões. Apenas significa que eles devem ser secundários à interação direta com o conteúdo.Uma interface deve ser projetada de modo que as suas interações sejam apropriadas ao usuário, ao conteúdo e ao contexto no qual é utilizada.

Isso ocontece devido à forma como ocorre a transição entre os tipos de interface. Um novo tipo de interface de maior capacidade, usabilidade e apreensibilidade passa a dominar as

funções mais gerais de uma interface e a natureza competitiva do mercado causa a expansão da sua adoção. Porém, o novo tipo de interface não substitui completamente os tipos anteriores, pois estes ainda se apresentam úteis e complementares à nova interface pela maior eficiência em funções mais especializadas. A transição de CLI para GUI ocorreu dessa forma, assim como ocorre a transição de GUI para NUI, com as interfaces naturais desempenhando as funções mais gerais, sendo mais fáceis de aprender já que se baseiam em comportamento natural e no cotidiano do usuário, enaltecendo a experiência do usuário e a usabilidade da interface. Já as interfaces gráficas desempenham as funções mais especializadas, as quais requerem do usuário uma maior precisão com o uso de um cursor e a maioria das vezes uma extensa atividade de entrada de dados.

Interfaces naturais, do mesmo modo que a interação das pessoas com o mundo real, possuem características que proporcionam uma sensação de fluidez e naturalidade:

- Interação direta, seja pela proximidade física da ação do usuário com o elemento com o qual interage, ou pela proximidade temporal na qual a interface reage ao mesmo tempo que o usuário, ou ainda por ação paralela do mapeamento entre uma ação do usuário e um elemento da interface. Quando uma interface permite usuários a interagir com computadores por movimento de seu corpo, ou partes dele, e objetos, Bruegger e Hirsbrunner (2009) dizem que ela é uma interface de usuário cinética (KUI – Kinetic User Interface). Exemplos de interação direta seriam uma tela *multitouch*, pela qual o usuário toca a tela diretamente, enquanto a interface reage imediatamente e a movimentação e gestos dos dedos são mapeados nas coordenadas da tela. O Microsoft *Kinect*[1] mapeia pontos do corpo do usuário para criar um modelo cujos movimentos interagem diretamente com o ambiente;
- Interação de alta frequência, por meio de várias pequenas interações rápidas, resultantes de uma interação direta, e constante *feedback*, resultando em maior realismo. Um *tablet* realiza diversas interações rápidas de cada ponto em que se desenha sobre ele, reproduzindo os traços ao mesmo tempo; e
- Interação contextual, a qual busca prioritariamente opções apropriadas de tarefas a serem realizadas conforme a tarefa realizada pelo usuário, permitindo tomadas de decisões mais rápidas e fáceis.

[1] https://www.microsoft.com/pt-br/

A interface natural é uma camada de software em uma aplicação computacional que é responsável pelas ligações das interações do usuário com o computador de uma forma intuitiva e natural, providas por meio do corpo, voz, toque e gestos.

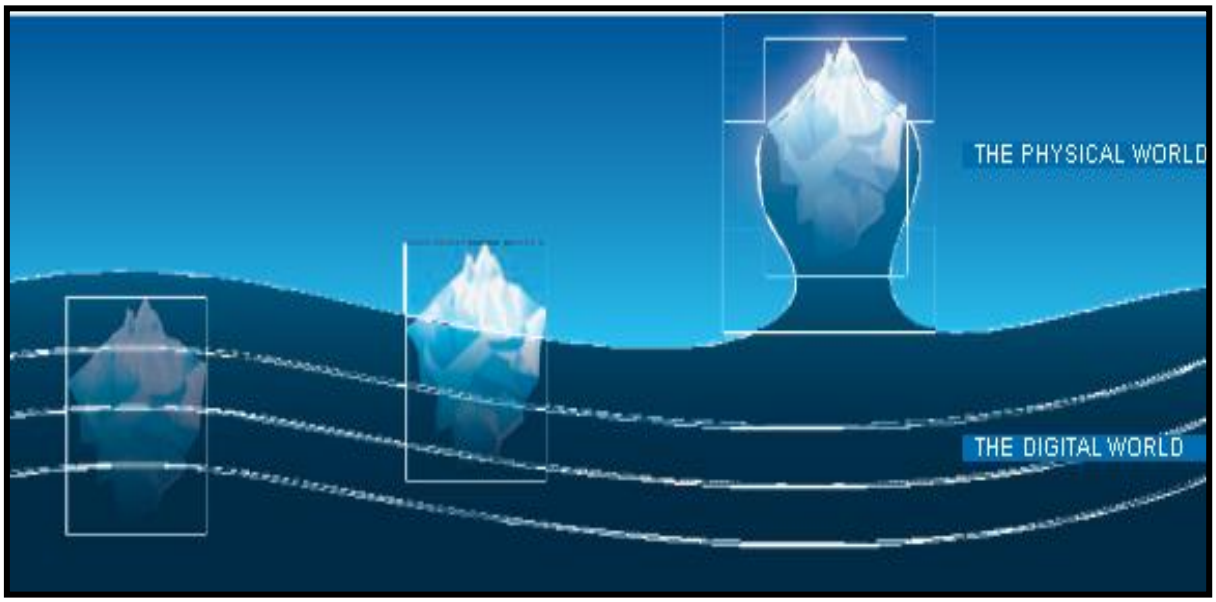
No contexto educacional, a computação aliada aos materiais concretos pode vir a auxiliar mais efetivamente o processo de ensino-aprendizagem, fornecendo novas possibilidades de interação e multimídia para incrementar as atividades didáticas.

As características da diminuição da carga cognitiva, aprendizagem progressiva, interação direta, evitando metáforas artificiais, apresentadas pelas interfaces naturais, representam um grande atrativo na inclusão de usuários que poderiam apresentar dificuldades em utilizar uma interface gráfica.

3.5.1 *TIPIFICAÇÃO DE INTERFACES NATURAIS*

Sant'anna e Ferronato (2012) destacaram que dentre as interfaces consideradas NUI, um subtipo muito significativo denominado de ***TUI*** (Tangible user interface), cujo conceito surgiu no final da década de 90 em um artigo publicado por Ishii e Ullmer (1997) baseando-se no conceito de "Graspable User Interface" (Interfaces Palpáveis) e que também foi pesquisado e publicado nos anos 90 por Fitzmaurice et al. (1995). Ishii et al. (2012)publicaram um trabalho denominado ***Radical Atoms*** prevendo uma grande mudança no paradigma do *design* da interação humano-computador, no qual a própria interface é o material, chamando essa nova interação de interações humano-materiais (HMI) ou interfaces de usuário e material (MUI), na quais qualquer objeto - independentemente de sua complexidade, dinâmica ou flexíbilidade de sua estrutura – poderá ser exibido, incorporado e responder com as suas informações digitais, emergindo para o mundo físico, conforme mostrado na Figura 3.3.

Figura 3.3-Modelo Radical Atoms



Fonte : Hiroshi Ishii et al., 2012

Outra tipificação para interfaces NUI são as interações para reconhecimento de movimentos corporais denominadas de "***hands-free***" ou "***No hands***" conforme o estudo inicial proposto por Craig et al. (2002) no qual interfaces que não utilizaram as mãos para realizar a interação humano-computador em um sistema de controle ambiental (ECS - Environmental Control System) permitiram que pessoas com deficiências severas pudessem ativar e controlar dispositivos elétricos em suas casas usando sinais cerebrais para realizarem os comandos de acionamento. Nesse grupo de interfaces estão também incluídas as interfaces oculares e pupilar (NUZHDIN, 2017), reconhecimento de expressões faciais (BAKSHI e SINGHAL, 2014) e reconhecimento de voz (COHEN e OVIATT, 2017).

3.5.2 *INTERFACES NATURAIS E COMPUTAÇÃO PERVASIVA ou UBÍQUA*

A percepção humana sobre o seu contexto ocorre através dos seus cinco (5) sentidos: visão, audição, tato, paladar e olfato. Estes sentidos quando combinados ou mesmo usados de maneira isolada compõem uma rede sensorial que possibilita o cérebro a obter informações que favorecem a sua interconexão com o mundo externo. Os seres humanos ao procederem a suas atividades de comunicação, fazem uso de símbolos baseados em padrões linguísticos - sintáticos e semânticos - de compreensão comum aos interlocutores, promovem a permuta de informações e conhecimentos. Os mecanismos de captura, processamento e intercâmbio de informações, como por exemplo a fala, os gestos, as expressões faciais, entre outros, ocorrem

em sua maioria de maneira simultânea, ou seja, são canais de comunicação múltiplos ou multimodais. É natural que se deseje fazer uso de todos estes recursos de forma semelhante para a comunicação com as máquinas. No entanto, no atual estágio da tecnologia, ainda existe uma separação entre a interação humano-humano e a interação humano-computador (JUNIOR, 2007).

O objetivo das interfaces naturais é dar suporte às formas comuns da expressão humana de maneira semelhante como elas interagem com o mundo físico, ou seja, utilizar objetos concretos para manipular artefatos computacionais, de modo que a manipulação física desses dispositivos seja interpretada pelas aplicações que os controlam (HARRISON *et al.*, 1998).

3.5.3 *INTERFACES NATURAIS E REALIDADE MISTURADA*

Conforme Garbin (2010), é possível fazer um comparativo entre Realidade Aumentada e Realidade Virtual (RV):

- A Realidade Aumentada enriquece o ambiente real com elementos virtuais, enquanto a Realidade Virtual é totalmente gerada por computador;
- No ambiente de Realidade Aumentada, o usuário mantém o sentido de presença no mundo real, entretanto, na Realidade Virtual, as sensações do ambiente (virtual) são controladas pelo sistema; e
- A Realidade Aumentada precisa de um mecanismo para combinar os elementos virtuais e o ambiente, ao passo que a Realidade Virtual precisa de um mecanismo para integrar o usuário ao mundo virtual.

Uma vantagem interessante e muito explorada por *interfaces naturais* é a possibilidade de misturar objetos do mundo real com objetos virtuais em um mesmo ambiente de interação, no que é conhecido como Realidade Misturada.

3.5.4 *ORGANIC USER INTERFACE - OUI*

De acordo com Vertegaal e Poupyrev (2008), uma interface orgânica de usuário é um dispositivo com telas não planares que podem mudar de forma ativa ou passiva através de insumos físicos analógico. Garbin (2010) descreve que dentre os dispositivos que podem ser utilizados para tornar uma interface orgânica estão sensores de fibras ópticas utilizados para

medir dobras, sensores piezoelétricos para medir deformações em tecidos para monitorar gestos, postura e sinais vitais como respiração do usuário em dispositivos de *wearable computing* (Computação vestível) com possibilidades em aplicações médicas e de reabilitação motora, como no estudo conduzido por Huang et al (2008) e também em telas finas e flexíveis que podem ser utilizadas, por exemplo, como papel eletrônico com a tinta eletrônica de material biestável. Outra opção é o FOLED, uma tela de OLED (organic light-emitting diode) que é um diodo orgânico que emite luz, construída em um substrato flexível como plástico ou uma folha metálica, o que confere vantagens como maior leveza, espessura e a falta de *backligh*t volumosa, quando comparada a um LCD (Liquid Crystal Display) que em português significa tela de cristal líquido, construído em substrato de vidro, além da flexibilidade que pode oferecer. Esta, aliás, representa um passo importante no avanço de interfaces para dispositivos portáteis, vestíveis e computação ubíqua, já que é possível torcer, enrolar ou dobrar um display leve e de pouco volume.

Parkes, Poupyrev e Ishii (2008) definem interfaces cinéticas orgânicas (KOI – Kinetic Organic Interfaces) como OUI que empregam movimentos físicos para incorporar e comunicar informação aos usuários, pelas quais todo o mundo real se torna possibilidade para interações, não apenas por meio de uma tela de computador.

Durante o desenvolvimento de uma interface, existe a necessidade de uma grande multifuncionalidade dos dispositivos que trazem um custo nas suas ergonomias e usabilidades, porém a capacidade de um objeto mudar a sua forma física, adaptando-se à sua função ou ao contexto programando-se cineticamente confere uma possibilidade de se contornar esse problema.

Existem diversos tipos de movimentos que podem ser realizados por componentes físicos de um sistema para que possam ser detectados pelo usuário e ele responda ao estímulo. Dentre esses tipos estão mudança de forma, movimentos que podem ser percebidos visualmente, por percepção háptica, como formato de superfície, textura e *feedback* de força, ou até auditivamente, pelo som produzido durante um movimento, como movimento linear, rotacional e variáveis de direção e velocidade. As interfaces hápticas, permitem que os usuários sintam as propriedades dos objetos, como peso, resistência e textura.

No caso de interfaces tangíveis, a ligação entre os elementos físicos e digitais é geralmente unilateral, com o usuário adicionando informações através do meio físico do sistema, porém sem alterações nos elementos físicos causadas pelo meio digital. A adição dos

elementos cinéticos no *design* da interface estabelece uma bidirecionalidade em relação às causas das alterações físicas do sistema. E, diferentemente do caso de interfaces de realidade aumentada, em KOI os objetos são todos reais, logo estão perfeitamente integrados aos organismos vivos e objetos inanimados do ambiente. Os níveis de percepção cinestésica, do movimento físico de objetos, através de visão, audição, tato em humanos torna a experiência mais real e rica que imagens virtuais.

Uma interface cérebro-computador (BCI – Brain Computer Interface) pode também ser classificada como uma interface OUI, uma vez que interage com o utilizador de forma natural e interage através de sinais corporais do cérebro (GERVASI, MAGNI e MACELLARI, 2014).

3.6 DISPOSITIVOS PERIFÉRICOS TRADICIONAIS E O USO POR PESSOAS COM NECESSIDADES ESPECIAIS

Desde o advento dos primeiros computadores pessoais, quatro (4) periféricos básicos acompanham o uso funcional desses equipamentos realizando a interação humano-computador: o teclado como periférico principal para entrada de dados, em seguida o *mouse* como periférico auxiliar para aperfeiçoar a interação com interface gráfica, e o monitor de vídeo e interfaces sonoras como meio de saída de informações do computador para o usuário.

Nos anos 80, os monitores de vídeo passaram a exibir cores. Foi nesta época que também surgiram os monitores de cristal liquido, que quando foram criados, eram somente usados em *notebooks*, pois eram muito caros e com eficiência igual à de um monitor comum. Os monitores LCD evoluíram, e uma de suas muitas funções é permitir uma maior interatividade, por meio de uma nova funcionalidade que é a interação com sua superfície - *touchscreen*. As interfaces acústicas utilizam as saídas de áudio do computador podendo ser realizadas por meio de caixas de som ou periféricos denominados de *headphones*, utilizando como prinpío as informações codificadas na modalidade de sinais sonoros.

O computador e o uso da Internet representam um enorme passo para a inclusão de pessoas com necessidades especiais, promovendo sua autonomia e independência. Mas como uma PNE utiliza um computador? Muitas vezes, a deficiência não é severa o suficiente a ponto de tornar-se uma barreira à utilização do computador. Entretanto, na maioria das páginas da *web*, as pessoas cegas ou com baixa visão, pessoas com deficiência auditiva, com dificuldade em utilizar o *mouse*, por exemplo, encontram inúmeras barreiras de acessibilidade

que dificultam ou impossibilitam o acesso aos seus conteúdos. Conforme a natureza da deficiência, a utilização de alguns periféricos fica comprometida, o que torna a interatividade por meio deles comprometida. Nessas condições, o acesso ao computador não pode ser realizada pela PNE de maneira ampla, o que promove quatro (4) situações classicas vivenciadas por esses usuários:

1) **Acesso ao computador sem *mouse*:** no caso de pessoas com deficiência visual ou com dificuldade de controle de movimentos como por exemplo paralisia ou amputação de membros superiores;

2) **Acesso ao computador sem teclado:** no caso de pessoas com amputação, ou que apresente ampla limitação de movimentos, ou mesmo a ausência de força nos membros superiores;

3) **Acesso ao computador sem monitor**: no caso de pessoas com deficiência completa da visão; e

4) **Acesso ao computador sem áudio**: no caso de pessoas com deficiência auditiva.

Esses não são os únicos casos que devem ser considerados quando se pensa em acessibilidade. Muitas pessoas apresentam outras limitações relacionadas a memória, resolução de problemas, atenção, compreensão verbal, leitura e linguística, compreensão matemática e compreensão visual, entre outras.

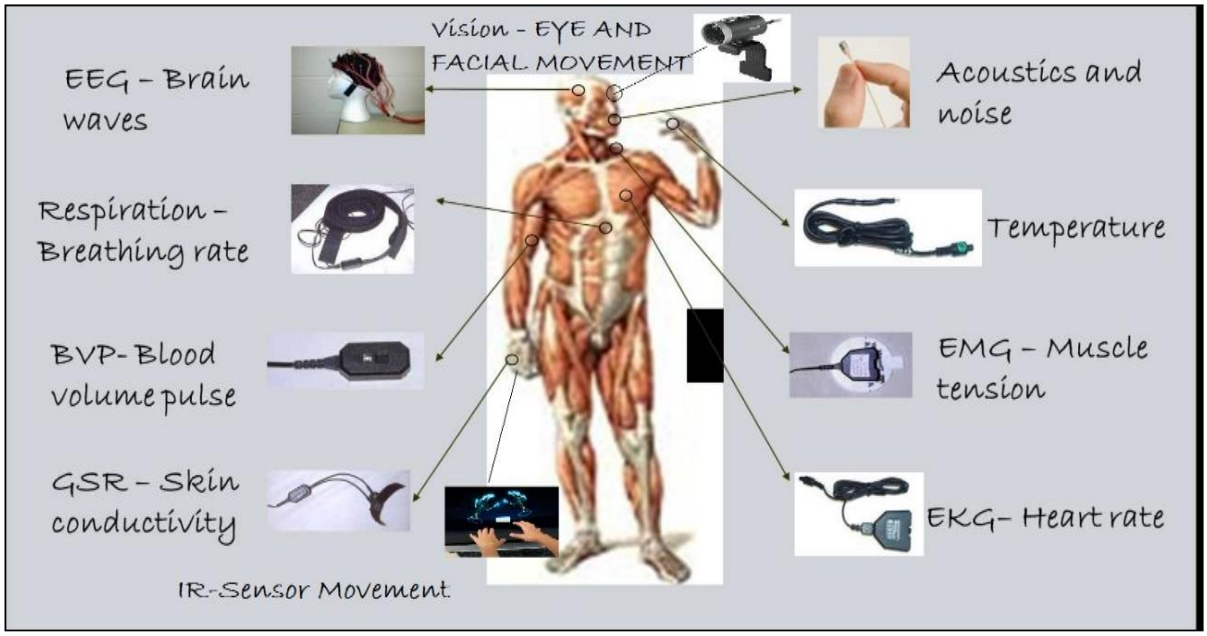
Uma pessoa com dislexia, por exemplo, pode apresentar dificuldade de leitura de uma página devido a um desenho inadequado. Por isso, um *site* desenvolvido considerando a acessibilidade deve englobar diferentes níveis de escolaridade, faixa etária e pouca experiência na utilização do computador, bem como ser compatível com as diversas tecnologias utilizadas para acessar uma página da *web* (LOBATO et al., 2012).

3.7 DISPOSITIVOS PERIFERICOS NÃO CONVENCIONAIS - UNIMODAIS

Nos últimos anos, o progresso tecnológico no projeto de novos dispositivos e o crescimento científico no campo da Interação Humano-Computador têm possibilitado novas formas de interação que estão migrando da pesquisa para produtos comerciais. Uma variedade de periféricos que são facilmente instalados em um computador e podem ser utilizados como dispositivos de entrada/saída de dados podem substituir de maneira adequada os periféricos convencionais utilizados como únicas opções de interação entre o usuário e o computador. A

introdução dessa nova geração de periféricos possibilita uma maneira mais natural dos seres humanos se comunicarem com os computadores, por meio de interfaces mais eficientes, intuitivas, fáceis de usar e, de certa forma, mais inteligentes (NETO, 2011).

Figura 3.4-Suíte de Periféricos para Interação Corpo-Mente x Computador



Fonte: Adaptado de Moldoveanu (2013).

A Figura 3.4 apresenta um conjunto de sensores não invasivos que podem ser acoplados ao corpo do usuário e a partir dos sinais captados (entrada de dados) muitas atividades podem ser realizadas pelo computador conforme os valores fornecidos, possibilitando um tratamento desses sinais, por meio do reconhecimento de padrões, e por conseguinte, obter-se *feedback* do sistema de informação ao qual estiver conectado. De um modo geral, do ponto de vista da interação humano-computador, diversas atividades como, por exemplo, a navegação em sistemas de informação e a comunicação com a inclusão de textos é plenamente possível. A aquisição de estados emocionais e cognitivos é também possibilitada pela combinação de informações de natureza háptica e cerebral, abrindo-se um espaço investigativo comportamental até então não explorado (MOLDOVEANU, 2013).

Algumas interfaces não convencionais se destacam como mais adequadas para um uso primário na interação humano-computador, com destaque para a interface BCI - Braian Computer Interface, O sensor ótico de movimentos oculares e faciais, o sensor de movimentos com base em sinais infravermelhos, sensor de tensão muscular e interface acústica. Os sensores que captam sinais biológicos como o sensor respiratório, sensor de pressão arterial,

sensor de frequência cardíaca, sensor de condutividade da pele, e sensor de temperatura corporal são considerados de natureza secundária e se aplicam melhor em soluções que necessitam realizar a avaliação de estados emocionais e de estado de saúde, portanto são considerados complementares aos dispositivos que captam informações primárias.

Nesta investigação, em particular, o estudo é focado em periféricos considerados primários, uma vez que possibilitam uma exploração mais adequada da interação humano-computador com sistemas de informações voltados ao processo de ensino-aprendizagem e favorecem à aquisição do conhecimento por parte dos usuários. A natureza interativa destes periféricos primários permite tanto o uso por pessoas com necessidades especiais quanto por pessoas que não tenham limitações interativas, tornando-os uma solução de uso universal.

3.7.1 BRAIN-COMPUTER INTERFACE (BCI)

O uso dos computadores para processar sinais fisiológicos cerebrais abre um grande espaço de possibilidades para a captação de informações úteis, por meio da utilização de técnicas matemáticas e de outros recursos de natureza computacional, possibilitando tornar a análise e as aplicação de EEG (Eletro Encefalograma) muito mais flexíveis. A topografia cerebral mapeada em um EEG possui diversas aplicações, e é extensamente utilizada na medicina sob diversas formas. Entretanto, com o avanço da tecnologia e do baixo custo, tem sido utilizado no desenvolvimento de interfaces cérebro-computador.

Berger et al. (2008) definem que uma Interface Cérebro-Computador (ICC) é um mecanismo de comunicação direta entre o cérebro e um dispositivo externo, também conhecida como Interface Neural Direta ou Interface Cérebro-Computador. Basicamente os métodos invasivos, ou seja, aqueles que “invadem” o crânio, utilizam algum dispositivo que é inserido na caixa craniana para captar a atividade neural.

Os métodos não invasivos utilizam técnicas que dispõem eletrodos sobre o couro cabeludo da pessoa. Tais métodos, na sua maioria, fazem uso de dispositivos do tipo EEG, o que os tornam mais seguros reduzindo os riscos encontrados nas outras técnicas e, portanto, promovendo uma maior segurança para o usuário. Porém, implicam em limitações de precisão e de qualidade dos registros.

A Eletro-encefalografia é responsável por tornar possível essa técnica, permitindo capturar os sinais neuronais a partir do couro cabeludo. Entretanto, a caixa craniana bloqueia grande parte do sinal, fazendo com que as ondas cheguem com uma intensidade muito baixa

até os eletrodos conectados à superfície da cabeça, assim como as interferências externas também são um fator a considerar, tendo em vista que causam distorções nos registros de EEG.

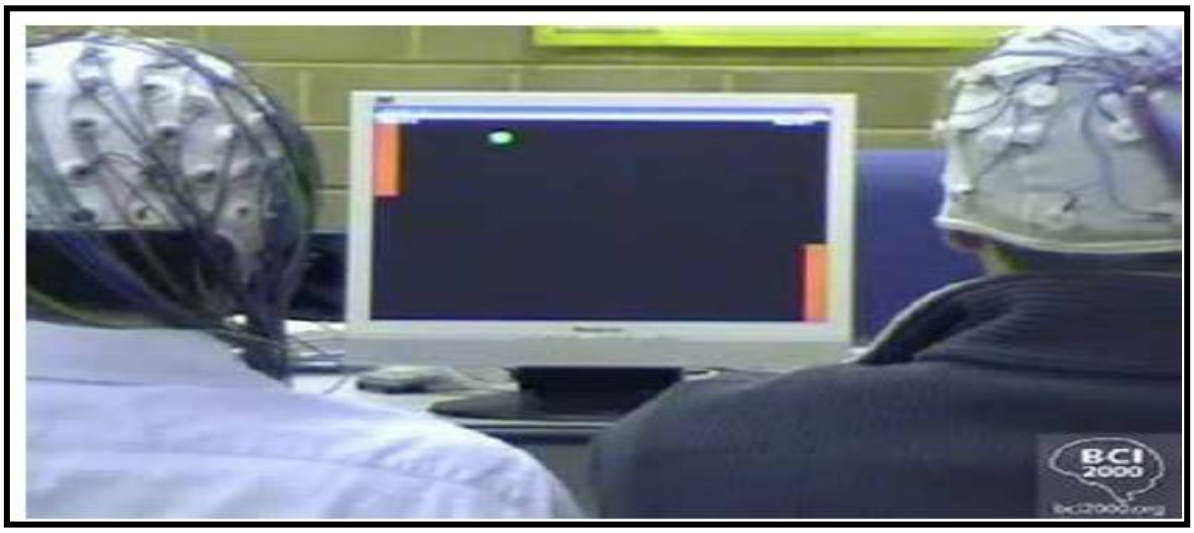
Em contrapartida, o avanço das tecnologias de EEG vem proporcionando maior qualidade e precisão no emprego de técnicas não invasivas permitindo que interfaces mais precisas sejam construídas ao decorrer do tempo, de forma segura e confiável.

Nos últimos anos surgiram inúmeros projetos de ICC, principalmente não invasivos a partir de EEG. Como exemplo, pode-se citar a interface NIA™ (Neural Impulse Actuator - Atuador de Impulsos Neurais, em Português), mostrada na Figura 3.5. Ela foi a primeira ICC comercial voltada para o usuário final, lançada em abril de 2008. Foi desenvolvido pela OCZ Technology e com proposta de fornecer uma nova experiência em *games* para os usuários, conforme Figura 3.6 (PETERMAN, 2010).

Figura 3.5- NIA™, ICC Comercial Desenvolvido pela OCZ Technology (OCZ TECHNOLOGY, 2010)

Fonte: Peterman (2010)

Figura 3.6-Pesquisadores Jogando um Jogo Estilo “PONG”, utilizando a Plataforma NIA™



Fonte: Peterman (2010)

Na sequência, algumas tecnologias e projetos de Interface Cérebro-Computador que estão sendo desenvolvidas e pesquisadas e que já estão disponíveis para uso comercial ou experimental são abordadas.

BCI2000

O BCI2000 (2016) é um projeto que vem sendo desenvolvido desde 2000 pelo pesquisador Dr. Gerwin Schalk, o qual objetiva auxiliar as pesquisas na área de Interação Cérebro Computador. A construção de um dispositivo de ICC demanda tempo, investimentos financeiros e é envolto em complexidade. Surgiu então a necessidade de ser disponibilizada uma plataforma genérica que oferecesse ferramentas de propósitos gerais e que pudesse atender às necessidades investigativas dos pesquisados. Essa plataforma consiste em um sistema de informação desenvolvido na linguagem de programação C/C++ (SENNE, 2009) que dá suporte a grande maioria de dispositivos para aquisição de dados, fornecendo uma grande quantidade de funções para manipulação e gerenciamento dos dados adquiridos, além de oferecer uma integração com outros aplicativos e fornecer suporte à comunicação via rede. O BCI2000 está restrito apenas para instituições e pesquisadores sem fins lucrativos, e já é utilizado por mais de quinhentos laboratórios de pesquisa por todo o mundo (SCHALK e MELLINGER, 2010).

OPENEEG

O OpenEEG (2016) consiste em um projeto open-source sob a licença GNU/GPL que fornece as especificações para a construção de um sistema de EEG de baixo custo, conforme Figura 3.7. No site do projeto está toda a documentação necessária para a implementação da solução, como por exemplo: o projeto da placa de circuitos, lista de componentes eletrônicos necessários, *firmware* para o dispositivo e o projeto dos eletrodos utilizados no equipamento. Além disso, fornece vários aplicativos que podem ser utilizados com o dispositivo construído para leitura e manipulação dos dados captados. O projeto é mantido por uma comunidade de desenvolvedores que conta com a colaboração de vários profissionais (GRIFFITH, 2006).

Figura 3.7-Dispositivo Construído utilizando o Projeto OpenEEG

Fonte: Peterman (2010)

Neurosky® Mindset

O NeuroSky® MindSet é um BCI desenvolvido pela empresa americana NeuroSky®, visualizado na Figura 3.8. O dispositivo possui apenas um sensor e utiliza EEG para captar os sinais cerebrais. É voltado mais para o mercado de *games*, e é utilizado também em conjunto com alguns brinquedos infantis. O dispositivo disponibiliza uma suíte de desenvolvimento e várias ferramentas para auxiliar os desenvolvedores na criação de aplicações e jogos (NEUROSKY, 2016).

Figura 3.8-NEUROSKY® MINDSET

Fonte: GOOGLE Imagens – Original em: http://www.neurosky.com (2016)

EMOTIV® EPOC

O Epoc (Figura 3.9), produzido pela empresa australiana Emotiv® Systems, consiste em uma Interface Cérebro-Computador. O *headset* possui dezeseis (16) sensores de EEG que captam as ondas cerebrais e as interpretam possibilitando identificar alguns padrões e dessa forma permitir ao usuário executar ações sobre o computador. Possui três (3) modos de identificação: ***Expressiv*** (Identifica as expressões faciais), ***Affective*** (Identifica os estados emocionais) e ***Cognitiv*** (Permite interagir com o computador utilizando as funções cognitivas, ou seja, apenas o processo de pensamento). A comunicação com o computador é feita por meio de interface sem fio utilizando um dispositivo *bluetooth* conectado à porta *USB* da máquina para captação dos dados cerebrais.

O dispositivo de interface cerebral acompanha um *kit* completo de desenvolvimento voltado para os pesquisadores que desejam criar aplicações, o que contribui muito para o desenvolvimento do projeto no nível mundial.

Conforme relatado em Duvinage et al. (2012), o ICC ***Emotiv Epoc*** é um equipamento tecnicamente confiável, com relação a acurácia, dado que entre outros motivos o número de sensores é o maior entre os disponíveis no mercado, além de seu desempenho.

Figura 3.9-BCI Emotiv EPOC

Fonte: GOOGLE Imagens – original em : http://www.epoc.com (2016)

3.7.2 IFO - INTERFACE FACIAL-OCULAR

As interfaces por rastreamento facial-ocular são aquelas capazes de detectar por meio de uma ou mais câmeras, as expressões faciais ou o direcionamento do olhar do usuário que se encontra em frente ao monitor. Esse rastreamento abrange desde a detecção de movimentos menos preciso como os de expressões faciais até a detecção de movimentos mais exatos como o movimento da íris. Esse recurso permite que as pessoas possam realizar ações sobre um computador controlando o *mouse* por meio desses movimentos, utilizando apenas equipamentos de uso comum, como, por exemplo, uma *webcam* (SILVA, 2014).

Na sequência são apresentados os detalhes de cada tipo de interface de rastreamento.

***3.7.3** INTERFACE PARA MOVIMENTOS FACIAIS*

Com relação à Visão Computacional, o desenvolvimento de equipamentos computacionais cada vez mais rápidos permitiu muitos avanços perceptíveis na área de interação nos últimos anos. Atualmente sistemas de reconhecimento de faces a partir de imagens de vídeos ou mesmo imagens estáticas tem se tornado uma realidade. As aplicações dessas pesquisas vão desde o controle de acesso a prédios e bancos até sistemas de reconhecimento de faces acoplados em robôs que, inclusive, possuem a capacidade de perceber o estado emocional dos seus operadores (LOPES, 2005).

A face humana, varia de pessoa para pessoa, no entanto possui princípios básicos de formação que são mantidos. Quando a face é lida por aplicativos, eles são capazes de mapear esses padrões nas pessoas. Dessa maneira é possível registrar apenas a área do rosto e a cabeça e identificar todos os movimentos realizados, podendo-se empregá-los nas mais

diversas funções e realizar a interação humano-computador. Todas as aplicações dessa classe possuem o mesmo princípio: detectar um rosto em formas geométricas e então montá-lo como se fosse um quebra-cabeça.

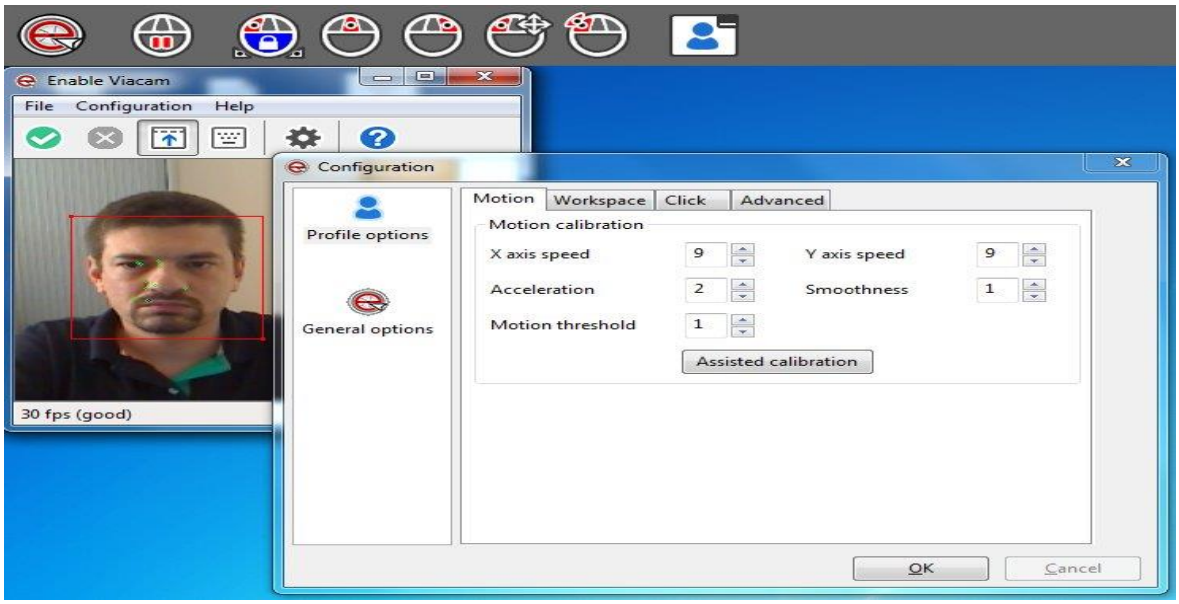
A primeira ação desse processo interativo é realizar a leitura da face com um periférico de captação de imagens como, por exemplo, uma câmera (digital, *webcam*, de celular, entre outros tipos). Todos ou alguns desses pontos em comum são identificados durante a captação da imagem da face, como por exemplo, os olhos e a distância entre eles, o nariz e o seu comprimento, a boca, as bochechas e o queixo, limitando o escopo com as novas soluções tecnológicas na visão computacional: o formato da face e o respectivo espaço ocupado por ela. Tudo feito de maneira tridimensional. O que é capturado atualmente é essencialmente o formato da cabeça do usuário, para que o seu rosto seja identificado independentemente do ângulo em que ele esteja em relação à posição da câmera. Além disso, mudanças no ambiente e até movimentos leves realizados pela cabeça não afetam mais o seu reconhecimento com as novas técnicas (QUEIROZ et al., 2014).

Alguns aplicativos para reconhecimento facial encontram-se disponíveis para *download* e podem ser utilizados também por pessoas com necessidades especiais que tenham limitações no uso de *mouse*. Destaca-se como referência o software ***HeadMouse 4*** (HEADMOUSE, 2016***),*** mostrado na Figura 3.10, um programa gratuito projetado para substituir o *mouse* convencional. Permite controlar o deslocamento do cursor com pequenos movimentos da cabeça e realizar ações de acionar botões mediante gestos faciais realizados diante de uma *webcam* (SILVA, 2014). Com a mesma funcionalidade e igualmente gratuito tem-se o software ***Eviacam*** (EVIACAM, 2016) que possui recursos de captura de vídeo e captura e visão computacional, permitindo que pessoas impossibilitadas de utilizar membros superiores operem computadores pessoais. O principal objetivo é tornar a *webcam* um dispositivo de entrada independente das mãos (Figura 3.11).

Figura 3.10-Utilização do Aplicativo Head Mouse 4

Fonte: Universidade de Lérida (2016)

Figura 3.11-Utilização do Aplicativo Eviacam



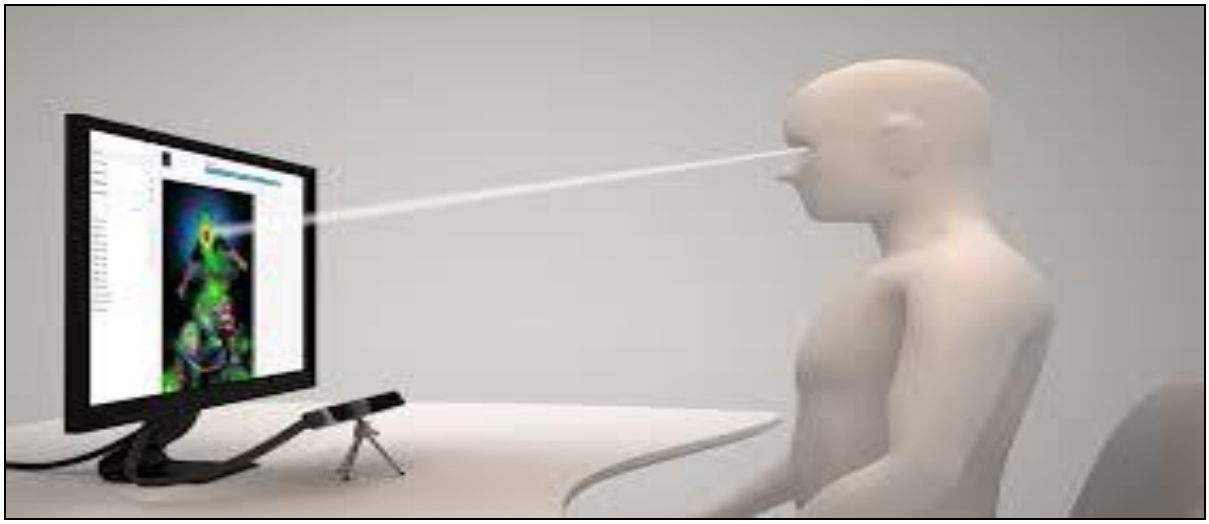
Fonte: Portal do Eviacam (2016)

3.7.4 *INTERFACE PARA MOVIMENTOS OCULARES*

A tecnologia de rastreamento de movimentos oculares analisa o percurso do olhar do indivíduo sobre o estímulo apresentado. As análises baseiam-se nas variações observadas na dilatação das pupilas, no piscar dos olhos, no movimento do globo ocular e na direção do olhar. *Eye tracking* (rastreamento do olhar) é um processo de utilização de sensores para localizar características dos olhos e estimar para onde alguém está olhando (ponto de olhar).

A tecnologia se baseia na iluminação infravermelha sobre os olhos do usuário e utiliza modelos matemáticos avançados para determinar o foco do olhar. O seu uso pode ser realizado por pessoas sem limitações, mas, principalmente por aquelas pessoas com necessidades especiais e que estão impossibilitadas de fazerem uso de movimentos constantes da cabeça ou da face, possibilitando a interação delas com o ambiente computacional. Como referência desse tipo de periférico o mercado oferece o ***eye tribe tracker*** [2](Da EIRA, 2014), mostrada na Figura 3.12.

Figura 3.12-Interface Ocular Eye Tribe Tracker



Fonte: GOOGLE Imagens- original em : http:// www.tobii.com (2016)

3.7.5 - *INTERFACES DE MOVIMENTOS INFRAVERMELHAS - KINECT™*

Para Gnecco et al (2012), houve sempre o desejo de se nteragir com as máquinas por meio de gestos e movimentos naturais realizados pelo corpo. A visão computacional é um tópico notoriamente complexo, e a realização do rastreamento com acurácia do movimento de um corpo humano não é uma tarefa das mais simples.

A empresa ***Microsoft*** [3] disponibilizou o dispositivo de captação de movimentos corporais denominado de ***Kinect™*** dentro de seu videogame **Xbox360™**, originalmente destinado a ser um dispositivo de detecção de movimentos exclusivo do console do referido *game*, permitindo ao usuário controlar os jogos por meio de gestos, fala e comandos. Atualmente, também pode ser facilmente utilizado com computadores pessoais. Os principais componentes de hardware do dispositivo Kinect são uma câmera RGB (Red, Green e Blue),

[2] http://www.tobii.com/xperience/
[3] https://www.microsoft.com/pt-br/

um sensor de profundidade, um vetor de microfones, um motor de inclinação, e um acelerômetro de três eixos. O hardware e software que fazem parte da SDK (Software Developed Kit) abstraem toda a operação de visão computacional, fornecendo aos desenvolvedores as informações sobre como explorar as posições das partes do corpo do usuário e de eventos gerados por esses movimentos (semelhante a ações de movimentação do *mouse*, como por exemplo, a execução de cliques). A Figura 3.13 mostra seu uso.

O dispositivo Kinect dispõe de vários recursos que podem ser explorados pelos usuários (como por exemplo: interação por meio de som, imagem, profundidade, sinal infravermelho, motor de movimentação) contemplado com um alto índice de precisão e um sincronismo adequado, tudo isso reunido em um único dispositivo. Esses recursos oferecem uma série de possibilidades inovadoras de interação entre usuários e máquinas ou entre usuários, por meio da exploração de serviços disponibilizados no dispositivo e do uso de aplicações computacionais que o acompanham. As novas formas de interação abrem possibilidades para o surgimento de novas aplicações de software, como é o caso do desenvolvimento de jogos manipulados por gestos, e para a realização da inclusão de novos usuários, entre eles os que apresentam necessidades especiais, como por exemplo, aqueles que possuem limitações motoras e não podem fazer uso de teclado ou *mouse*.

Figura 3.13-Usuário interagindo com o Computador por meio do disposto Kinect

Fonte: Microsoft (2016)

A interação corporal por meio da projeção de raios infravermelhos sobre o usuário para captação de gestos voluntários e seus comportamentos amplia de maneira significativa as

possibilidades de interação entre os usuários e os dispositivos computacionais. Especialmente no contexto da Informática na Educação, a motivação que emana no uso desse tipo de software que apresenta interações via a interface gestual e o material instrucional disponibilizado no curso. Esses novos recursos proporcionam ao aluno uma condição de navegabilidade mais adequada e intuitiva, se comparada com as interações tradicionais, favorecendo uma melhor cognição dos assuntos trabalhados e uma melhor elaboração do seu processo de ensino-aprendizagem (NUNES *et al.*, 2013).

3.7.6 *INTERFACES POR TENSÃO MUSCULAR - EMG*

Como periférico de referência para essa natureza de interface é dado destaque ao equipamento Myo do fornecedor Thalmic Labs (Figura 3.14). Ele é utilizado pelo usuário no membro superior ao redor do antebraço e possibilita o controle de equipamentos computacionais e telefones, entre outros dispositivos inteligentes, por meio de sinais de natureza *Bluetooth* (OWANO, 2013).

Figura 3.14-- Usuário interagindo com o Computador por meio do Disposito Myo

Fonte: Thalmic Labs (2017)

Esse disposito foi desenvolvido com o intuito de detectar os gestos e os movimentos de um usuário de duas maneiras: uma pela captação da atividade muscular e outra pela captação sensorial da movimentação do usuário. Conforme declarado pelo fornecedor sua

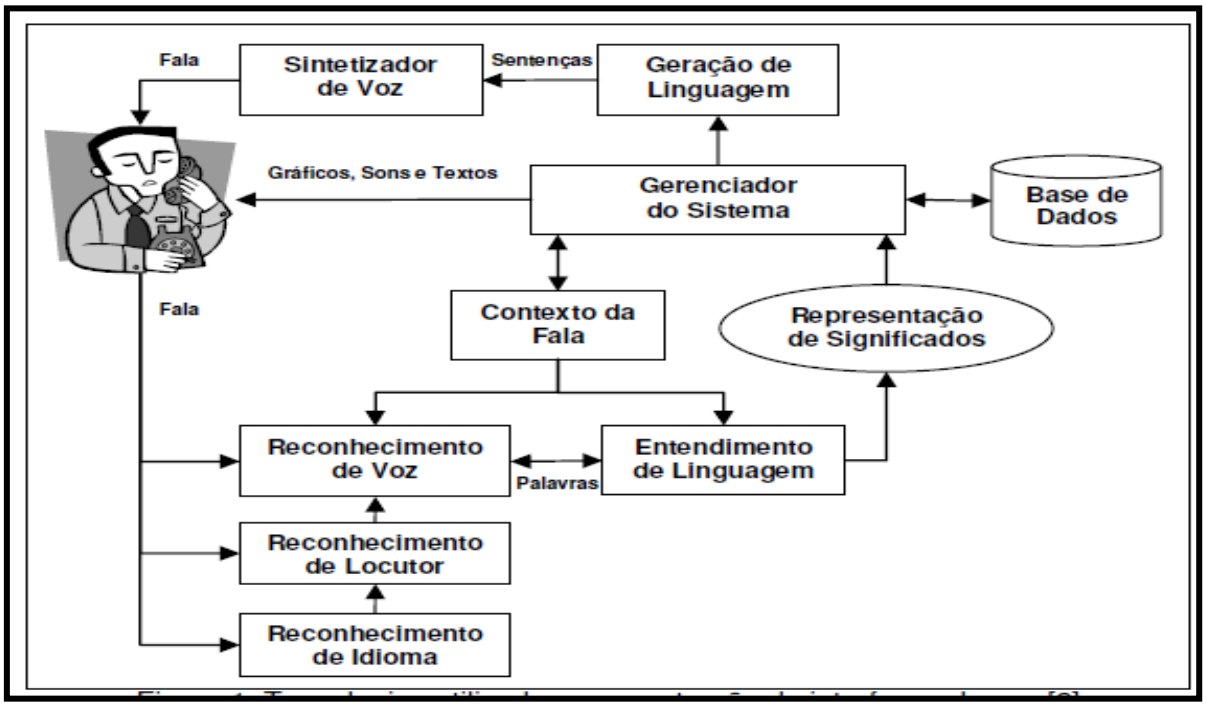
precisão na detecção das atividades musculares é capaz de identificar de forma individual o movimento de cada dedo, além de seu sensor de movimentação ser capaz de captar diversos movimentos corporais com muita precisão e as rotações em todas as direções (OWANO, 2014). No Brasil o Projeto Guilia (GIULIA, 2017) ganhou destaque pela aplicação desse equipamento por pessoas com necessidades especiais na modalidade deficiência auditiva em uma solução para comunicação utilizada em conjunto com celulares.

3.7.7 *INTERFACES SONORAS*

Um processamento fundamental para a realização da comunicação humana é a troca de informações realizadas pelo fenômeno da fala e da audição ocorrida na interação de pessoas e mais recentemente entre pessoas e os seus computadores ou dispositivos móveis. A fala é a habilidade que a pessoa apresenta de poder se comunicar por meio da transmissão de sinais sonoros audíveis realizados pelo seu aparelho fonador. Já a audição é a captação da fala de um sujeito por outro sujeito e é possível realizá-la pela capacidade auditiva do sujeito receptor da comunicação. A partir da presença dessas capacidades e funcionalidades é possível a realização de leitura da textos ou da realização de discursos, podendo se transmitir simultaneamente para vários ouvintes informações e conhecimentos (*broadcast*). Também é possível a realização da funcionalidade do registro de informação sob a forma da escrita a partir da capacidade de escuta dos discursos pelos ouvintes, e conforme for a natureza da fala é possível para o ouvinte identificar e reconhecer uma pessoa pelas características de sua voz. Mais ainda, é possível converter palavras de um idioma para outro, além de outras possibilidades e características ligadas ao tema comunicação sonora, aparentemente simples, porém intrinsecamente complexo.

As tecnologias de processamento da fala em conjunto com técnicas avançadas de linguística, inteligência artificial e recuperação de dados viabilizam a modelagem de um sistema de interface falada entre homens e máquinas, conforme modelo apresentado na Figura 3.15.

Figura 3.15-Tecnologias utilizadas na Construção das Interfaces de Voz



FONTE: Tevah (2006)

Na Figura 3.15, observa-se o papel atribuído a um bloco Gerenciador do Sistema que, vinculado a uma Base de Dados e ao uso de elementos de inteligência artificial e conhecimento linguístico, é possível a realização de um diálogo em linguagem natural entre um homem e uma máquina por meio do uso de interface de reconhecimento e síntese de voz pela máquina.

Sistemas que utilizam reconhecimento de voz em sua interface já foram alvo de estudos no passado e atualmente fazem parte do dia-a-dia, como a funcionalidade disponível em celulares que discam por meio de comandos de voz, centrais telefônicas ou Uras (Unidades de Resposta Audível) que solicitam que o usuário fale o assunto do qual deseja informação e dos sistemas com leitores de tela responsáveis pela inclusão digital de milhares de portadores de deficiência física no Brasil e no exterior.

As possibilidades e as flexibilidades do reconhecimento de voz têm levado uma série de empresas, de diversos setores, a optarem por essa tecnologia em seus sistemas de atendimento. A facilidade do uso da voz como interface pode resultar em inúmeros desdobramentos positivos, tais como redução de custos operacionais, aumento da segurança, criação/manutenção de imagem de modernidade e aumento de suas receitas.

A aplicação de técnicas de reconhecimento de voz para sistemas de interface, não exige alto grau de aprofundamento na área e é extremamente motivadora. Esse motivo, aliado

ao rápido desenvolvimento de computadores pessoais e dos dispositivos portáteis, tem feito com que sistemas com interfaces de voz estejam razoavelmente popularizados (TEVAH, 2006).

Um projeto brasileiro de reconhecimento de voz que se destaca pela sua simplicidade e abrangência, por incluir em sua solução um vocabulário fonético brasileiro, é o Projeto Fala Brasil que desenvolveu e disponibilizou o Software **Coruja** (NETO et al., 2010) para reconhecimento de voz em Português Brasileiro, desenvolvido pelo Laboratório de Processamento de Sinais (LaPS), pertencente à Universidade Federal do Pará. Na suíte de soluções do Projeto Brasil se destaca o aplicativo - ***SimonBR***[4] - (Figura 3.16), software para controle de *desktop* via comandos de voz que favorece a navegação das pessoas com necessidades especiais que não podem utilizar os periféricos convencionais ou mesmo periféricos não convencionais devido à natureza de suas limitações físicas ou cognitivas, restando a comunicação pela fala como opção.

Figura 3.16-Aplicativo de Reconhecimento de Voz em Execução SimonBR

Fonte: GOOGLE Imagens – original em : www.laps.ufpa.br/falabrasil/simonbr.php (2016)

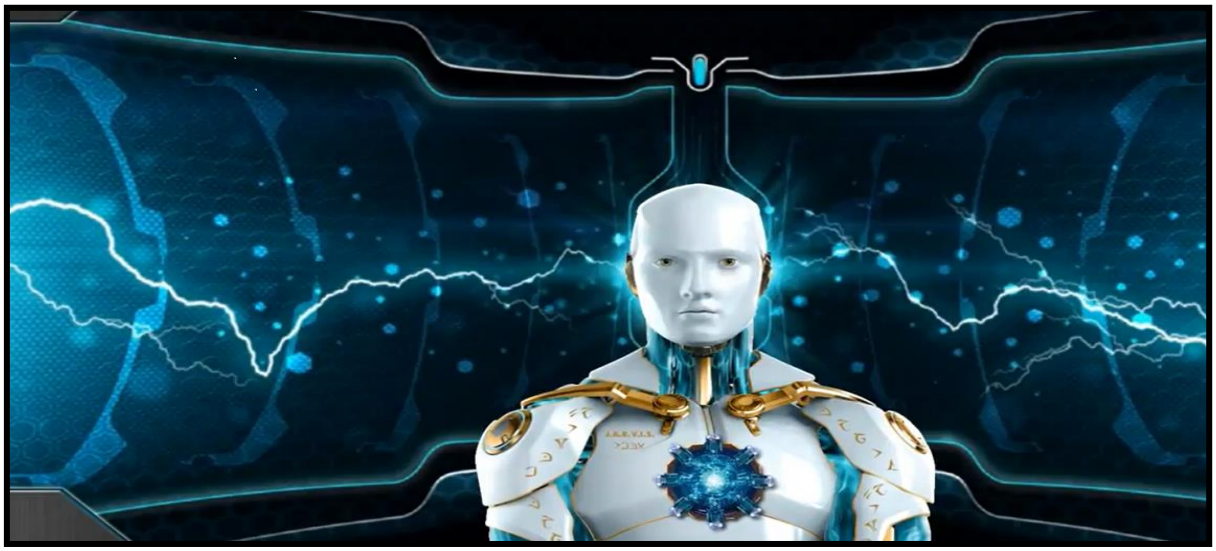
O ***Software Coruja*** em conjunto com o software ***SimonBR*** utiliza técnicas de reconhecimento de voz para acelerar ações disparadas por comandos ou navegação por *menus*

[4] http://www.laps.ufpa.br/falabrasil/simonbr.php

de sistema facilitando o acesso de usuários convencionais, viabilizando também o uso de computadores por usuários portadores de necessidades especiais. O uso de interface de comando de voz se apresenta como uma alternativa econômica e viável tecnicamente. Naturalmente, portadores com limitações de fala e de audição não podem se beneficiar dessa modalidade

Recentemente o aplicativo DJ.JARVIS.AM (JARVIS, 2017) se destaca como um aplicativo para reconhecimento da fala na lingua portuguêsa com alta precisão na identificação dos comandos de voz com *feedback* sonoro ativo (Figura 3.17). Trata-se de um assistente computacional dotado de inteligência artificial com adaptações ao usuário e com um alto potencial de uso por pessoas com necessidades especiais.

Figura 3.17-Interface Gráfica do Aplicativo DJ.JARVIS.AM



Fonte: Site oficial do Jarvis (2017)

3.7.8 *RESUMO DOS PERIFÉRICOS CONFORME NECESSIDADES ESPECIAIS*

Pelo exposto, existem diversos dispositivos para interação que favorecem à comunicação entre um usuário com necessidades especiais e o ambiente computacional. De acordo com a natureza da limitação do usuário, um determinado tipo de interface ou mesmo uma combinação adequada de interfaces primárias pode favorecer o acesso à informação, ampliando as possibilidades da PNE interagir com eficiência com o ambiente computacional (BASSANI *et al.*, 2010).

Quadro 3.2-Comparativo da Natureza da Interface com Necessidade Especial

NATUREZA DA INTERFACE	DEFICIÊNCIA VISUAL	DEFICIÊNCIA AUDITIVA/FALA	DEFICIENTE FÍSICO	DEFICIÊNCIA MOTORA / NEUROLÓGICA	DÉFICIT COGNITIVO	USABILIDADE	EXEMPLOS DE SISTEMA/ DISPOSITIVO (PERIFÉRICOS PRIMÁRIOS)
Interface Cérebro-Computador	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	**MAIOR** COBERTURA	BCI2000, OpenEEG, NeuroSky® MindSet, Emotiv®Epoc Headset
Interface Facial-Ocular	NÃO	SIM	SIM	SIM	SIM	**MEDIA** COBERTURA	HeadMouse4, Eviacam, eye tribe tracker
Interface Corporal	SIM	SIM	SIM/NÃO	SIM/NÃO	SIM	**MENOR** COBERTURA	*MYO, Kinect™*
Interface Sonora	SIM	NÃO/SIM	SIM	NÃO	SIM	**MENOR** COBERTURA	Coruja,SimonBR, DJ.JARVIS.AM

Fonte: Elaborado pelo Autor (2017)

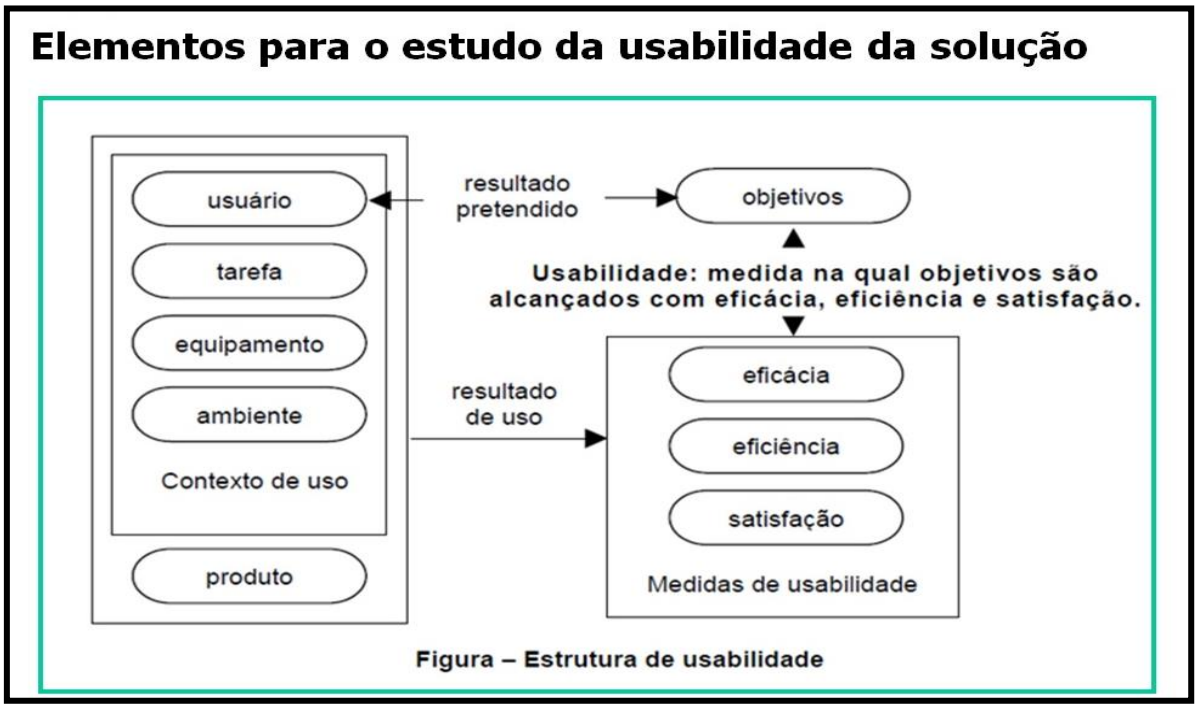
Conforme o Quadro 3.2, observa-se que de acordo com o tipo da necessidade especial portada pelo usuário PNE, existem pelo menos dois (2) tipos de interface com potencial de realizar a interação com o computador independentemente do uso tradicional de *mouse* e teclado. A interface que tem maior possibilidade de ser utilizada por todos os tipos de deficientes é a interface ICC (Interface Cérebro-Computador), enquanto as que têm um uso mais limitado são as interfaces sonoras e corporal.

3.8 AVALIAÇÃO DE USABILIDADE

Para a realização do levantamento da usabilidade deve ser elaborado um roteiro de avaliação seguindo fundamentalmente as recomendações da norma brasileira aplicada a requisitos ergonômicos para trabalho de escritórios com computadores - parte 11 – orientações sobre usabilidade (NBR ISO 9241-11, 2002), conforme apresentado na Figura 3.18. Essa norma na sua seção de elementos para o estudo da usabilidade da solução recomenda que ela seja avaliada sob três aspectos, sendo os dois primeiros com medidas quantitativas e o terceiro com medidas qualitativas. O primeiro aspecto foca na eficácia da solução implantada, ou seja, é avaliado se o usuário realiza o que tem de ser feito de maneira completa. O segundo aspecto tem seu enfoque no desempenho do novo recurso realizando uma avaliação sobre a eficiência da solução. Por fim, o último aspecto se refere à identificação da satisfação do uso pelos

usuários do produto/serviço disponibilizado, com ênfase nas oportunidades de melhoria (GREEN e PEARSON, 2006). A natureza do estudo envolve a participação de pessoas com deficiência, devido a essa particularidade, no Capítulo 4 encontra-se mais amplamente detalhada a atividade de avaliação da usabilidade, quando outros recursos são incorporados ao processo complemetando as recomendações dessa norma.

Figura 3.18-Estrutura da Usabilidade - Resultado do Uso - Medidas de Usabilidade



Fonte: NBR ISO 9241-11

3.9 ENGENHARIA DE SOFTWARE

Com relação ao âmbito do domínio da Tecnologia da Computação para área de estudo da Engenharia de Software, foram considerados os conhecimentos disponibilizados pelas áreas da gestão da configuração e da arquitetura de software reusável, com relação ao desenvolvimento de intefaces de usuário com acessibilidade, seja pelo uso de API específica ou pela utilização de uma camada intermediária de software para esse fim (CMMI TEAM, 2010; GAMMA et al., 2010; De AMORIM et al., 2010).

Dessa maneira, a gestão de configuração seja de sofware ou de ativos de um ambiente computacional permite o controle e a notificação das inúmeras correções, extensões e adaptações aplicadas durante o ciclo de vida de uma solução computacional, de forma a assegurar um processo de desenvolvimento e uma evolução sistemática e totalmente

rastreável, sendo indispensável quando exista muitas pessoas que manipulam, grande parte das vezes de forma conjunta, artefatos computacionais comuns (SOUZA et al., 2014).

O *Design* Universal (LIDWELL et al., 2010) prescreve a necessidade do desenvolvimento de soluções capazes de atender a usuários de qualquer natureza. No entanto, atualmente os ambientes computacionais disponíveis e os seus produtos e serviços envolvidos não estão preparados para o atendimento desse requisito de universalidade, fato que exige a inclusão de uma camada de software intermediária para apoiar o uso das pessoas com necessidades especiais (HENRY et al.,2014).

3.10 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

Este capítulo abordou os principais conceitos de interação humano-computador que fundamentam o desenvolvimento deste trabalho. Particularmente, a utilização de novos dispositivos periféricos que potencializam o seu emprego por pessoas com necessidades especiais pela sua versatilidade e facilidade de utilização. Dentre as novas formas de interação, interfaces cérebro-computador (ICC) mereceram especial destaque, em função da possibilidade de serem utilizadas por qualquer pessoa mesmo aquelas que estejam em condições limitadas de seus sentidos.O dispositivo Emotiv Epoc pela sua completude e pela ampla aprovação pela comunidade internacional será utilizado na implementação dos construtos propostos no trabalho para elaboração da tese.

O aplicativo DJ.JARVIS.AM se destaca com relação ao reconhecimento da fala na lingua portuguesa, com alta precisão na identificação dos comandos de voz com feedback sonoro. Por essa razão foi escolhido para a avaliação da usabilidade da solução multimodal proposta neste trabalho.

Neste trabalho, em particular, a camada de software proposta tem a funcionalidade principal de intermediar o uso simultâneo de interfaces interativas e de realizar a coordenação das ações entre elas. Não necessariamente correspondendo à inclusão de uma camada de software para uso exclusivo de acessibilidade, torna-se uma solução com características universais, uma vez que possibilita seu uso tanto por pessoas deficientes como por não deficientes.

O próximo capítulo apresenta em detalhes o tema central deste trabalho que é a Multimodalidade.

4 MULTIMODALIDADE

Este capítulo aborda o tema central que fundamenta este trabalho: a multimodalidade. Portanto, ele aborda: a motivaçào para a adoção desse tipo de interação, bem como seus princípios teóricos; componentes da arquitetura computacional; o papel das interfaces cérebro-computador em ambientes multimodais; a importância da aprendizagem de máquina aplicada à interação multimodal; características de linguagens de modelagem e *frameworks* para interação multimodal; e a interação afetiva em interface multimodal.

Na sequência, os trabalhos relacionados são destacados e as suas características evidenciadas, possibilitando uma análise crítica do tema.

Finalmente, com base nos elementos levantados, o espaço disponível para contribuições na literatura que ainda não foi devidamente explorado é evidenciado e a resposta para a pergunta de pesquisa ***QP1*** é apresentada.

4.1 INTERAÇÃO HUMANO-COMPUTADOR MULTIMODAL

A Interação humano-computador Multimodal (MMHCI - multimodal human-computer interaction) encontra-se no cruzamento de várias áreas de investigação, como a visão computacional, psicologia, inteligência artificial, além de outras áreas do conhecimento humano. Estuda-se a MMHCI para se determinar como se pode tornar a tecnologia computacional mais utilizável pelas pessoas que, invariavelmente, exigem o entendimento de pelo menos três aspectos essenciais: o usuário que interage com os sistemas, o funcionamento do sistema (o computador, sua tecnologia e a facilidade de sua utilização), e a interação entre o usuário e o sistema. Portanto, espera-se que o projetista de um sistema interativo multimodal deva reunir experiências em uma variedade de tópicos como por exemplo a psicologia cognitiva e ciências cognitivas para ter condições de entender a percepção do usuário, o seu processo cognitivo e as suas habilidades de resolver problemas; sobre a sociologia para entender o contexto mais amplo da interação; sobre a ergonomia para entender as capacidades e limitações físicas do usuário; sobre o *design* gráfico ou outras formas de expressão para produzir apresentações eficazes para o uso da interface; sobre a ciência da computação e a engenharia da computação para criação ou utilização de tecnologias informáticas, necessária para a realização da interface, entre outros conhecimentos e habilidades indispensáveis para a construção de soluções dessa natureza.

A investigação inicial realizada na literatura destaca entre os trabalhos pesquisados, listados no Quadro 4.1, as *survey* realizadas por Jaimes e Sebe (2007) e por Dumas et al. (2009), as quais, respectivamente, proporcionam aos pesquisadores uma visão ampla e uma compreensão das principais abordagens desenvolvidas para o domínio das intefaces multimodais.

Tais trabalhos apresentam detalhes dos aspectos centrados nas habilidades humanas para a interação por meio dos movimentos corporais, reconhecimento de gestos, detecção de movimentação ocular e facial, além de expressões afetivas e emocionais. São apresentadas também definições de arquiteturas de interação humano-computador para sistemas interativos multimodais, modelagens de ambientes multimodais, avaliações de ambientes multimodais, entre outros aspectos do domínio.

Quadro 4.1-Seleção de Artigos da Survey Multimodal

ARTIGO SURVEY	AUTORES	ANO	FOCO DO ESTUDO
Toward multimodal human-computer interface.	Sharma R., Pavlovic, V., Huas.ng T.S.	1998	Estudo voltado a processamento de sinais
Designing the user interface for multimodal speech and gesture application: State-of-Art systems and research directions	Oviatt, S.L. et al	2000	Multimodalidade com destaque para interação com fala e gestos
Audio-visual and Multimodal speech-based system	Gibbon, D., Mertins,I, Moore R.	2000	Multimodalidade com ênfase na interação por fala
Vision-based users interfaces: methods and applications	M. Porta	2002	Multimodalidade focada na interação por visão
Multimodal human-computer interaction : A Survey	**Jaimes e Sebe (2007)**	**2007**	**Estudo amplo sobre interação multimodal**
Human Computing and Machine Understanding of Human Behavior: A survey	Pantic, M., Pentald, A., Nijholt,A., Hunag,T.S.	2007	Estudo amplo sobre comportamento humano na interação humano computador
Multimodal Interfaces: A survey of Principles, Models and Framework	**Dumas et al.(2009)**	**2009**	**Estudo amplo com foco nos princípios, modelos de interação e principais framework.**

Fonte: Elaborado pelo Autor (2017)

4.2 MOTIVAÇÃO PARA O USO DA INTERAÇÃO MMHCI

Na comunicação entre as pessoas existe a necessidade de interpretação do *mix* de sinais áudio-visuais envolvidos no processo comunicativo, cujo conhecimento é essencial para a compreensão e previsibilidade desse fenômeno. Os pesquisadores em muitos campos reconhecem essa necessidade, e graças aos avanços no desenvolvimento das técnicas unimodais (no processamento da fala, no processamento do áudio, no processamento de imagens, por exemplo), em tecnologias de *hardware* (câmeras baratas, novos tipos de sensores), houve um avanço significativo nas pesquisas sobre as interações multimodais. Ao contrário do que ocorre nas aplicações tradicionais de IHC (Human-Computer Interface), nas quais um único usuário se coloca diante de um computador interagindo com ele via *mouse* e teclado, nas novas aplicações interativas MMHCI, por exemplo, há interação do usuário com casas inteligentes, colaborações profissionais remotas, criação em artes digitais, entre outras aplicações (MEYER e RAKOTONIRAINY, 2003).

As interações nem sempre são comandadas de maneira explícita, além de poderem envolver frequentemente vários usuários simultâneos durante o processo interativo. Essa rápida evolução na direção da disponibilização de ambientes multimodais se deve ao notável progresso ocorrido nos últimos anos sobre o crescimento da velocidade dos processadores e memórias, capacidade de armazenamento de informações, coincidindo com a disponibilidade de muitos novos dispositivos de entrada e saída que estão fazendo da computação ubíqua uma realidade (WEISER, 1993; PICARD, 2003; HUANG *et al.*, 2007).

Os novos dispositivos incluem, entre outros equipamentos, os telefones celulares, sistemas embarcados em equipamentos convencionais, PDA (Personal Digital Assistant), *laptops*, monitores com tamanho de parede e muitos outros. A existência de uma variedade de dispositivos disponíveis, com diferentes poderes computacionais e novos recursos de entrada / saída, significa que há um futuro muito próximo para uma computação com novas formas de interação. Alguns dos métodos interativos incluem a utilização de gestos (PAVLOVIC *et al.*, 1997), do discurso (POTAMIANOS *et al.*, 2004), de recursos hapticos (BENALI-KHOUDJA *et al.*, 2004), do movimento do piscar de olhos (GRAUMAN *et al.*, 2003), entre muitos outros métodos de interação.

Assim como na comunicação humano-humano, uma comunicação humano-computador eficaz ocorre quando diferentes dispositivos de entrada podem ser usados em combinação. As Interfaces multimodais têm mostrado muitas vantagens (COHEN e MCGEE,

2004) ao serem usadas. Elas evitam erros, trazem robustez ao processo interativo ajudando o usuário a corrigir os erros e a recuperá-los mais facilmente, proporcionando uma banda mais larga para a comunicação. Além disso, adicionam métodos alternativos de comunicação para as diferentes situações e ambientes. No tratamento da imprecisão de modalidades que é propensa a erros, a utilização de interfaces multimodais apresenta-se como uma importante motivação para realização dos ajustes. Como demonstrado por Oviatt (1999c), as tecnologias sujeitas a erros podem compensar umas às outras, uma vez que a redundância reduz a necessidade da correção de erros.

Os sistemas multimodais são sistemas computacionais dotados de capacidades multimodais para a interação humano / máquina capazes de interpretar informações de vários canais sensoriais e de comunicação. Literalmente, a interação multimodal oferece um conjunto de "modalidades" para os usuários que lhes permitam interagir com a máquina. De acordo com Oviatt (2003), as interfaces multimodais processam dois ou mais modos de entrada do usuário combinados (como a fala, caneta, superfície de toque, gesto manual, olhar, movimento da cabeça, movimentos corporais, entre outras entradas) de forma coordenada com a saída em sistemas multimídia. Eles são uma nova classe de interfaces que visa reconhecer o que ocorre naturalmente em forma de linguagem humana e comportamentos, e que contenha uma ou mais tecnologias com base em reconhecimento (por exemplo, discurso, caneta, visão). Duas características da arquitetura e do processamento multimodal são únicas: (1) a fusão de diferentes tipos de dados; e (2) o processamento em tempo real e as restrições temporais impostas sobre o processamento de informações (NIGAY e COUTAZ, 1993; OVIATT *et al.*, 2000).

Os sistemas multimodais representam uma nova classe de interfaces de usuário-máquina, diferente das interfaces do padrão WIMP. Eles tendem a enfatizar o uso mais rico e as formas mais naturais de comunicação, como voz ou gestos, e mais geralmente todos os cinco sentidos. Assim, o objetivo de interfaces multimodais é duplo: **(1)** para dar suporte e acomodar as capacidades perceptivas e comunicativas dos usuários; e **(2)** integrar as habilidades computacionais dos sistemas dentro do mundo real, oferecendo formas mais naturais de interação para os seres humanos. Interfaces multimodais foram vistas inicialmente como mais eficientes do que as interfaces unimodais. No entanto, as avaliações mostraram que as interfaces multimodais aceleram apenas a conclusão da tarefa em até 10%. Assim, a eficiência não deve ser considerada como uma vantagem principal de interfaces multimodais. Por outro lado, tais interfaces têm mostrado melhorar o manuseio e a confiabilidade de erro:

usuários cometeram 36% menos erros com o uso de uma interface multimodal que com uma interface unimodal. Interfaces multimodais também agregam maior poder de expressão e maior potencial de precisão em tarefas de natureza espaço-visual. Finalmente, elas fornecem um melhor suporte para o estilo de interação dos usuários, uma vez que 95% a100% deles preferem a interação multimodal do que a interação unimodal (OVIATT, 1997).

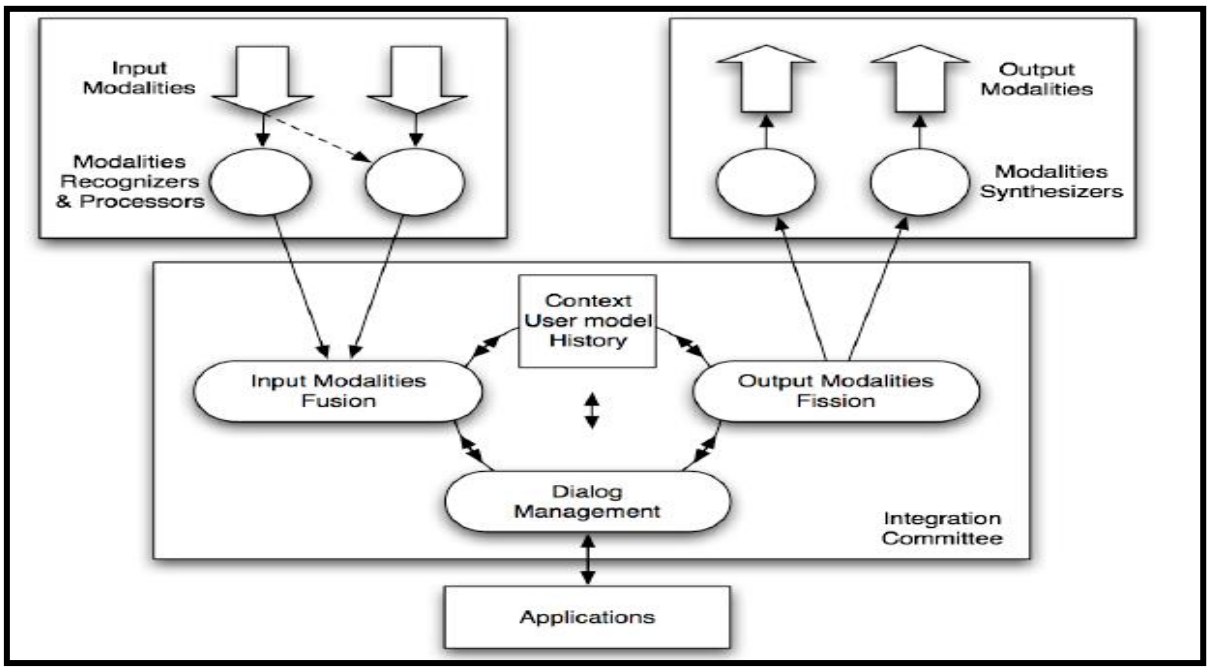
4.3 PRINCÍPIOS TEÓRICOS DA INTERAÇÃO MULTIMODAL

Inspirado no ciclo de ação de Norman (2013) e com base nas pesquisas bem aceitas e nas taxonomias, o seguinte modelo de comunicação multimodal humano-máquina pode ser delineado, juntamente com os principais conceitos que devem ser considerados na construção de um sistema multimodal (Figura 4.2): a fusão de entradas e a fissão multimodal para gerar uma mensagem adequada para o usuário, de acordo com o contexto de utilização, suas preferências e o seu perfil.

Quando um ser humano interage com uma máquina, a comunicação pode ser dividida em quatro estados diferentes. O primeiro estado é o de decisão, no qual o conteúdo da mensagem para a comunicação é preparado de forma consciente por uma intenção, ou inconscientemente para reagir atentamente ou emocionalmente a um conteúdo apresentado. O segundo estado é o de ação, no qual a comunicação significa transmitir a mensagem de forma seletiva por meio da fala, gesto ou expressões faciais. Após o retorno de informações emitido pela máquina a pessoa realiza o terceiro estado que é o de percepção seguido do último estágio que representa a sua interpretação da comunicação enviada pela máquina. A máquina, por sua vez, fará uso de diferentes módulos para a captação do máximo de informação possível a partir de um usuário e terá, similarmente, os quatro principais estados (Figura 4.1). No primeiro, as mensagens são interpretadas no estado percepção, no qual o sistema multimodal recebe informação a partir de um ou vários sensores, em um ou vários níveis de expressão. No estado de interpretação, o sistema multimodal vai tentar dar algum sentido diferenciado às informações coletadas no estado de percepção. Aquele é geralmente o lugar onde a fusão das mensagens multimodais ocorre. Além disso, no estado computacional, a ação é tomada seguindo a lógica do negócio e a gerência das regras de diálogos definida pelo desenvolvedor. Dependendo do significado extraído do estado de interpretação, uma resposta é gerada e transmitida no estado de ação, pelo qual um motor de fissão vai determinar as modalidades mais relevantes para retornar a mensagem, dependendo do contexto de utilização

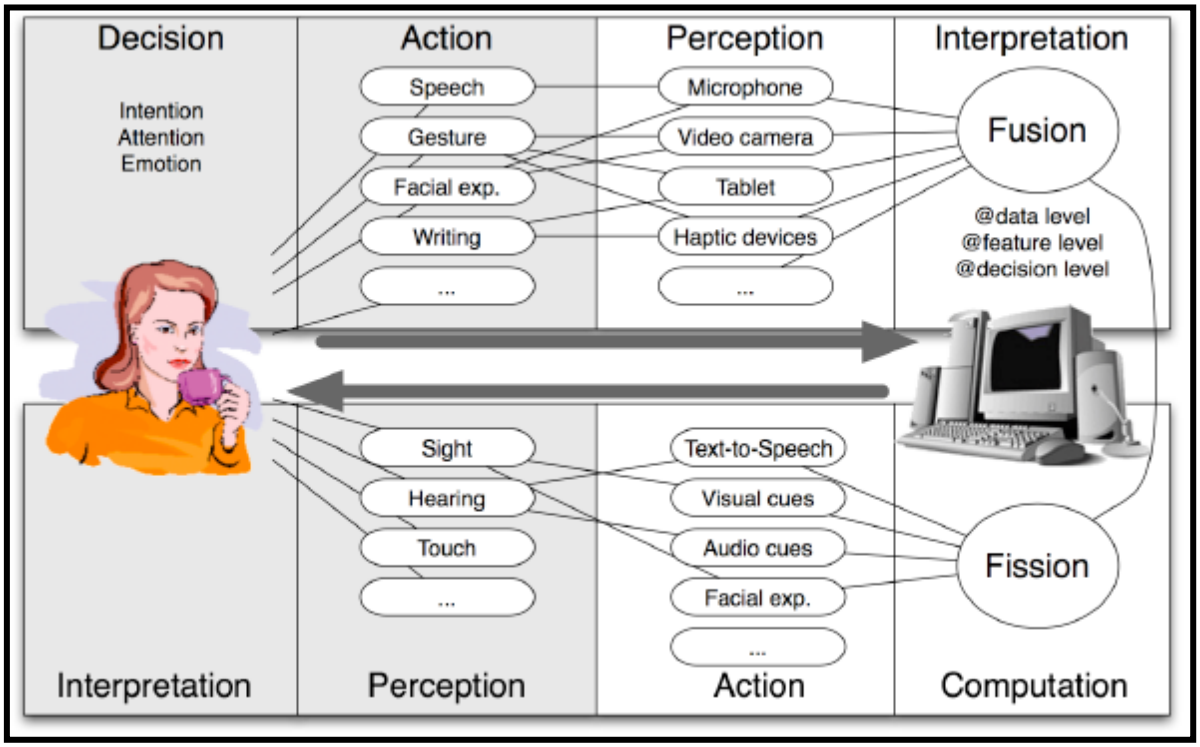
(por exemplo, em um carro, em um escritório, entre outros) e o perfil do usuário (usuário com necessidades especiais, idosos, por exemplo).

Figura 4.1-Modelo de Comunicação Multimodal



Fonte : Norman (2013)

Figura 4.2-Os Quatro Estados Multimodais



Fonte : Norman (2013)

4.4 ARQUITETURA COMPUTACIONAL

Os componentes genéricos para tratamento de integração multimodal são um motor de fusão, um módulo de fissão, um gerente de diálogo e um gerente de contexto, que todos juntos formam o que é chamado de "comitê de integração". A Figura 4.2 ilustra o fluxo de processamento entre esses componentes, as modalidades de entrada e de saída, bem como os pedidos de potenciais clientes. Tal como ilustrado na Figura 4.1, as modalidades de entrada são primeiramente percebidas por meio de vários reconhecedores, e os seus resultados encaminhados para o motor de fusão, o qual é responsável por dar uma interpretação comum a essas entradas. Quando o motor de fusão trata uma interpretação, ele se comunica com o gerente de diálogo, encarregado de identificar o estado do diálogo, a transição para executar, a ação para se comunicar com um determinado aplicativo, e / ou a mensagem para retornar por meio do componente de fissão. O motor de fissão é finalmente encarregado de retornar uma mensagem para o usuário por meio da modalidade mais adequada ou por uma combinação de modalidades, dependendo do perfil do usuário e do contexto de uso. Por essa razão, o gerente de contexto, encarregado de acompanhar o perfil do local, do contexto e do usuário, comunica de imediato quaisquer mudanças no ambiente para os outros três componentes, de modo que eles possam adaptar as suas interpretações.

4.5 INTERFACES CÉREBRO-COMPUTADOR EM AMBIENTES MULTIMODAIS

De acordo com Gürkök e Nijholt (2012), os pesquisadores da área de interface cérebro-computador (*BCI* - Brain Computer Interface) e os pesquisadores da área de IHC (Human-Computer Interface) têm olhado para os seus próprios campos de pesquisa e não têm procurado observar as perspectivas uns dos outros. As pesquisas de *BCI* têm desconsiderado as questões de fatores humanos, tais como usabilidade, estética e interação social, concentrando-se mais nas questões de desempenho dos sistemas. Da mesma forma, as pesquisas de IHC não têm considerado *BCI* como uma modalidade regular razão de não tê-la incluído em temas atuais de *IHC* como computação ubíqua, multimodalidade e sistemas interativos. Pela sua penetração no uso doméstico como um dispositivo portátil, sem fio e de fácil utilização com aplicativos para usuários sem deficiência os *headsets BCI* estão se tornando um grupo alvo de interesse dos pesquisadores de *BCI*, o que exige tempo de pesquisa e investimentos para se explorar os aspectos de IHC em *BCI*. Por outro lado, as características únicas proporcionadas por dispositivos *BCI* podem superar as limitações das

modalidades interativas convencionais, pelo que a investigação IHC é atraída pelos benefícios trazidos por *BCI* como uma modalidade alternativa às já existentes.

Por um longo tempo, as MMI (Multimodal Interaction) foram associadas apenas com interfaces da fala e de gestos (ou baseadas em canetas). Apesar de algumas demonstrações de *BCI* como MUI (Multimodal User Interface), não têm sido comumente empregadas em MMI. Os domínios das investigações de MMI e de BCI indicam que há benefícios mútuos entre eles. As pesquisas demonstram que BCI pode melhorar o tratamento de erros, o desempenho da tarefa e a experiência do usuário (UX). Pode, também, ampliar o espectro de alternativas interativas do usuário pelas implementações multimodais.

A literatura apresenta questões restritivas que podem ocorrer tais como a interferência de *BCI* com ruídos durante a fusão multimodal, desorientação durante a saída multimodal, restrições físicas na implantação multimodal, além de restrições experimentais com respeito ao usuário, à tarefa e ao ambiente (VAN DE LAAR et al.,2013 ; GURKOK, NIJHOLT & POEL, 2017). Existem dois requisitos principais que IHC exige de BCI para aceitá-la como uma modalidade alternativa de interação: o primeiro é a facilidade de operação e o segundo é a confiabilidade. A tecnologia BCI já não está muito longe de satisfazer esses requisitos em um nível considerado adequado. Com os dispositivos BCI que já foram disponibilizados pelo mercado, é mostrada a sua fácilidade de uso tanto pelos usuários quanto pelos pesquisadores da área. Desta forma a operação de BCI já não requer mais os conhecimentos especializados de neuroscientistas para sua utilização.

Trabalhos promissores vêm sendo realizados para aperfeiçoar a confiabilidade do BCI por meio da melhoria do processamento dos sinais e dos métodos de classificação. No entanto, como apontado por Oviatt (1999b), a principal vantagem de uma interface MMI não é a melhora da eficiência da interação, mas a diminuição de sua taxa de erros, pela sua flexibilidade de escolha de modos de entrada, favorecendo com isso a utilização por uma variedade ampla de usuários. As insuficiências individuais experimentadas com o uso de BCI não deverão impedir a exploração simultânea das possibilidades práticas de integração de BCI e MMI. Apesar dessa integração plena ainda se encontrar longe da maturidade, há métodos adequados para a realização da fusão de entrada multimodal com BCI.

Contudo, existem questões que precisam ser melhor desenvolvidas, como por exemplo, a existência de métodos de saída de fissão e o tratamento dos seus efeitos; a necessidade de uma melhor sincronização com outras modalidades interativas; e solução de questões como privacidade e segurança que ainda se encontram em aberto atualmente. Dessa maneira, os pesquisadores de MMI e os pesquisadores de BCI devem estreitar melhor os seus trabalhos

para obtenção de resultados mais precisos. Com o aumento do número de soluções BCI multimodais, as sua contribuições passam a enriquecer as possibilidades das interfaces IHC. Destsa maneira, as BCI seão mais amplamente aceitas como modalidades regulares de IHC (GÜRKÖK et al, 2010).

4.6 APRENDIZAGEM DE MÁQUINA APLICADA À INTERAÇÃO MULTIMODAL

As técnicas de aprendizagem de máquina desempenham um papel importante em interfaces multimodais (JAIMES e SEBE, 2007), e certamente irão continuar a estender esse papel. Na ação, muitas partes de sistemas multimodais são susceptíveis de receber apoio de aprendizado de máquina. A modalidade dos reconhecedores já faz uso extensivo de aprendizagem de máquina: o reconhecimento de voz, detecção de face, reconhecimento facial, análise de expressão facial, reconhecimento de gestos ou rastreamento ocular são exemplos de diferentes domínios de interesse tanto para interação multimodal quanto para o aprendizado de máquina.

Além da modalidade de tratamento das entradas, o aprendizado de máquina tem sido aplicado para a fusão de dados dos reconhecedores de entrada, principalmente no nível de suas características. Poucos trabalhos de pesquisa têm sido desnvolvidos para o domínio da fusão no nível do processo decisório e com a assistência de aprendizado de máquina. Um exemplo de um deles é o de Pan et al. (1999) propondo versões dependentes do contexto por meio do método de inferência Bayesiana para a fusão de dados multisensoriais. No entanto, Jaimes e Sebe (2007) entendem que "mais pesquisas são necessárias para a investigação de modelos de fusão aptos a utilizar de forma eficiente as informações complementares fornecidas pelas várias modalidades". Como Jaimes e Sebe (2007) destacam, "a maioria dos pesquisadores processam cada canal (visual, áudio) de forma independente, e a fusão multimodal ainda está em sua infância". Além da fusão multimodal, o aprendizado de máquina vai beneficiar aplicações multimodais que levem em conta o aspecto afetivo de comunicação -emoções com base em suas manifestações fisiológicas (MCNEILL, 1992), como expressões faciais, gestos, posturas, tom de voz, respiração, entre outras manifestações.

4.7 LINGUAGENS DE MODELAGEM E FRAMEWORKS PARA INTERAÇÃO MULTIMODAL

O Ambiente multimodal é complexo e necessita da realização de uma comunicação variada e constante entre seus componentes. Essa heterogeneidade, exige a existência de recursos que

garantam o seu funcionamento adequado. Entre os recursos necessários para o seu pleno desempenho estão a existência de uma linguagem de comunicação que atenda aos requisitos de troca de informações entre seus componentes, como também a presença de um *framework* de desenvolvimento que favoreça a sua construção.

Na sequência são apresentados os conceitos de modelagem para uma interação multimodal, seguida da descrição de linguagens procuram que atender à complexidade de suas trocas de informações e, por fim, uma descrição de *frameworks* que realizam o desenvolvimento de soluções multimodais.

4.7.1 MODELANDO INTERAÇÃO MULTIMODAL

A modelagem de uma interação multimodal não é tarefa simples, devido aos múltiplos canais e modos de entrada e saída, bem como à combinação de possibilidades entre os dados provenientes das diferentes fontes, para não mencionar a seleção da modalidade saída baseada no contexto e perfil de usuário. A forma tomada pela modelagem formal da interação multimodal depende do nível de abstração que é considerado. Em níveis mais baixos de abstração, a modelagem formal incide sobre as ferramentas utilizadas para o reconhecimento e a síntese da modalidade. Em níveis mais altos de abstração, a modelagem da interação multimodal se concentra mais na combinação das modalidades e de sua sincronização.

A modelagem formal também pode incidir sobre a parte técnica, bem como sobre a interação usuário-máquina. Existem dois modelos formais para a descrição da combinação modalidade:

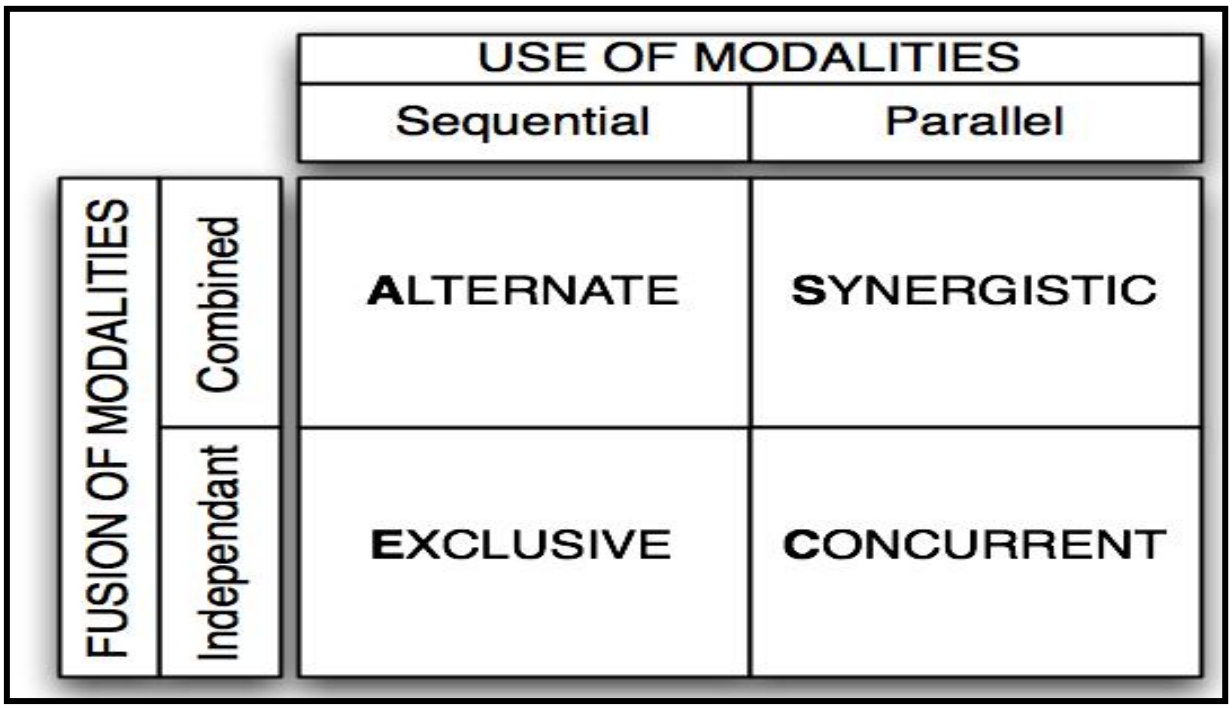
• O modelo de casos (NIGAY e COUTAZ, 1993), o qual foca na combinação das possibilidades das modalidades no nível do motor de fusão; e

• O modelo de atenção (SALBER *et al.*, 1995) dando atenção para a combinação de possibilidades das modalidade no nível do usuário.

O modelo de casos apresenta quatro propriedades: Concorrente - Alternativa – Sinérgica - Exclusiva, conforme descrito na Figura 4.3. Cada uma dessas quatro propriedades descreve uma forma diferente de combinar modalidades no nível do mecanismo de integração, de acordo com dois fatores: fusão de modalidades - combinada ou independente das modalidades de fusão; e o uso de modalidades - sequencial ou paralelo. A "fusão de modalidades" considera se as diferentes modalidades são combinados ou são gerenciadas de

forma independente, enquanto que "o uso de modalidades", observa a maneira como as modalidades são ativadas: ou uma de cada vez, ou de uma forma sinérgica.

Figura 4.3-Fusão *versus* Uso de Modalidades



FONTE : Norman (2013)

O modelo de atenção está mais focado sobre o nível de interação usuário-computador. Esse modelo também apresenta quatro propriedades, que são Complementaridade - Atribuição - Redundância - Equivalência. A complementaridade é para ser usada quando necessária para compreender o significado desejado de múltiplas modalidades complementares (por exemplo, "put that there" (BOLT, 1980) necessitando da execução de ambas modalidades: apontando com gestos e uso da voz para executar a ação desejada. Atribuição indica que apenas uma modalidade pode levar ao significado desejado (por exemplo no volante de um automóvel, é a única maneira de dirigir o carro). Redundância implica várias modalidades que podem ser usadas individualmente para levar ao significado desejado (por exemplo, usuário emite um comando "play" pela fala e também aperta um botão "play", mas apenas um dos comandos "play" é levado em conta). Finalmente, Equivalência implica que várias modalidades podem realizar a ação desejada pelo usuário, mas apenas uma seria usada por vez (por exemplo, a fala ou o teclado pode ser usado para escrever um texto).

4.7.2 LINGUAGENS DE MODELAGEM DE INTERAÇÃO MULTIMODAL

Na literarura têm surgido nos últimos anos muitas tentativas interessantes de se criar uma linguagem completa para a descrição da interação multimodal usuário-máquina. A maioria das abordagens apresentadas utiliza o conceito de uma "*web multimodal*", executada pelo Consórcio World Wide Web (W3C), por meio de atividades de Interação Multimodal e uma arquitetura proposta para tal (W3C-MMI, 2003). Esse *framework* teórico descreve os principais componentes envolvidos em uma interação multimodal, bem como as linguagens de marcação existentes ou que são potencialmente úteis para relacionar os diferentes componentes desse tipo de interação. Muitos dos elementos descritos nesse âmbito são de interesse prático para os profissionais de IHC que projetam interfaces multimodais, tais como a linguagem de marcação W3C EMMA[5], ou línguagens que são focadas em modalidades específicas, tais como VoiceXML[6] (interação por voz) , ou InkML[7] (Interação por caneta apontadora). O trabalho do W3C foi inspirado por Katsurada et al (2003) em razão do trabalho sobre a línguagem XISL XML[8]. Esta concentra-se na sincronização de entradas e de saídas multimodais, bem como no fluxo do diálogo e da transição. Uma outra abordagem do problema é a abordagem de Araki e Tachibana (2009), a qual propõe MIML (Linguagem de Marcação para Interação Multimodal). Uma das principais características dessa linguagem é sua descrição de três camadas de interação, com foco na interação, nas tarefas e na plataforma. Finalmente, Stanciulescu et al. (2005) seguiram uma abordagem transformacional para o desenvolvimento de interfaces de usuário com base em web multimodais, UsiXML[9], também baseada na modelagem proposta pela W3C. Quatro passos são necessários para se alcançar um modelo genérico para a interface do usuário final. Assim, uma das principais características de seu trabalho é a forte independência para as entradas e saídas nos canais disponíveis.

Sire e Chatty (2002) descrevem o que se deve esperar de uma linguagem de programação para interface multimodal de usuário. A partir de sua proposta, os seguintes requisitos para uma linguagem de descrição multimodal foram definidos:

---

[5] https://www.w3.org/tr/emma/
[6] https://www.w3.org/tr/voicexml20/
[7] https://www.w3.org/tr/inkml/
[8] https://www.w3schools.com/xml/xml_xslt.asp
[9] http://www.usixml.org/

• A linguagem deve ser agnóstica com relação aos tipos de modalidade, devendo acompanhar a evolução das modalidades de entrada e saída que forem sendo disponibilizadas com o tempo;

• Um mecanismo de ligação deve ser previsto para fazer o elo entre a composição da definição de interface do usuário com a sua realização em tempo de execução;

• Estruturas explícitas de controle devem estar disponíveis na linguagem, tais como cláusulas condicionais e *loops*;

• Mecanismos extensíveis de definição de evento também são necessários para a realização da comunicação entre objetos da interface do usuário e do modelo de interação;

• A Modelagem de dados deve ser cuidadosamente planejada, visto que os dados da aplicação tendem a se encontrar distribuídos em vários lugares; e

• Finalmente, um requisito importante para uma linguagem de descrição de integração multimodal é a definição de componentes reuzáveis

.

4.7.3 FRAMEWORKS DE PROGRAMAÇÃO PARA INTERAÇÃO MULTIMODAL

Para o ambiente de desenvolvimento de interfaces multimodais, uma série de ferramentas tornou-se disponível nos últimos anos (Quadro 4.2).

Krahnstoever et al. (2002) propuseram um *framework* utilizando as modalidades de voz e de gestos para criação de um ambiente de interface natural. A saída do seu *framework* era para ser usada em telas grandes que permitam a interação multi-usuário. A fusão foi realizada utilizando um método baseado na unificação proposto por Cohen et al. (1997) e foi trabalhado na linguagem Quickset (COREN et al., 1997), uma interface multimodal para as modalidades caneta/voz, a partir de uma arquitetura aberta orientada a agentes, a qual serviu como uma base de testes para os métodos de fusão hibrida e métodos baseados em unificação.

Bourguet et al. (2002) criaram um *kit* de ferramentas multimodais no qual cenários podem ser modelados usando máquinas de estados finitos. Esse conjunto de ferramentas multimodais é composto por uma interface gráfica chamada **IMBuilder** que faz a interface multimodal do próprio *framework*, chamado MEngine. Os Modelos de interação multimodais criados com **IMBuilder** são salvos como arquivos XML.

Flippo et al. (2003) também trabalharam no *design* de um *framework* multimodal, voltado para integração direta em uma aplicação multimodal. Um dos aspectos mais interessantes do trabalho é a utilização de uma técnica de fusão paralela independentemente da aplicação. A arquitetura geral do *framework* é baseada em agentes, enquanto que a própria técnica de fusão faz uso de *frames*. A configuração da fusão é feita em um arquivo XML, especificando para cada *frame* um número de *slots* a ser preenchido e um *link* direto para as implementações reais.

Bouchet et al. (2004) propuseram uma abordagem baseada em componentes chamado ICARE, completamente baseada no *design* espacial **CARE** (SALBER *et al.*, 1995). Esses componentes cobrem tarefas elementares, tarefas dependentes da modalidade ou tarefas genéricas como a de fusão. A comunicação entre os componentes é baseada em eventos.

A abordagem baseada em componentes do ICARE forneceu a inspiração para um conjunto abrangente de ferramentas *open source* chamado de OpenInterface (SERRANO *et al.*, 2008). Os componentes do OpenInterface são configurados por meio de arquivos via XML CIDL (SERRANO *et al.*, 2008) e um editor gráfico.

Quadro 4.2 - Ferramentas para a Criação de Interfaces Multimodais

	ICARE – OI	OPENINTERFACE	IMBUILDER/MENGINE	FLIPPO ET AL.	KRAHNSTOEVER	QUICKSE]	PHIDGETS	PAPIER-MÁCHÉ [
ARCHITECTURE TRAITS								
FINITE STATE MACHINE			X					
COMPONENTS	X	X					X	
SOFTWARE AGENTS				X		X		
FUSION BY FRAMES					X			
SYMBOLIC-STATISTICAL FUSION						X		
REUSABILITY EASINESS								
NO PROGRAMMING KIT					X	X		
LOW-LEVEL PROGRAMMING (E.G. VIA API)				X			X	X
HIGHER-LEVEL PROGRAMMING								
VISUAL PROGRAMMING TOOL	X	X	X					
CHARACTERISTICS								
EXTENSIBILITY		X	X	X		X		
PLUGGABILITY							X	
REUSABLE COMPONENTS	X	X				X		
OPEN SOURCE	X	X						X

Fonte : Norman (2013)

4.8 INTERAÇÃO AFETIVA EM INTERFACE MULTIMODAL

A maioria dos sistemas MMHCI atuais não leva em conta o fato de que a comunicação humano-humano é sempre socialmente situada e que se usam as emoções para melhorar essa comunicação. No entanto, muitas vezes as emoções são expressas de forma multimodal. Assim a afetividade é uma área importante no estudo de interfaces MMHCI e detalhes sobre ela devem ser discutidos. Os sistemas de IHC que podem sentir os estados afetivos do ser humano (por exemplo, estresse, falta de atenção, raiva, tédio, entre outros sentimentos) e que são capazes de se adaptar e responder a esses estados afetivos tendem a ser percebidos como mais natural, eficazes e confiáveis. Em seu livro, Picard e Picard (1997) sugeriram várias aplicações nas quais é benéfico para os computadores reconhecer as emoções humanas. Por exemplo, sabendo das emoções do usuário, um computador pode se tornar um tutor mais eficaz. Uma fala computacional orientada a tons emocionais na voz soaria mais agradável do que uma voz monótona. Agentes inteligentes presentes no sistema computacional poderiam aprender as preferências do usuário por meio da observação de suas emoções. Uma aplicação importante seria a ajuda para os usuários monitorarem o seu nível de estresse. Ainda outra aplicação importante em contextos clínicos, o reconhecimento da incapacidade de uma pessoa em expressar certas expressões faciais pode ajudar a diagnosticar distúrbios psicológicos iniciais, por exemplo.

A área de pesquisa que utiliza os conhecimentos obtidos da aprendizagem de máquina e o emprego de emoções humanas na construção de sistemas IHC mais naturais e flexíveis é conhecida pelo nome genérico de computação afetiva (PICARD e PICARD, 1997). Existe uma vasta literatura sobre a computação afetiva e reconhecimento de emoções (PICARD, 2003; PANTIC e ROTHKRANTZ, 2003; Pantic *et al.*, 2005). As Emoções estão intrinsecamente ligadas a outras funções, tais como atenção, percepção, memória, tomada de decisão e a aprendizagem (EKMAN et al., 2013). Isso sugere que ela pode ser benéfica para os sistemas computacionais para reconhecer emoções do usuário e outros estados cognitivos e expressões relacionadas. Bianchi-Berthouze e Lisetti (2002) estudando problemas de comunicação afetiva, identificaram três pontos-chave a serem considerados no desenvolvimento de sistemas que captam a informação afetiva: incorporação (experimentando uma realidade física), dinâmica (mapeando a experiência e o estado emocional no processo temporal em uma situação particular) e interação adaptativa (transmissão de respostas emotivas em conformidade com um novo estado emocional).

Os pesquisadores usam principalmente dois métodos diferentes para analisar as emoções (PANTIC *et al.*, 2005). Uma abordagem é classificar as emoções em categorias discretas, tais como alegria, medo, amor, surpresa, tristeza, por exemplo, usando diferentes modalidades como entradas. O problema é que os estímulos podem conter emoções misturadas e a escolha dessas categorias podem ser demasiado restritivas ou culturalmente dependentes. Outra maneira é ter múltiplas dimensões e escalas para descrever as emoções. Duas escalas comuns são a valência e excitação (HANJALIC e XU, 2005). A valência descreve o prazer dos estímulos, como positivo ou agradável (por exemplo, a felicidade) em uma extremidade, e negativo ou desagradável (por exemplo, nojo), na outra. A outra dimensão é a excitação ou ativação. Por exemplo, a tristeza tem baixa excitação, enquanto que surpresa tem um alto nível de excitação. Os rótulos emocionais diferentes podem ser plotados em várias posições em um plano 2D gerado por esses dois eixos para construir um modelo de emoção 2D (LANG, 1995; HAKEEM e SHAH, 2004).

4.9 INTERAÇÃO MULTIMODAL COM USUÁRIOS PORTADORES DE NECESSIDADES ESPECIAIS

Historicamente alguns trabalhos focaram na interação multimodal aplicada a portadores de necessidades especiais.

Em Duchowski (2002) uma solução foi proposta para emprego de visão computacional na interpretação de gestos faciais de pessoas com deficiência física possibilitando a sua navegação no uso de cadeira de rodas.

Kuno et al.(2003) ressaltaram que as pessoas com deficiência poderiam se beneficiar das tecnologias MMHCI e apresentaram um sistema próprio para navegação em cadeira de rodas.

Roth e Pun (2003) introduziram um sistema para apresentação de imagens digitais por meio de canais não-visuais (audio-hápiticos) favorecendo as pessoas cegas (saídas multimodais).

Grauman *et al*. (2003) introduziram técnicas que poderam ser usadas para interação utilizando apenas o piscar dos olhos e o movimento das sobrancelhas (entradas multimodais). Algumas dessas abordagens citadas foram utilizadas em outras áreas de aplicação e abordadas no trabalho de Brewster *et al.* (2003).

Simpson *et al.* (2004) propuseram um sistema de cadeira de rodas inteligente baseado em componentes e apresentaram outras abordagens que integraram a solução com vários tipos de sensores (não só de visão).

As soluções de interação MMHCI apresentadas, destacaram o potencial da multimodalidade como instrumento fomentador da acessíbilidade para pessoas com deficiência.

4.10 CARACTERÍSTICAS DA INTERFACE DE USUÁRIO MULTIMODAL

Em comparação com outros tipos de interação humano-computador, a interação multimodal oferece aos usuários uma interação mais natural e transparente, utilizando os recursos da voz, dos gestos, da direção do olhar, entre outros. Tais interfaces, portanto, permitem oferecer maneiras mais fáceis, mais expressivas e mais intuitivas para uso dos computadores. Os sistemas multimodais têm o potencial para promover a interação humano-computador de várias maneiras:

- Reforçando a robustez da comunicação devido à combinação de diferentes fontes de informação;
- Personalização flexível da interação com base no usuário e no contexto; e
- Novas funcionalidades interativas permitindo o envolvimento multi-usuário e a interação móvel.

Ao se comparar o padrão de interfaces multimodais (MUI) com o padrão de interfaces gráficas de usuário (GUI), por exemplo, é possível extrair as diferenças (OVIATT *et al.*, 2000) apresentadas no Quadro 4.3.

Quadro 4.3-As Diferenças entre Interfaces GUI e MUI

GUI	MUI
ÚNICO FLUXO DE ENTRADA	MÚLTIPLOS FLUXOS DE ENTRADA
ATOMICA, DETERMINÍSTICA	CONTÍNUA, PROBABILÍSTICA
PROCESSO SEQUENCIAL	PROCESSO PARALELO
ARQUITETURAS CENTRALIZADAS	ARQUITETURAS DISTRIBUÍDAS E SENSÍVEIS AO TEMPO

Fonte : Adaptado de Oviatt (2000)

No estilo de interação padrão WIMP (Janela, Ícone, Menu, dispositivo apontador), um dispositivo de entrada física singular é usado para controlar a posição de um cursor e apresentar informações organizadas em janelas e representadas por meio de ícones. Em contraste, em interfaces multimodais, várias modalidades podem ser usadas como fluxos de entrada (voz, gestos, expressões faciais, entre outras.). Além disso, a entrada de interfaces gráficas de usuário geralmente é determinística, com uma ou outra posição do *mouse* ou caracteres digitados em um teclado usado para controlar o computador. Em interfaces multimodais, os fluxos de entrada têm que ser interpretados inicialmente por reconhecedores probabilísticos (HMM, GMM, som, entre outros) e, portanto, seus resultados são ponderados por um grau de incerteza. Além disso, os eventos não são sempre claramente delimitados temporalmente e, portanto, requerem uma interpretação contínua. Devido aos vários reconhecedores necessários para interpretar a entrada multimodal e a propriedade contínua dos fluxos de entrada, os sistemas multimodais dependem do tempo sincronizado e processamento em paralelo. Além disso, a sensibilidade temporal de sistemas multimodais é crucial para se determinar a ordem de processamento de comandos multimodais em paralelo ou em sequência. Finalmente, os sistemas multimodais muitas vezes implementam uma arquitetura distribuída para o tratamento computacional e para garantir a sincronização.

4.11 ESCOLHA DE FRAMEWORK PARA ELABORAÇÃO DE AMBIENTE MULTIMODAL ASSISTIVO

Estudo recente realizado pelo autor deste trabalho identificou (4) quatro frameworks para escolha de uma solução capaz de materializar o ambiente multimodal assistivo para ser utilizado. Conforme o Quadro 4.4, o sistema ***HCI^2*** desenvolvido por Shen (2014), se mostrou o mais vantajoso por utilizar recursos mais simplificados para tratamento da gestão das modalidades e estar disponível para uso livre com uma SDK disponível para ambiente Windows e apresentando um desempenho de latência muito favorável ao objetivo da solução.

Quadro 4.4-Opções de Framework para Ambiente Multimodal

CARACTERISTICA	ABE FRAMEWORK	SEMAINE API FRAMEWORK	MUDRA FRAMEWORK	HCI^2 WORKBENCH
AUTOR(ES)	GOZALEZ-SANCHEZ ET AL. 2011	SCHRÖDER,M. 2010	HOST ET AL. 2011	JIE SHEN, 2014
DOMINIO DA APLICAÇÃO	SISTEMA ORIENTADO A EMOÇOES	SISTEMA ORIENTADO A EMOÇOES	ORIENTADO A DATA STREAM	TROCA DE MENSAGEM ENTRE OBJETOS NA MEMORIA
ASPECTOS DE INTEGRAÇÃO	NECESSARIO CRIAÇÃO DE AGENTE ESPECIALISTA	XML	DADOS BRUTOS / MENSAGENS XML	RUN TIME PROTOCOL/ TCP
SISTEMA OPERACIONAL	WINDOWS XP SP3	WINDOWS, LINUX MAC	NOT INFORMED	WINDOWS *
LINGUAGEM DE PROGRAMAÇÃO	CAMADA ORIENTADA A AGENTES (NOT INFORMED)	C++, JAVA EMMOTION ML	CLIPS (C LANGUAGE INTEGRATED PRODUTION SYSTEM)	C++
PLATAFORMA DE COMUNICAÇÃO DE BAIXO NIVEL	TCP/IP	ACTIVEMQ (OPEN SOURCE MESSAGE BROKER)	ACTIVEMQ ACTIVEMQ (OPEN SOURCE MESSAGE BROKER)	TCP/IP
OPEN SOURCE	M.I.T. AND ASU UNIVERSITY OWNER (ONLY RESEARCH)	ONLY TO DEVELOPER	ONLY TO DEVELOPER	ALL USER (CODIGO EXECUTAVEL DISPONIVEL) SDK DEVELOPER
DESEMPENHO LATÊNCIA / CPU	> 500 MS CPU 43%	>650 MS CPU% < 50%	NOT INFORMED	< 1 MS CPU < 1%
OBSERVAÇOES	SISTEMA PROPRIETARIO NECESSITA CAMADA INTERMEDIARIA DE AGENTES E APRESENTA BAIXA PERFORMANCE	SOFTWARE LIVRE VOLTADO A DESENVOLVEDORES COM BAIXA PERFORMANCE E SERVIÇO DE MENSAGERIA JAVA MESSAGE SERVICE (JMS) CLIENT	SOFTWARE LIVRE VOLTADO A DESENVOLVEDORES E SERVIÇO DE MENSAGERIA JAVA MESSAGE SERVICE (JMS) CLIENT COM TROCA DE MENSAGEM XML	SOFTWARE LIVRE VOLTADO AO USUARIO FINAL E DESENVOLVEDORES COM AMBIENTE CONFIGURAVEL PELO USUARIO E COM ALTA PERFORMANCE

Fonte: Elaborado pelo Autor (2017)

Algumas adaptações e ajustes foram realizados para que o aplicativo após instalado respondesse de forma consistente às expectativas de uso para o ambiente multimodal assistivo.

4.12 TRABALHOS RELACIONADOS

A literatura de interface humano-computador - IHC vem sistematicamente produzindo nas duas últimas décadas diversos trabalhos com foco no uso da multimodalidade em ambientes interativos computacionais, sendo considerada uma área própria de estudos na Ciência da Computação (TURK e ROBERTSON, 2000; OVIATT e COHEN, 2000).

Oviatt et al. (2000) descreveram que o uso de interfaces multimodais em soluções para emprego na Engenharia de Software fornece aos usuários a possibilidade da utilização de um modo de operação que melhor se adapta a uma situação particular de uso, aumentando a sua taxa de tarefas completadas, reduzindo o tempo e o seu esforço para serem finalizadas. Dessa maneira, proporciona uma maior satisfação pela possibilidade da prevenção de erros e a sua rápida recuperação realizada de maneira intuitiva.

Os trabalhos de Bouillon, Vanderdonckt & Chow (2004) e Casa et al.(2008) descrevem que o uso de interfaces multimodais permite a acomodação de uma ampla variedade de usuários e a realização de um grande número de tarefas nesse ambiente, inclusive por usuários temporariamente ou permanentemente impossibilitados, quando apenas uma modalidade interativa pode não ser suficiente ou adequada para que esse tipo de usuário possa completar a tarefa computacional necessária.

Alguns trabalhos são voltados para uso da multimodalidade em grupos específicos de deficiência, como por exemplo em Argyropoulos et al.(2008), os quais propõem um ambiente multimodal proprietário para a realização de comunicação com computadores por pessoas cegas e surdas ou surdo-cegas, sendo exclusivo para esse tipo específico de deficiência.
Tomari et al. (2012, 2013) propõem soluções multimodais voltadas para controle automático de cadeirantes. Czyzewski (2015) em sua revisão de literatura apresenta trabalhos recentes de interfaces multimodais aplicadas em deficiências exclusivas como por exemplo pacientes que permanecem em estado vegetativo, com doença de Parkinson, entre outras deficiências, apresentando soluções específicas voltadas para essas naturezas de deficiência.

Os trabalhos sobre multimodalidade aplicada ao uso de pessoas com deficiência apresentam frequentemente soluções que são exclusivas para um ou dois tipos de modalidades de deficiência, não tendo sido identificado trabalhos que apresentem uma abrangência maior de deficiências diante do uso da multimodalidade em suas configurações para interações computacionais para esse tipo de usuário.

A avaliação de usabilidade de ambientes multimodais por parte de pessoas com necessidades especiais descritas na literatura apresenta ambientes multimodais próprios para

grupos específicos de necessidade especial, como exemplificado no Quadro 4.5 que apresenta alguns trabalhos de avaliação de usabilidade de multimodalidade por natureza de deficiência.

Quadro 4.5-Trabalhos Descrevendo Multimodalidade e Deficiência

Necessidade Especial	Multimodalidade	Titulo do Trabalho	Autores
Visão	Bi-modal (Tatil & Auditiva)	Two-Tactor Vibrotactile Navigation Information for the Blind: Directional Resolution and Intuitive Interpretation	Kessler, R., Bach, M., & Heinrich, S. P. (2017)
	Bi-modal (Tatil & Auditiva)	Visually impaired people and the emerging connected TV:a comparative study of TV and Web applications' accessibility	Costa, D., & Duarte, C. (2016).
Audição	Bi-Modal (Texto & Imagens)	Towards a participative approach for adapting multimodal digital books for deaf and hard of hearing people	Véliz, S., Espinoza, V., Sauvalle, I., Arroyo, R., Pizarro, M., & Garolera, M. (2017).
	Bi-Modal (Texto & Imagens)	Development and evaluation of an e-learning course for deaf and hard of hearing	Debevc, M., Stiepanovič, Z., & Holzinger, A. (2014).
Motora	Bi-Modal (Movimento da Cabeça e Olhos)	Vision-based user interfaces:methods and applications	Porta, M. (2002).
	Multimodal (visual,audição, touch)	Urban Accessibility in Action: Development of a Geospatial assistive technology for navigation of people with motor disabilities	Mostafavi, M. A., Noreau, L., Edwards, G., Fougeyrolas, P., Hubert, F., Vincent, C., & Routhier, F. (2014)
	Multimodal (comando de voz, expressão facial, movimento da cabeça, joystick)	Evaluation of distinct input methods of an intelligent wheelchair in simulated and real environments: a performance and usability study	Mónica Faria et al. 2013

Fonte: Elaborado pelo Autor (2017)

A literatura é tambem escassa em trabalhos que apresentam o emprego de métodos que são aplicados à elaboração de soluções construtivas para a realização de configuaração de ambientes multimodais, em especial para serviços voltados ao uso de pessoas com necessidades especiais. Ora são encontrados trabalhos que descrevem métodos de construção para aplicativos multimodais, ora são identicados trabalhos que propõem métodos para serviços multimodais aplicados a pessoas com necessidades especiais, no entanto não se identificou estudos de métodos que descrevam a concepção e a configuração de ambientes multimodais assistivos. O Quadro 4.6 apresenta exemplos de alguns trabalhos que descrevem

métodos para realização de serviços e para desenvolvimento de software com princípios de tratamento multimodal.

Quadro 4.6-Trabalhos Descrevendo Multimodalidade e Métodos

Natureza do Método	Titulo do Trabalho	Autores
Desenvolvimento de Aplicação	A framework for rapid development of multimodal interfaces	Flippo, Krebs,& Marsic, 2003
	The WAMI toolkit for developing, deploying, and evaluating web-accessible multimodal interfaces	Gruenstein,McGraw,& Badr, 2008
Serviço multimodal de reconhecimento emocional	Toward Multimodal Emotion Recognition in E-Learning Environments	Bahreini,Nadolski & Westera,2016
Serviço multimodal inteligente baseada no contexto	A University-Based Smart and Context Aware Solution for People with Disabilities	Kbar et al.,2016

Fonte: Elaborado pelo Autor (2017)

Por fim, no que concerne a existência de trabalhos que abordem a Gestão de Configuração (Cofiguration Management-CM) (DAVIS e BERSOFF,1991; SOMMERVILLE, 2008) voltados a ambiente computacionais multimodais, também são encontradas pesquisas que apenas descrevem configurações genéricas e algumas específicas para uso em ambientes assistivos peculiares conforme apresentado no Quadro 4.7.

Quadro 4.7-Trabalhos Descrevendo Multimodalidade e Configurações

Natureza da Configuração	Titulo do Trabalho	Autores
Modelo Arquitetural para configuração de sensores multimodais	Articulating actions in multimodal interaction	Bianchi-Berthouze & Bottoni (2002)
Framework Genérico para configuração e tratamento multimodal de interfaces pervasivas	A software framework for multimodal human computer interaction systems	Shen & Pantic (2009)
Framework Multimodal configurado exclusivamente para uso de pessoas com deficiência cognitiva	From dialogue management to pervasive interaction based **assistive technology**	Lin, Park & Makedon (2010)
Framework para adaptação de interfaces multimodais aplicado a tecnologias assistivas	Adaptable multimodal interfaces in pervasive environments	Avouac, Lalanda, & Nigay (2012)
Ambiente Proprietário para Multimodalidade aplicada ao controle de Casas Inteligente Acessiveis (Indoor Cofiguration)	IT **Accessibility Enhancement** in Smart Home Network Systems	Park (2015)

Fonte: Elaborado pelo Autor (2017)

4.13 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

Um dos obejtivos deste capítulo foi responder a pergunta de pesquisa **QP1**:

Existe carência na literatura para apresentação de solução que permita a elaboração e a configuração de um ambiente computacional multimodal assistivo?

Pela análise bibliográfica realizada,constata-se a ausência na literatura de trabalhos que descrevam métodos que contextualizem a elaboração e configuração de ambientes multimodais aplicados a pessoas com necessidades especiais

A análise de trabalhos relacionados revela a ausência de recursos para elaboração de ambientes multimodais assistivos, reafirmando assim necessidade de um método como um instrumento organizador capaz de guiar a construção e configuração de um ambiente multimodal assistivo.

No capítulo subsequente a escolha da modalidade organizacional *método* é justificada e as suas fases e atividades são descritas.

5 MÉTODO MULTIMODAL ASSISTIVO – M^2ALL

Este capítulo descreve as razões para a escolha do instrumento organizacional procedural capaz de elucidar o problema identificado que é a realização da elaboração e configuração de um ambiente computacional assistivo a ser utilizado por pessoas com necessidades especiais por meio de interação multimodal. Para esse intento, foi elaborado um método específico assistivo capaz de efetivar as orientações das ações que impelem a sua solução. Destaca-se a incompatibilidade entre os modelos de desenvolvimento tradicionais e as exigências da acessibilidade e a cobertura dessas necessidades pelo modelo proposto. Apresenta-se os trabalhos inspiradores que embasaram a concepção do modelo proposto destacando como um modelo de gestão e justificando-se as fases escolhidas para compor o método. Por fim, o modelo proposto é descrito em suas fases, atividades e produtos de trabalho, atingindo a completude de sua estrutura.

5.1 RAZÕES PARA ESCOLHA DA INSTRUMENTAÇÃO ORGANIZACIONAL PROCEDURAL - MÉTODO

O CMMI-DEV acrônimo de - Capability Maturity Model Integration Process Development - (CHAUDHARY & CHOPRA, 2017), é um modelo referencial de classe mundial descrito pelo Software Engineering Institute (SEI, 2017) com foco na melhoria contínua do desenvolvimento de soluções de tecnologia da informação, podendo ser aplicado em outros ambientes produtivos. Esse modelo orienta as empresas e seus profissionais a alcançarem níveis de maturidade nos processos de construção de produtos e serviços, servindo como um indicador de sua qualidade produtiva. Essencialmente, essas boas práticas exigem que as soluções de tecnologia da informação sejam projetadas e realizadas de maneira organizada e que ocorram por meio de processos que permitam a efetivação da repetibilidade de suas execuções. Para que possa existir a organização e o controle adequado dessas práticas, é necessária a definição de instrumentos organizacionais procedurais que guiem e orientem as pessoas durante a operação de suas ações. O Quadro 5.1 e a Figura 5.1 descrevem a conceituação dos recursos organizacionais utilizados pelas pessoas e grupos na execução de suas práticas produtivas. Na descrição apresentada, é possível verificar a importância organizacional do instrumento *processo* para obtenção de resultados de qualidade esperados.

Quadro 5.1-Recursos organizacionais para execução das práticas produtivas

Recurso	Descrição	Abrangência
Tarefa	É a ação executada que dá suporte a realização dos objetivos por meio do alcance de suas metas. Representa o "quê" será feito e "como"será feito (procedimento)	Ação
Atividades	As atividades são descrições da sequência das tarefas e de suas interdependências.	Sequênciamento das ações
Processo	Os processos são as atividades realizadas sequencialmente e que agregam valor, recebendo insumos de entrada, transformando-os em resultados. Os processos têm procedimentos repetitivos, devendo ter início e fechamento de suas atividades, que podem ser reiniciadas a qualquer momento quando for necessário.	Combinação e temporização das ações para obtenção de resultados

FONTE : Adaptado de Labiutil (2017)

Figura 5.1- Hierarquia dos recursos organizacionais - componentes de um Processo Produtivo

Fonte: Adaptado de Google Imagens (2017)

Existem diversos instrumentos organizacionais procedurais que realizam os *procedimentos* e promovem a orientação das pessoas e grupos diante da execução de suas ações produtivas (tarefas), como por exemplo *guidelines*, *técnicas*, *métodos*, *metodologias* e *frameworks*, os quais favorecem a realização de suas práticas dentro de um *processo produtivo*. No entanto, conforme a natureza do problema a ser elucidado, o uso de um determinado instrumento procedural pode ser mais apropriado que o uso de outro. O Quadro 5.2 apresenta exemplos de *instrumentos organizacionais procedurais* e as suas respectivas abrangências e situações de aplicação.

Quadro 5.2 -Exemplos de Instrumentos Organizacionais Procedurais

Instrumento Organizacional Procedural	**Definição**	**Abrangência**
Guia /Guideline	É uma diretriz ou conjunto de recomendações para trabalhar determinado assunto que está sendo abordado	Orientações gerais para execução de uma atividade
Técnica	É um conjunto de regras, normas ou protocolos que se utiliza como meio para chegar a uma meta ou resultado.	Recomendações técnicas a serem utilizadas e seguidas
Método	É um **único processo** que realiza um conjunto de etapas ordenadas e dispostas a serem executadas para alcançar um determinado fim. É um meio para se chegar um fim.	Recomendações prescritivas - através de textos ou imagens que descrevem ou instruem o passo a passo a ser realizado - são ações ordenadas explicitamente
Metodologia	Representa um conjunto de processos (métodos) que são conhecidos e previamente definidos. Tem como objetivo captar e analisar as características desses vários métodos, avaliando as suas capacidades, potencialidades, limitações ou distorções e criticar os pressupostos ou as implicações de sua utilização em uma determinada situação ou problema.	Permite a escolha entre diversos métodos conforme a natureza e o contexto do problema a ser resolvido.
Framework	Representa um conjunto de conceitos usados para resolver um problema de um domínio específico, provendo soluções para uma família de problemas semelhantes. Um framework captura as funcionalidades comuns a várias aplicações, podendo ser extendido e ter algumas de suas práticas removidas	Conjunto de práticas comuns que podem ser utilizadas para resolução de problemas diversos dentro de um mesmo domínio.

Fonte: Adaptado de “Conceito.de” (2017)

No problema identificado neste estudo torna-se necessário que a sua resolução seja empreendida por meio de um conjunto de etapas auto-relacionadas. Essa realização sugere a existência de fases elucidativas como por exemplo a efetuação de projeto, implementação, configuração e avaliação do ambiente computacional com foco no uso de pessoas com necessidades especiais e que efetuarão interações simultâneas por instrumentos multimeios sincronizados. Tipicamente, esta é uma questão com características que podem ser solucionadas com a aplicação de um *Método Específico para Acessibilidade*, que tratamos a partir de agora como sinônimo de modelo ou processo, o qual representa uma estrutura única cuja escolha por este instrumento organizacional bem como a dinâmica de seu fluxo teve as razões de de sua escolha com base na literatura pesquisada e nas práticas do autor em ambientes compuacionais voltados a acessibilidade:

a) Sua aplicação necessita da existência de fases distintas e especialmente realizadas de maneira sequencial, por envolver atividades, recursos e ações que compreendem a participação de profissionais com um perfil multidisciplinar, cujas práticas não podem ser realizadas de maneira paralela, além da impossibilidade de se ter presente em todas as fases do processo o usuário final, pessoas com necessidades especiais, devido as suas limitações de locomoção e saúde, entre outras fatores restritivos;

b) Pela complexidade que envolve as questões relacionadas com a acessibilidade, cada etapa executada dentro de suas fases, necessita ter as suas atividades apresentadas de forma prescritiva e simultâneamente flexível, de modo que quando a fase subsequente estiver sendo realizada, e que alguma incoerência for identificada ser possível retornar a fase anterior para que seja realizado os devidos ajustes;

c) O resultado final do processo é alcançado da melhor maneira se todas as fases forem efetivamente realizadas na sequência delineada; e

d) Em um único ciclo de fases (processo) é possível efetuar sua completa realização.

As novas execuções deste ciclo reflete a necessidade da melhoria no ciclo inicial do produto ou serviço elaborado.

A desconsideração dos demais instrumentos procedurais acontece pelo fato de que, para o contexto desse problema, o emprego de *guidelines* e de *técnicas* não permite garantir a completude de sua solução, devido a limitação de suas abrangências, o que conduz ao risco de ser resolvido de forma imprecisa. O emprego de uma *metodologia* específica também não é realizável ou mesmo necessário devido à inexistência de outros métodos de igual teor. Por

fim, a aplicação de um *framework*, similarmente não tem significado, pelo fato do uso desse instrumento exigir a pré-existência de várias aplicações de mesma natureza para que este recurso organizacional pudesse ser descrito e utilizado.

Pelas razões citadas e pela inexistência na literatura de uma solução própria para o assunto abordado, é apresentada neste trabalho a *especificação de um método* multimodal *assistivo* para a realização da elaboração e a configuração de um ambiente computacional multimodal para uso por pessoas com necessidades especiais, empregado em diversos cenários e contextos, podendo também a sua aplicação identicamente ser estendida para o uso de pessoas não deficientes.

5.2 INCOMPATIBILIDADE DOS PROCESSOS TRADICIONAIS DE DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS COM AS NECESSIDADES DA ACESSIBILIDADE

Nos últimos anos a literatura vem apresentando trabalhos que propõem o uso de metodologias, métodos e processos voltados para a elaboração de sistemas de informação considerados como acessíveis. Esses trabalhos sugerem orientações e padrões para que equipes de desenvolvimento de software possam atender em seus projetos as necessidades e os requisitos de acessibilidade em seus sistemas produzidos, devido às limitações dos modelos clássicos em atender às demandas oriundas da acessibilidade.

Os processos de desenvolvimento de sistemas tradicionais, como o modelo cascata, modelo interativo-incremental e os modelos ágeis, apresentam limitações em suas estruturas que dificultam a inclusão e adequação das questões que envolvem a acessibilidade. Lujan-Mora e Masri (2012) relatam, por exemplo, que o modelo cascatada posterga a fase de testes para o fim do projeto, fato que leva à percepção tardia de falhas relativas à acessibilidade, aumentando os custos do projeto para realizar as suas correções. O trabalho de Martín e Yelmo (2014) sugere alterações significativas no processo de avaliação do modelo de desenvolvimento unificado (RUP[10]), propondo a inclusão de ferramentas para avaliação da acessibilidade desde a fase de *Design* até a fase final de *Testes* para a garantir a adequação do software aos requisitos de acessibilidade. Para o modelo Ágil, Lujan-Mora e Masri (2011) reforçam a importância da inclusão de avaliações quantitativas e qualitativas de acessibilidade dos produtos entregues nos ciclos de *sprints*, com a participação de usuários portadores de

[10] Rational Unified Process

necessidades especiais nessas validações, para assegurar que a acessibilidade esteja presente nos produtos de *backlog* disponibilizados nas entregas. Garcia-Borgoñón et al. (2014) e Martins e Penteado (2011) propõem métodos e processos de desenvolvimento específicos para elaboração de sistemas de informações com acessibilidade. Todos os trabalhos descritos referem-se àas questões relativas ao desenvolvimento de software com recursos de acessibilidade e propõem mudanças significtivas em seus procedimentos para a realização de soluções com acessibilidade.

O método proposto por este trabalho busca o atendimento de questões mais amplas relacionadas à acessibilidade, e não somente de pontos ligados aos trabalhos realizados pelas equipes de desenvolvimento de sistemas, sendo esta apenas uma das atividades dentro de seu escopo. A solução proposta é voltada para uso em equipes multidisciplinares envolvidas com a criação e o desenvolvimento de ambientes computacionais assistivos, normalmente lideradas por especialistas em acessibilidade, na qual participam profissionais com formação em Educação, Saúde, Ciências Humanas e também em Tecnologia da Informação e Comunicação, além da participação direta dos usuários finais que são as pessoas com deficiência.

O método proposto está envolvido com complexas questões relacionadas com as características e comportamentos de pessoas com deficiência diante do uso de computadores e de suas relações com a equipe de profissionais que fazem a assistência para elas. Ele não pode ser comparado diretamente com os modelos tradicionais de desenvolvimento de sistemas, apesar de em sua composição utilizar algum dos recursos desses modelos clássicos, como por exemplo, pela necessidade de ter suas etapas realizadas de maneira sequenciada e prescritiva, herda características do modelo de desenvolvimento de sistemas em cascata, ao mesmo tempo que quando alguma de suas atividades necessitarem ser refeitas, é no modelo tradicional de desenvolvimento interativo-incremental que ele se referencia para realizar essas ações.

Portanto, o método proposto tem essencialmente um foco na gestão da elaboração de um ambiente computacional multimodal assistivo e não no desenvolvimento de um sistema multimodal assistivo, sendo o seu ator primário a equipe multidisciplinar que é especialista em acessibilidade, e que irá conduzir a elaboração da solução multimodal assistiva, ou seja é quem vai interagir diretamente com este método, enquanto o ator secundário é o usuário com necessidades especiais e que será beneficiado com o uso da solução elaborada conforme a aplicação desse método.

5.3 REFERÊNCIAS INFLUENCIADORAS PARA A CONCEPCÃO DO MÉTODO ASSISTIVO PROPOSTO

Como examinado nas seções anteriores, a literatura se mostra limitada com relação à apresentação de métodos que proporcionem o favorecimento do emprego de recursos assistivos a pessoas com necessidades especiais. Muito embora as tecnologias assistivas procurem suprir estas pessoas com soluções que as equiparam às demais pessoas no uso de ambientes físicos e digitais, a ausência de instrumentos organizacionais que norteim a aplicação de recursos assistivos é um fato. Apesar da insuficiência de trabalhos orientadores para aplicação de tecnologias assistivas, é possível encontrar alguns estudos isolados que disponibilizam informações sobre esse propósito.

A pesquisadora Shawn Lawton Henry do Massachusetts Institute of Technology (MIT) pertencente ao Computer Science and Artificial Intelligence Laboratory (CSAIL) e também membro do *W3C WAI* - Acrônimos de World Wide Web Consortium - Web Accessibility Initiative (W3C-WAI, 2017), vem apresentando estudos que têm como princípio orientar o desenvolvimento de soluções de tecnologia da informação com foco em interfaces acessíveis. No seu livro "Managing Accessibility In Technology: Bringing Together People, Processes, and Techniques For Successful" (HENRY, 2001), ela recomenda, no Capítulo 4, o qual foi dedicado à implementação de acessibilidade no nível de projetos de tecnologia da informação, considerar a realização de um projeto assistivo com base na execução de um processo construtivo composto de nove (9) fases : *Concept Phase, Definition Phase, Design Phase, Design Guidance, Evaluating Options, Development Phase, System Testing Phase, Production Phase, Reporting Accessibility*. Com a evolução de seu trabalho, a autora descreveu no seu livro seguinte "Just Ask: Integrating Accessibility Throughout Design" (HENRY, 2007) um novo processo de desenvolvimento, desta vez baseado no conceito do *design* centrado no usuário, formado por três (3) grandes etapas : *Analyses phase* (profile users, personas & scenarios*), Design phase and Evaluating for Accessibility*. Ainda em seu site pessoal uiAccess (Uiaccess-UT, 2017), a autora disponibiliza um conjunto de recomendações (*guidelines*) para a realização de testes de usabilidade com pessoas deficientes.

Nickel (2012) em seu estudo propôs e aplicou um modelo de gestão para o desenvolvimento de tecnologias assistivas que proporciona a inclusão de alunos deficientes do sistemas escolar público brasileiro. Nesse estudo, o autor descreveu um *framework*

denominado de SITA - Sistematização da Implementação de Tecnologia Assistiva, o qual permite aos gestores da área da educação e a cuidadores de educandos com deficiência, a realização do desenvolvimento de projetos de tecnologia assistiva por meio do uso de um modelo que é descrito em fases, atividades, tarefas e recursos de apoio que servem de guia na elaboração deste trabalho.

Buch et al. (2014) descrevem em seu estudo que, para a realização do *design* de produtos e serviços voltados à tecnologia assistiva, devem ocorrer adaptações metodológicas no seu processo de desenvolvimento, sugerindo para a sua realização o desenvolvimento de três fases principais : 1) Análise do Problema - ou projeto Informacional; 2) Desenvolvimento de Tecnologia Assistiva; e 3) Avaliação da Tecnologia Assistiva Desenvolvida. Esse estudo permitiu o desenvolvimento de tecnologia assistiva (TA) de baixo custo e com *design* inclusivo, que atendeu às necessidades de alunos da rede pública com paralisia cerebral nas questões relativas à sua mobilidade e ao seu comportamento motor.

Esse conjunto de estudos descritos e que foram identificados esparsamente na literatura e a experiência do autor com soluções voltadas à acessibilidade digital serviram como referencial e influenciaram a concepção da proposta do método assistivo multimodal descrito na sequência. Foi com base nas experiências com soluções voltadas para atender às demandas de acessibilidade que o modelo proposto optou por trabalhar com as fases descritas no Quadro 5.3 com suas respectivas justificativas de uso.

Quadro 5.3-Fases para o Método e justificativa para o uso

FASE DO MÉTODO	JUSTIFICATIVA DO USO
1 - Planejamento	Fase necessária para a previsão e a organização das fases subsequentes e a compreensão do problema e o escopo a ser atendido pela solução assistiva multimodal.
2 - Análise	Fase na qual se observa os recursos, condições e limitações envolvidas no contexto do ambiente voltado à acessibilidade com a participação de toda a equipe multidisciplinar envolvida e o usuário final.
3 - Concepção	Fase da elaboração da solução assistiva multimodal - *Design*.
4 - Especificação	Fase na qual os componentes e os recursos previstos no *Design* da solução assistiva são amplamente detalhados, adquiridos ou quando necessario são encaminhados para o desenvolvimento.
5 - Desenvolvimento	Fase da elaboração e montagem da solução multimodal assistiva.
6 - Uso	Fase da entrega e da avaliação da usabilidade da solução multimodal assistiva pelo seu usuário final, pessoas com necessidades especiais.

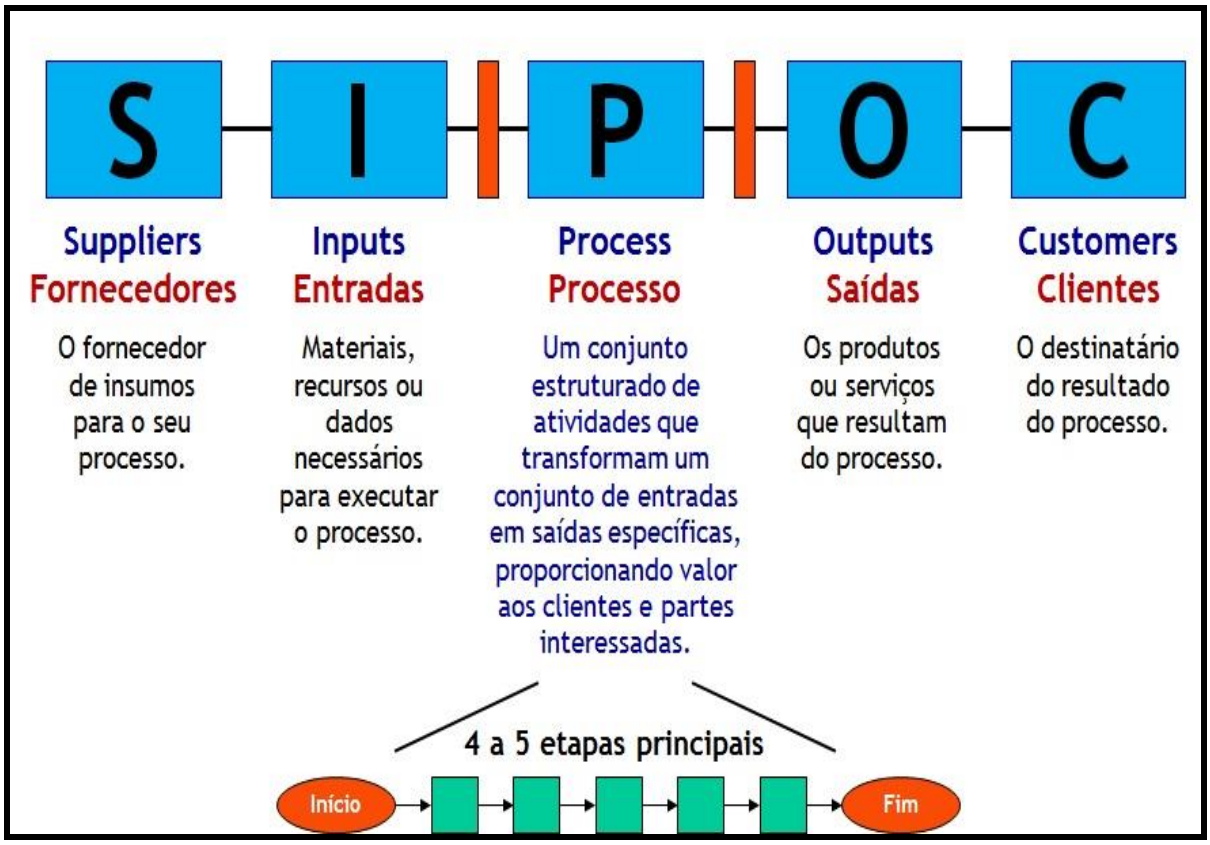
Fonte: Elaborado pelo Autor (2017).

5.4 DESCRIÇÃO DO MÉTODO ASSISTIVO M^2ALL

A Palavra de origem grega 'methodos (metá+ hódos)' refere-se à descrição de um caminho que permite se alcançar um determinado fim (OXFORD, 2017), ou seja, refere-se a ordenação de um trajeto através do qual se alcança os objetivos projetados (DESCARTES, 1637). Um método, fundamentalmente, representa a descrição de um processo único, e sempre que é necessário iniciar-se uma atividade para o gerenciamento de um *processo*, é importante que se obtenha a compreensão de alto nível do seu escopo. Um modelo de definição de processos bastante utilizado dentro do conjunto de práticas de qualidade *SixSigma* (Harry & SCHROEDER, 2005) em sua metodologia DMAIC (LINDERMAN et al., 2003) - acrônimo das palavras inglesas - Define-Measure-Analyse-Improve-Control, que tem foco em criar novos desenhos de produtos, é o modelo SIPOC (PYZDEK & KELLER, 2014) acrônimo das palavras inglesas - **S**uppliers – **I**nputs – **P**rocess – **O**utputs – **C**ustomers. Esse modelo ajuda o proprietário do processo, e a todos aqueles que participam de sua elaboração, a identificar as suas fonteiras e limitações. Esse modelo fornece uma maneira estruturada para

discutir o processo e se obter o consenso sobre o que o envolve, antes da realização do *design*. A Figura 5.2 descreva o modelo SIPOC e a sua composição.

Figura 5.2-Modelo SIPOC - Descrição dos Componentes



Fonte : Google Imagens – Original em: http://www.advanceconsultoria.com/?p=5025 (2017)

Para a composição do método proposto (processo) foi utilizado como referencial o modelo SIPOC para a sua criação e mapeamento de suas partes, conforme as recomendações descritas no Quadro 5.4, de acordo com a descrição do roteiro de recomendações apresentadas por Seath (2017).

Quadro 5.4-Recomendações para definição de um processo pelo modelo SIPOC

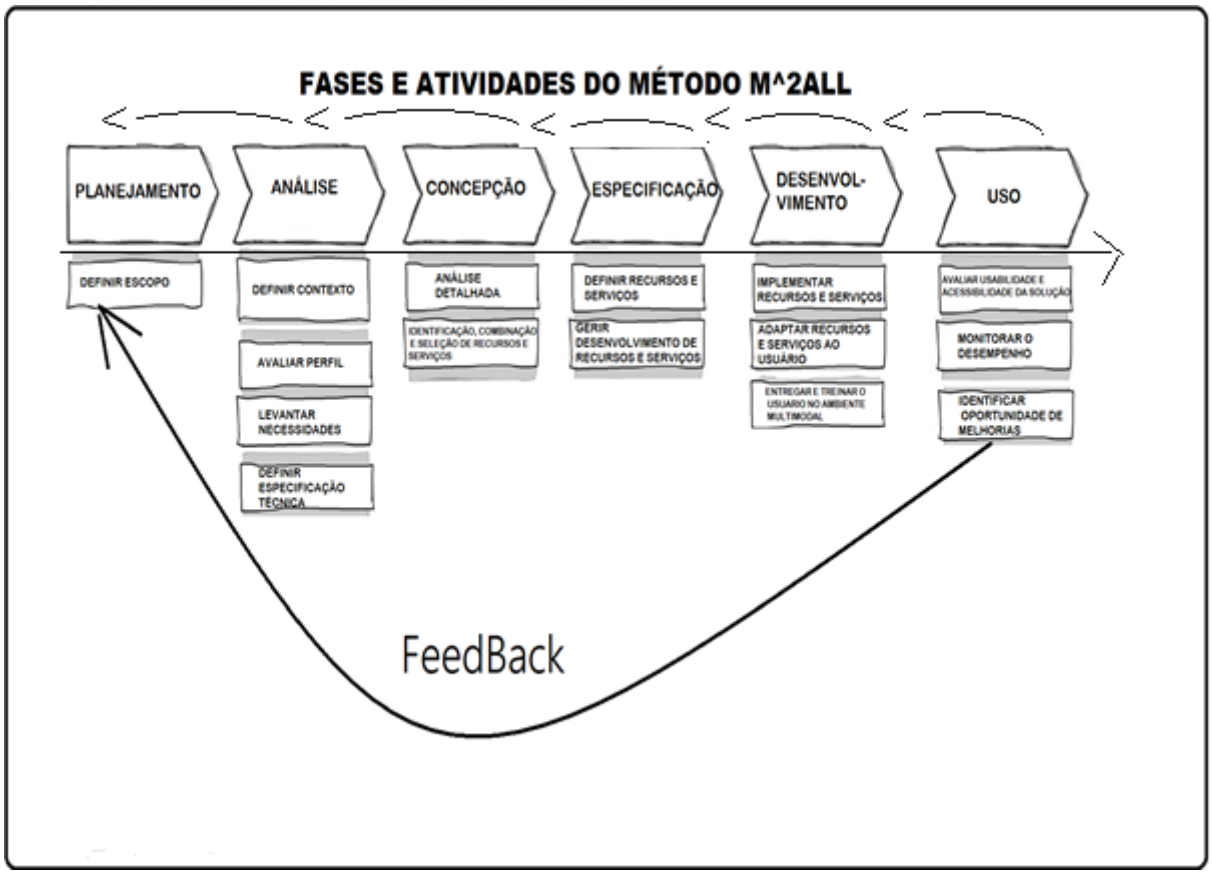
Recomendações	Orientação	Exemplo
1) Eleger consensualmente um nome para o "Processo".	Use um formato de verbo(s) + substantivo(s).	Configurar ambiente assistivo multimodal.
2) Defina as saídas do processo.	Estas saídas os são resultados tangíveis que o processo produz.	Baseline de configuração do ambiente multimodal; Ambiente multimodal assistivo configurado; Treinamento para uso do ambiente multimodal.
3) Definir os Clientes do processo.	Estes Clientes são as pessoas que recebem os resultados do processo.	Pessoas com necessidades especiais pertencentes a diversos grupos de deficiência.
4) Defina as entradas para o processo.	Estes são recursos que desencadeiam o processo.	Hardware; Software; Periféricos; Estilos de interação.
5) Defina os Fornecedores de "ponta a ponta" do processo.	Estes são os provedores que abastecem de insumos a execução do processo. Cada entrada deve ter um fornecedor.	Pessoas; Fabricantes; Provedores de Informações; Provedores de serviços.
6) Definir as fases ou sub-processos que compõem o processo.	Estes são grupos de atividades que são realizadas para converter os inputs em outputs. Eles formam a base de um mapa de processo.	Etapas do processo cujos efeitos agregam valor ao resultado final.

Fonte : Seath (2017).

O método proposto neste trabalho, como um *processo* único, apresenta um conjunto de ações ordenadas e sequenciadas para a realização da construção e configuração de um ambiente computacional interativo multimodal aplicado a pessoas com necessidades especiais. Esta sequência de passos realiza a estrutura de um *método* denominado de ***M^2ALL*** que é um acrônimo de ***M***ultimodal ***M***ethod ***A***cessibi***L***ity ***L***ayer ou Método para estruturação de uma camada multimodal acessivel, descrito como um conjunto de fases e atividades realizadas de maneira uniforme e sequencial que possibilitam o uso de uma inteface multimodal por pessoas com necessidades especiais. O método procura atender aos princípios do *Design Universal* (CLARKSON et al. , 2013) promovendo o uso da

multimodalidade para todos, atendendo inicialmente às pessoas com deficiência, podendo ser estendido às demais pessoas. A Figura 5.3 descreve graficamente as fases e as atividades que compõem o método proposto.

Figura 5.3-Fases e atividades do método M^2ALL



FONTE: Elaborada pelo Autor (2017)

A sequência do método tem início na fase de ***Planejamento*** na qual se procura a identificação do propósito do uso do ambiente computacional multimodal a ser estruturado, qual é a sua abrangência e as suas possíveis limitações. No encadeamento é realizada a etapa da ***Análise*** do futuro uso da solução multimodal, na qual se procura identificar e obter os detalhes de sua aplicação no contexto de seu uso. É neste momento que se busca obter qual é o objetivo e a natureza do uso desse ambiente computacional. Particularmente, obtem-se o perfil das pessoas com necessidades especiais que farão uso desse meio. Nesta fase, são obtidos os requisitos necessários para que a acessibilidade desses usuários seja garantida. Com base nessas informações, é possivel reconhecer quais são os possíveis recursos de tecnologia da informação necessários para a realização de uma configuração eficiente desse ambiente computacional.

Na continuidade do processo, chega-se à fase de ***Design ou Concepção*** do ambiente computacional, na qual são detalhadas as pricipais atividades que serão realizadas pelas pessoas deficientes nesse ambiente e as funcionalidades que estão associadas a elas. De acordo com essas características se deve identificar e escolher os recursos e os serviços computacionais que deverão ser disponíbilizados para garantir a realização dessas operações. De posse das informações obtidas até então, segue-se para a fase das ***Especificações*** Técnicas do hardware/software, buscando-se obter os detalhes das interfaces humano-computador, aplicativos relacionados e as respectivas configurações que atendam às necessidades e aos requisitos observados nos levantamentos iniciais.

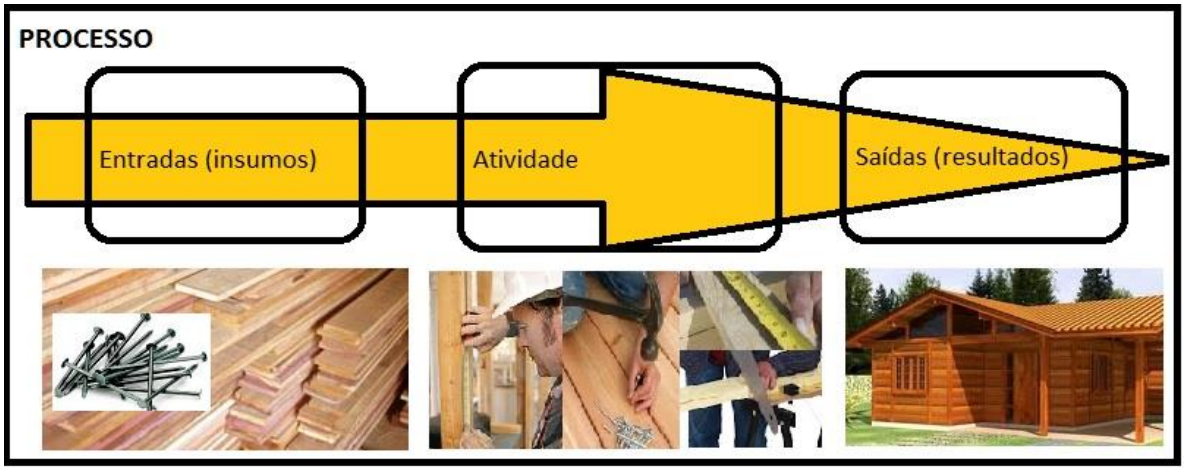
Em prosseguimento ao fluxo do modelo, o ambiente multimodal é finalmente estruturado na etapa de ***Desenvolvimento***, realizando-se as suas instalações, interligações e as devidas customizações das interfaces com os seus respectivos aplicativos, dando-se maior destaque ao utilitário responsável pela gestão multimodal do ambiente e que irá realizar a sincronização e a harmonização de todos os elementos da estrutura. Recomenda-se que sejam realizados testes completos para a garantia da qualidade e a responsividade do ambiente criado. Na sequência de atividades desta fase o ambiente deve ser então apresentado para os usuários e um treinamento deve ser realizado para que as pessoas com necessidades especiais possam se familiarizar com o novo recurso disponibilizado.

Finalizando-se a aplicação do método, alcança-se o estágio de ***Uso***. Nele, deve-se avaliar a usabilidade da solução junto aos usuários com necessidades especiais e identificar as possíveis oportunidades de melhorias desse recurso assistivo. Caso haja necessidade, o processo possibilitada o retorno a fase anterior para ajustes em alguma atividade que necessite ser refeita, conforme apresentado na parte superior da Figura 5.3. Para o aperfeiçoamento da solução, levando-se em consideração os retornos recebidos (f*eedback*) durante a avaliação da usabilidade pelos usuários, todo o ciclo do método *M^2ALL* deverá ser repetido buscando-se obter o aperfeiçoamento do serviço de tecnologia disponibilizado, ou seja, realiza-se a melhoria contínua da solução concebida.

Na sequência são apresentados os detalhes de cada fase do método e as respectivas atividades com a descrição de seus recursos de entrada e saída e ações necessárias à sua realização.

Cada atividade dentro das fases do processo é descrita graficamente conforme a orientação do modelo da Figura 5.4.

Figura 5.4-Fluxo de informações nas atividades do modelo M^2ALL



Fonte : Google Imagens – original em: https://neigrando.wordpress.com (2017)

FASE PLANEJAMENTO

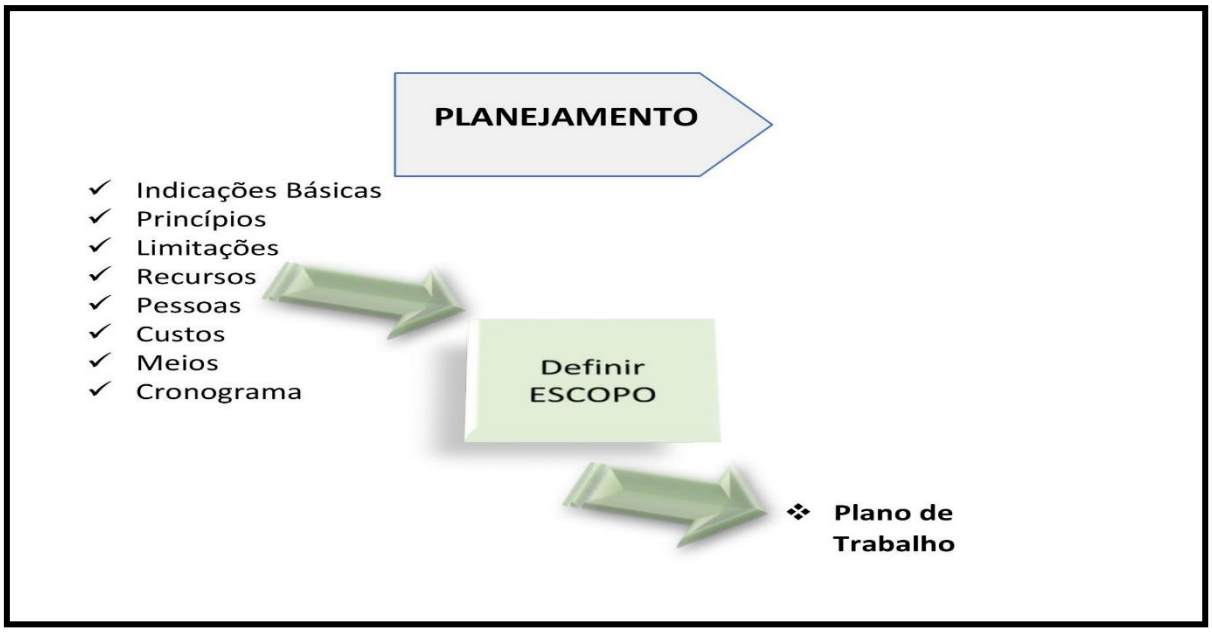
O método tem início com a realização da fase de planejamento que consiste na criação de um roteiro norteador de todo o trabalho e que serve de orientação para as demais fases a serem realizadas (CHIAVENATO & SAPIRO, 2003). Como atividade principal nesta fase tem-se as ações de realizar o levantamento do objetivo a ser trabalhado na solução. Neste procedimento são avaliados a abrangência e os limites do resultado a ser obtido, tendo-se condições de se dimensionar com precisão as necessidades a serem atendidas para o atingimento das metas propostas. A fase de planejamento precede a execução de todas as ações construtivas, pois é nela que se definem todos os aspectos necessários para um gerenciamento de recursos e tempo e de outras questões significativas para condução do trabalho (REZENDE & DE ABREU, 2008).

ATIVIDADE DE DEFINIR ESCOPO

A definição do *escopo* de uma solução assistiva necessita do levantamento das *indicações básicas* que o produto ou serviço deve responder, bem como quais são os *princípios* a serem atendidos e as *limitações* presentes. É um registro que resume as informações essenciais para ser possível a realização do início do desenvolvimento dos recursos que atenderão às necessidades identificadas. Nesta atividade, deve-se incluir uma descrição dos principais *recursos* que serão necessários para a realização das ações construtivas da solução, como por exemplo a relação das *pessoas* envolvidas, previsão de *custos*, *cronograma*, entre outros

meios indispensáveis à sua execução. O *escopo* traduz o trabalho que precisa ser realizado para se entregar um produto, serviço ou resultado com as características e funções específicas desejadas. Um *escopo* bem definido e a sua gestão é imprescindível para o sucesso de um projeto assistivo, pois nele estão descritas todas as realizações que deverão ocorrer. Como produto de trabalho principal desta atividade e de sua respectiva fase construtiva obtem-se o artefato que apresenta o *plano de trabalho* do projeto assistivo (DA SILVA XAVIER, 2009). A Figura 5.5 descreve o fluxo de informação para atividade *Definir Escopo* dentro da fase de *Planejamento* do método.

Figura 5.5-Fluxo de informação da atividade Definir Escopo



Fonte : Elaborada pelo Autor (2017)

FASE DE ANÁLISE

Para uma avaliação mais aprofundada das demandas identificadas na atividade de *escopo* da fase de planejamento para a resolução do problema, torna-se necessária a realização da etapa de *análise* para pormenorizar as características do caso a ser trabalhado (ALBERTIN & ALBERTIN, 2012). A análise é um estudo dos limites, das características e das possíveis soluções de um problema que para isso se torna necessário o conhecimento detalhado do contexto envolvido, bem como das necessidades demandadas. No cenário para a composição da realização de um ambiente multimodal assistivo torna-se imprescidivel uma avaliação do *perfil* dos seus futuros usuários e uma discriminação dos detalhes técnicos envolvidos para composição desse ambiente computacional. Essencialmente, a etapa de *análise* é composta de um conjunto de atividades que realizam a distinção e a separação das partes de um todo com

vistas a conhecer os respectivos princípios ou elementos envolvidos, por meio de um exame qualitativo e quantitativo de acordo com métodos especializados, com o propósito de elaborar um diagnóstico da situação e possibilitar a proposição de soluções (PEDROSO, 1999).

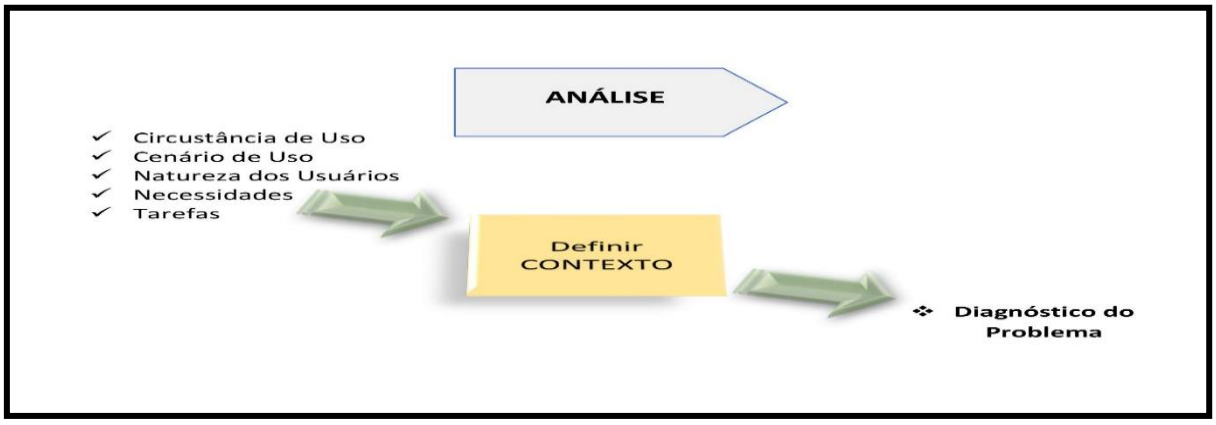
Na sequência são apresentadas as atividades que compõem a fase de análise do método proposto e que juntas conduzem à produção de um produto de trabalho denominado de diagnóstico do problema.

ATIVIDADE PARA DEFINIR CONTEXTO

Esta atividade dentro da fase *análise* visa caracterizar as *circunstâncias de utilização* do produto ou serviço assistivo a ser elaborado. Investiga o *cenário de utilização* compreendendo a *natureza dos usuários* e demais pessoas interessadas no uso do produto ou serviço, as suas *necessidades* presentes e as *tarefas* envolvidas (GALITZ, 2007). A análise de contexto de uso estuda a situação antes do produto ou serviço ser desenvolvido. No entanto, esta etapa exploratória visa levantar informações que ajudam a definir o ambiente de interação desejado quando a solução estiver em pleno uso.A *análise de contexto* de uso contribui para todo o restante do trabalho de desenvolvimento e construção da solução (DIX, 2009). As informações obtidas durante esta atividade contribuem para elaboração do artefato de *diagnóstico da solução*.

A Figura 5.6 descreve o fluxo de infomação presente na realização da atividade de levantamento do contexto de uso.

Figura 5.6-Atividade de Definir Contexto de Uso

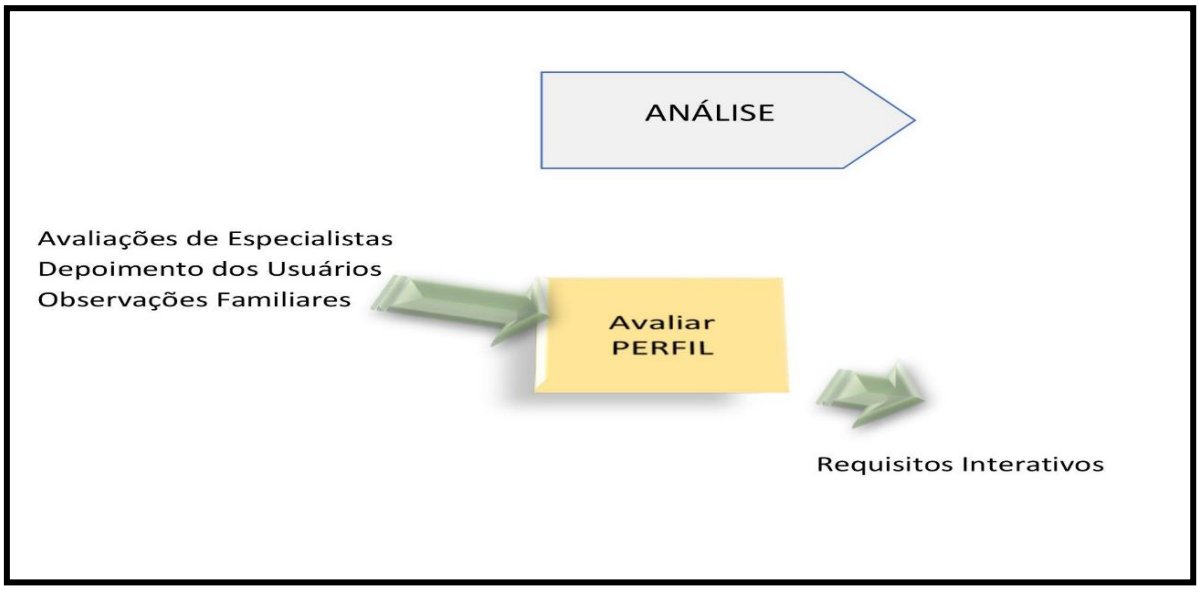


Fonte : Elaborada pelo Autor (2017)

ATIVIDADE DE AVALIAR PERFIL

Como o público-alvo dessa solução são pessoas com necessidades especiais, torna-se necessário empreender um levantamento mais aprimorado das características de uso dessas pessoas envolvidas na prática futura desse ambiente assistivo (DE ALENCAR MENEZES, 2011). Os profissionais envolvidos na realização do projeto, como por exemplo analistas de sistemas, *designers* e programadores, devem obter informações e opiniões dos diversos profissionais que realizam o acompanhamento assistencial das pessoas que serão usuárias do ambiente computacional assistivo, além da família ou mesmo das próprias pessoas envolvidas quando assim for possível. A captação de informações relevantes, como por exemplo, avaliações físicas, funcionais, posturais, antropométricas e cognitivas obtidas de Pedagogos e profissionais da área de saúde como Médicos, Fisioterapeutas, Terapeutas Ocupacionais e Psicólogos que conduzem a assistência e o amparo direto dessas pessoas propiciam uma identificação mais precisa do perfil interativo desses usuários. Esses dados amparam a estruturação dos requisitos demandados e as limitações que definem as especificações técnicas da solução (LIMA, 2003). A Figura 5.7 apresenta os dados de entrada e saida da atividade de avaliação do perfil do usuário.

Figura 5.7-Atividade de Avaliação do Perfil do Usuário

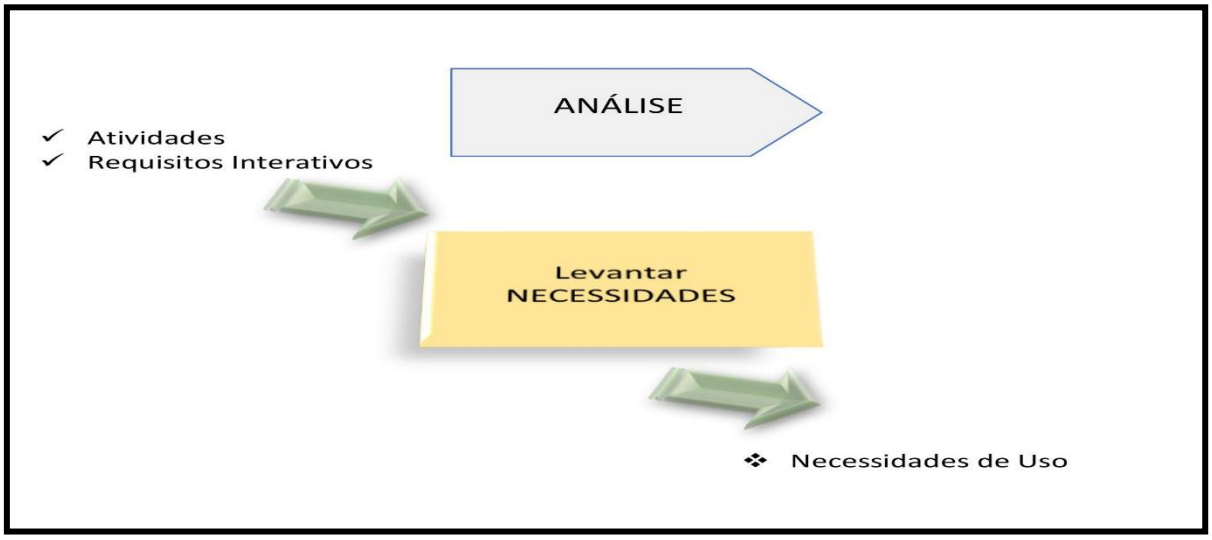


Fonte : Elaborada pelo Autor (2017)

ATIVIDADE PARA LEVANTAR NECESSIDADES

A partir das informações obtidas nos *perfis de uso* e das *atividades* que serão realizadas futuramente no ambiente computacional multimodal pelos usuários envolvidos, é possível realizar a composição das suas necessidades interativas que deverão ser atendidas pela solução assistiva em elaboração. O estilo de interação com as futuras interfaces deve estar em conformidade com as suas possibilidade de uso e as suas limitações dialógicas computacionais. Com a posse dessas informações é possível a realização da classificação e a junção das exigências funcionais caracterizando os requisitos das pessoas envolvidas no contexto de uso da solução assistiva em desenvolvimento. Esses requisitos servem de referencial para a definição das *especificações técnicas iniciais* da solução assistiva em elaboração (BASSO, 2012). A Figura 5.8 mostra o sequenciamento de informações na realização desta atividade.

Figura 5.8-Atividade de levantamento de necessidades



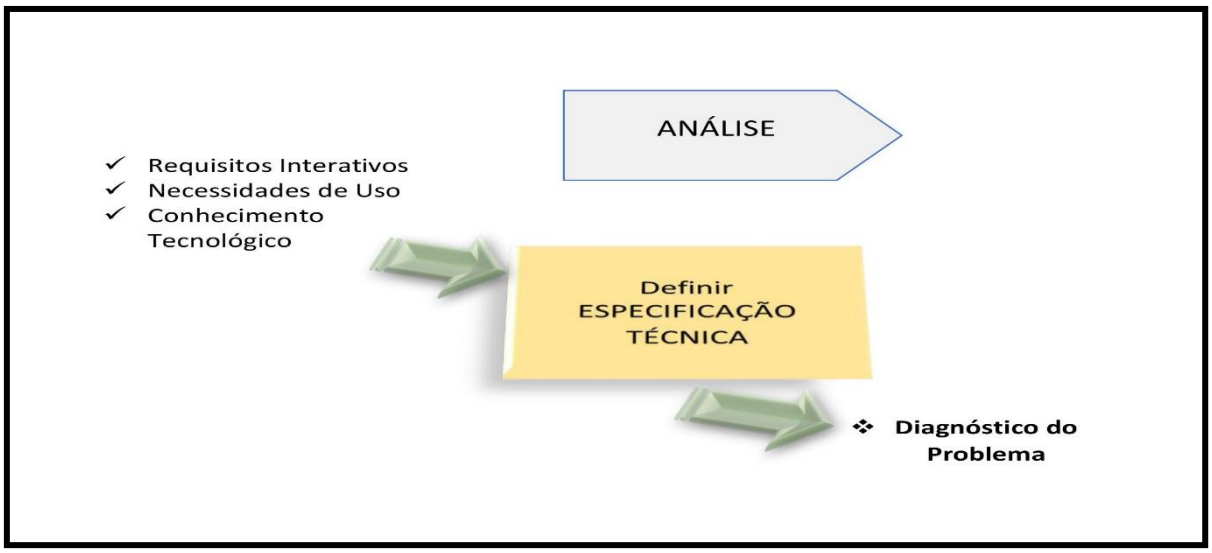
Fonte : Elaborada pelo Autor (2017)

ATIVIDADE DEFINIR ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA

A atividade de especificação técnica recebe informações das atividades anteriores e do conhecimento tecnológico da equipe de desenvolvimento, estruturando uma descrição técnica mais elaborada para a composição da solução assistiva multimodal. Esta atividade realiza a

conversão dos requisitos obtidos dos potenciais usuários em requisitos tecnológicos do projeto (REZENDE, 2005). Essas especificações somadas ao contexto de uso compõem o artefato de *diagnóstico do problema* que serve de referência para as fases subsequentes de concepção, especificação e desenvolvimento da solução. A Figura 5.9 descreve a sequência de informação de entrada e a saída em conformidade para a sua realização.

Figura 5.9-Atividade de Especificação Técnica



Fonte : Elaborada pelo Autor (2017)

FASE DE CONCEPÇÃO

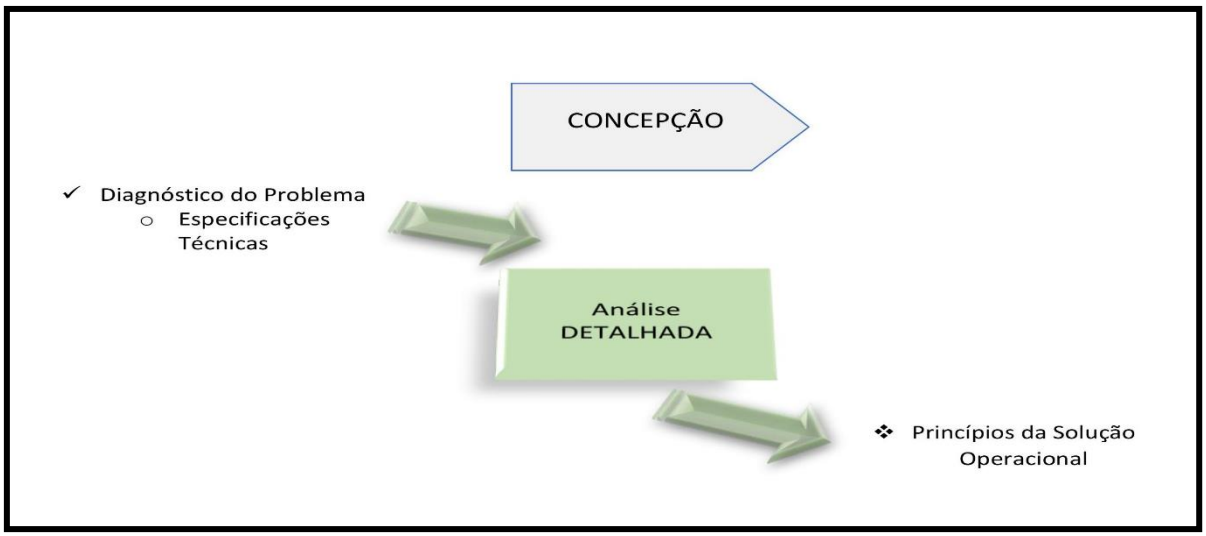
A próxima etapa do método é a fase de *concepção ou ideação* para descrever respostas ao problema. Esta etapa reune um conjunto de ações que devem ser empreendidas pela equipe de desenvolvimento para uma elaboração adequada da solução por meio de uma descrição dos seus recursos que serão devidamente interligados (VIANNA et al., 2012). Nesse passo, deve-se observar com detalhes as atividades e as funcionalidades que serão aplicadas nesse ambiente para torná-lo acessível e usável pelos utilizadores. Para isso é necessária a identificação de todos os seus recursos operacionais, como por exemplo as ferramentas, produtos e serviços que irão compor a solução, e realizar as possíveis combinações desses elementos obtendo-se a identificação dos seus melhores arranjos, de uma forma independente de uma futura necessidade de realização de desenvolvimento de novas ferramentas, produtos ou serviços, ou até mesmo a realização de novas aquisições de recursos no mercado. No final desta etapa obtem-se a *relação de todos os recursos combinados* que são adequados às

demandas interativas dos usuários. Na sequência encontram-se descritas as atividades que compõem esta fase.

ATIVIDADE DE ANÁLISE DETALHADA

Esta atividade trabalha detalhadamente as informações presentes no artefato de *diagnóstico do problema*, mais especificamente nos resultados obtidos durante a realização das *especificações técnicas* na fase de *Análise*. Por meio dessas especificações técnicas é possível identificar quais são as funcionalidades primárias e as secundárias necessárias para a geração do produto ou serviço sendo elaborado. Com essas informações, a equipe de desenvolvimento concebe os *princípios* que irão nortear toda a solução do problema descrevendo as funcionalidades que irão compor a *solução operacional*, priorizando as questões de usabilidade e acessibilidade durante as interações (SIMÕES & BISPO, 2006; BERSCH, 2009). A Figura 5.10 detalha a formação da atividade de análise detalhada com as suas informações de entrada e saída.

Figura 5.10-Atividade de Análise Detalhada

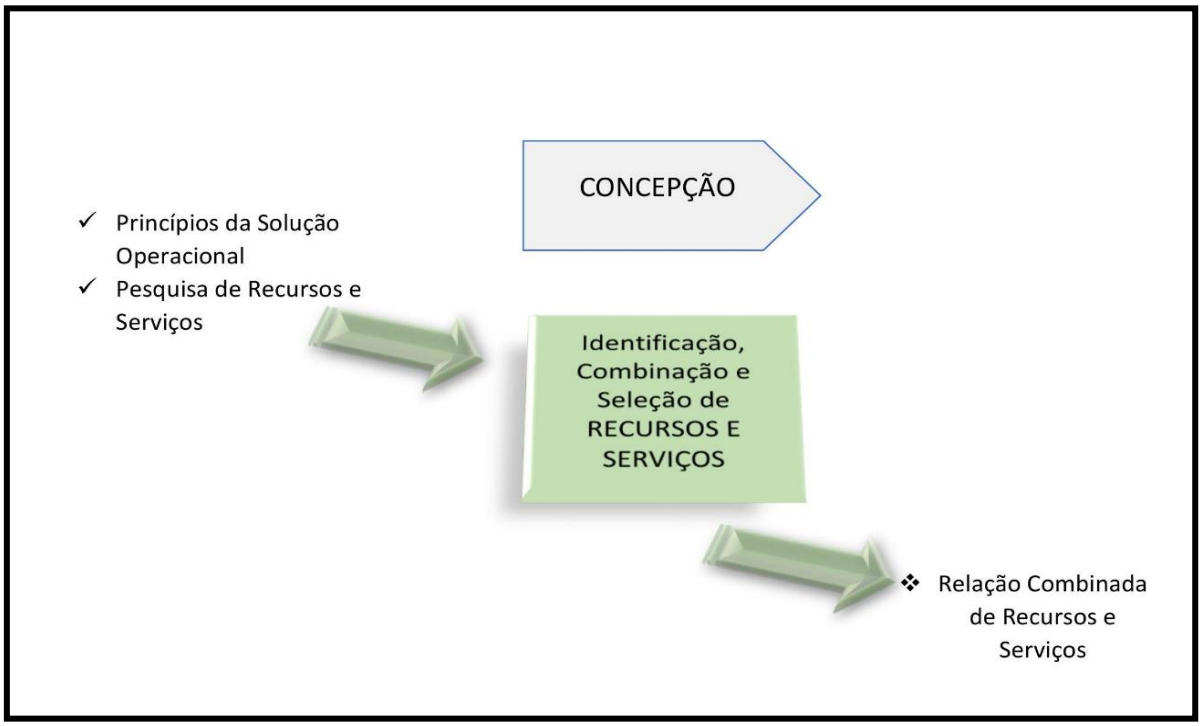


Fonte : Elaborada pelo Autor (2017)

ATIVIDADE DE IDENTIFICAÇÃO, COMBINAÇÃO E SELEÇÃO DE RECURSOS E SERVIÇOS

A partir das orientações obtidas nos *princípios da solução operacional*, a equipe de desenvolvimento passa a trabalhar de maneira objetiva nos recursos e serviços que irão compor a solução aguardada. Inicialmente a equipe de trabalho deve pesquisar quais são os recursos que estão disponíveis no mercado, sejam eles equipamentos, ferramentas, produtos ou serviços que possam fornecer as funcionalidades desejadas para o projeto. Essas pesquisas podem ser realizadas em catálogos técnicos e participação em feiras especializadas, *sites* de fornecedores presentes na Internet, banco de dados de patentes e publicações inerentes à área assistiva (GARCIA et al., 2012). Caso os recursos funcionais não sejam encontrados, a equipe deve partir para a geração de alternativas de novas soluções, desenvolvendo ou contratando equipe de terceiros para realizá-las. Após a identificação dos recursos, a equipe passa a trabalhar as combinações desses produtos e serviços para que atendam com efetividade às demandas esperadas. A conjunção e a respectiva avaliação dessas combinações devem ser realizadas por intermédio de métodos que favoreçam à identificação dos modelos mais adequados aos requisitos demandados, com base em um processo decisório capaz de suprir as expectativas e as necessidades das pessoas que irão fazer uso da solução . A Figura 5.11 descreve a formação da atividade de recursos e serviços.

Figura 5.11-Atividade de Identificação, Combinação e Seleção de Recursos e Serviços



Fonte : Elaborada pelo Autor (2017)

FASE DE ESPECIFICAÇÃO

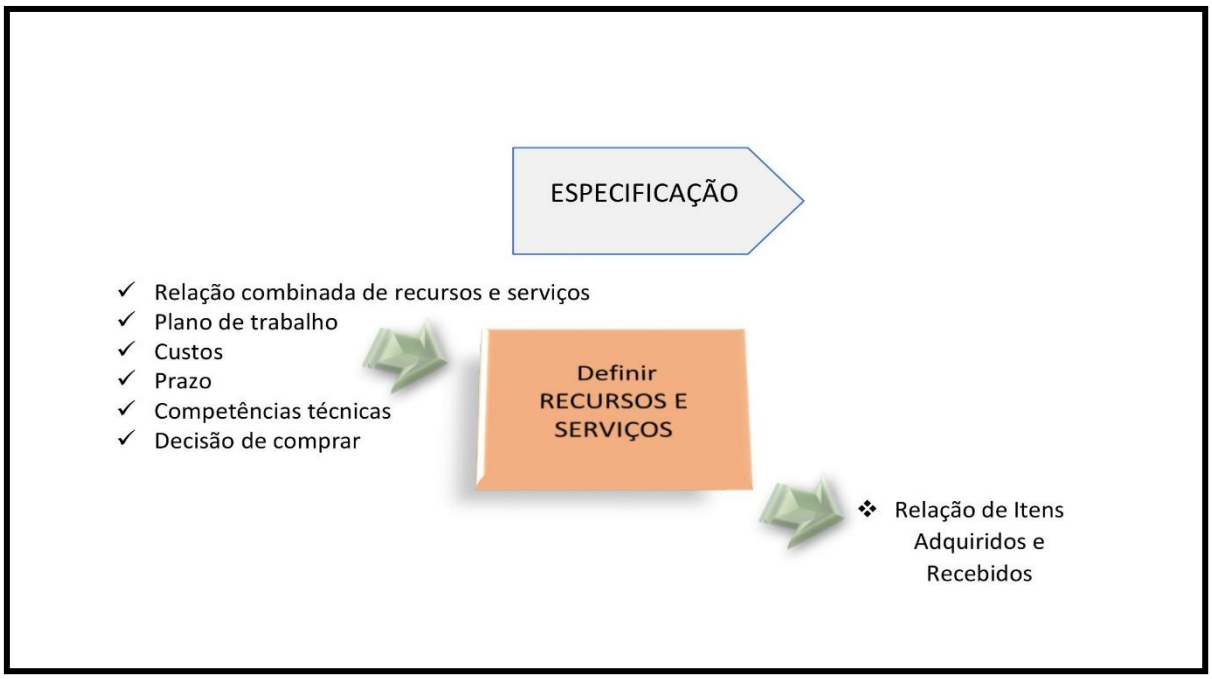
Nesse estágio do método, com base na *relação combinada de recursos e serviços*, no *plano de trabalho*, nos *custos* dos itens, no *prazo* para disponibilização e nas *competências técnicas* para o desenvolvimento, a equipe de trabalho decide quais os itens da construção da solução que devem ser adquiridos diretamente no mercado ou quais deles devem ser desenvolvidos internamente ou mesmo devem ter o seu desenvolvimento realizado por terceiros por meio de uma contratação específica. Para essa classe de problemas e sua respectiva solução é comum que as equipes de trabalho façam a opção de adquirir os recursos e serviços que já se encontram disponíveis no ambiente comercial. Como resultado desta fase obtem-se como produto de trabalho a relação de todos os itens a serem adquiridos e a relação de confirmação do recebimento de cada um desses itens.

ATIVIDADE DE DEFINIÇÃO DE RECURSOS E SERVIÇOS

Para uma obtenção adequada dos recursos e serviços computacionais assistivos, a equipe de trabalho deve realizar uma pesquisa técnica e financeira para cada produto ou serviço

envolvido na composição da solução, realizando as suas escolhas entre os fornecedores que oferecem as melhores condições de aquisição, garantida a qualidadade dos itens selecionados. Após a pesquisa a equipe de trabalho realiza a aquisição de cada item por tipo de fornecedor negociando as condições de compra, prazos e circunstância de entrega. A Figura 5.12 descreve a atividade de definição de recursos e serviços.

Figura 5.12-Atividade de definição de recursos e serviços

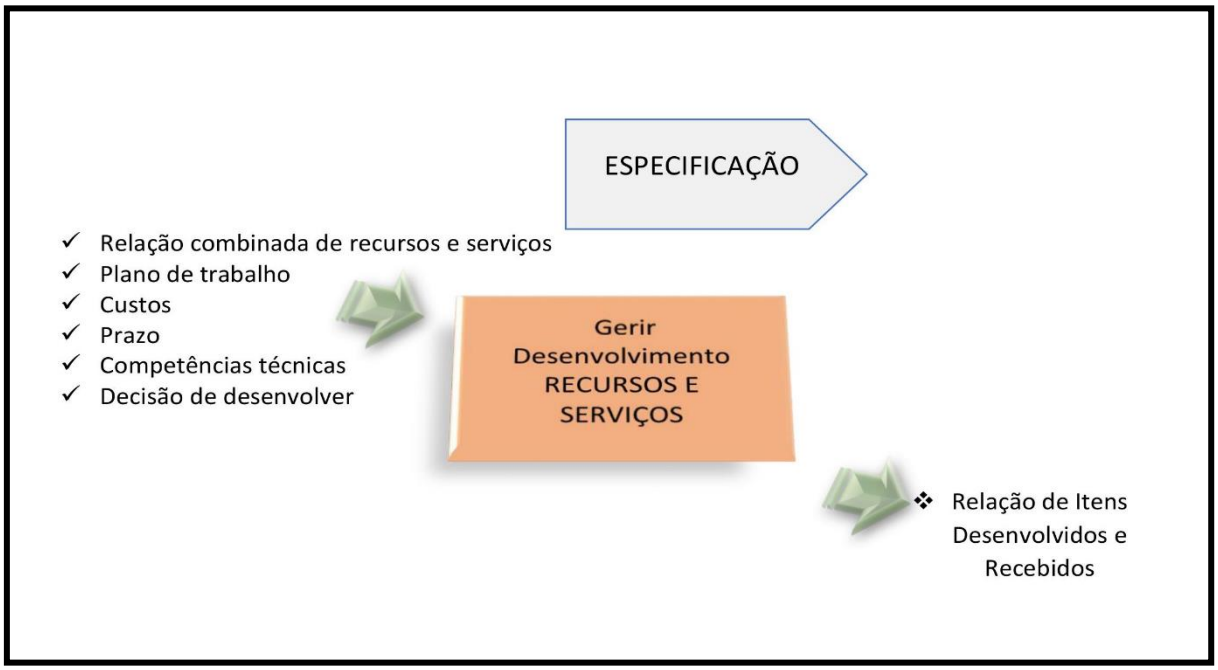


Fonte : Elaborada pelo Autor (2017)

ATIVIDADE DE DEFINIÇÃO DA GESTÃO DESENVOLVMENTO DE RECURSOS E SERVIÇOS

A atividade de gestão do desenvolvimento de recursos e serviços corresponde à situação na qual a equipe de trabalho identificou que um determinado item ou conjunto de itens que compõem a solução especificada não podem ser adquiridos diretamente no mercado, necessitando, portanto, ser desenvolvido internamente ou por meio da contratação a terceiros. A gestão do desenvolvimento deve seguir as melhores práticas de desenvolvimento disponíveis e atender às expectativas do plano de trabalho. O produto ou serviço contratado internamente ou externamente deve ser entregue nas condições de prazo, custo e qualidade especificados. A Figura 5.13 descreve a atividade de gestão e seus respectivos dados de entrada e saída.

Figura 5.13-Atividade de Gestão de Desenvolvimento



Fonte : Elaborada pelo Autor (2017)

FASE DE DESENVOLVIMENTO

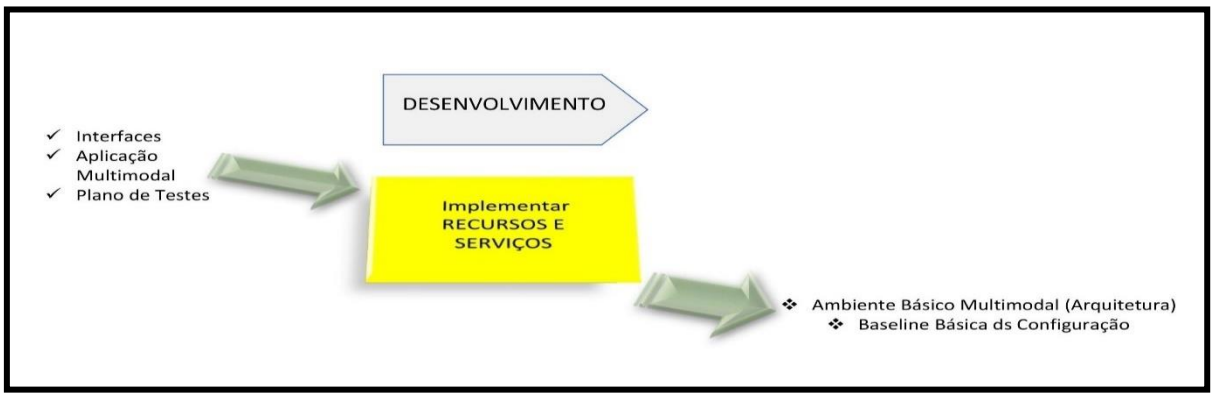
A etapa realizadora da solução que foi concebida acontece de fato neste passo do processo. É neste estágio do método que o ambiente computacional multimodal assistivo é finalmente montado e a sua configuração técnica é realizada. A combinação dos elementos de *hardware*, *software*, rede e serviços que anteriormente foram selecionados, adquiridos ou desenvolvidos é finalmente efetivada e a sua arquitetura estrutural torna-se disponível para o uso. Em conformidade com os perfis dos usuários e as suas características interativas, alguns ajustes e adaptações podem se fazer necessários dentro do espaço físico e digital desse empreendimento para assegurar a usabilidade e acessibilidade de seus utilizadores. Testes unitários, integrados e de *stress* são realizados para certificar a execução das suas funcionalidades, desempenho esperado e qualidade da solução assistiva. Após a realização dessas ações, os recursos e o serviço do ambiente multimodal assistivo são finalmente disponibilizados seguido de um treinamento para seus utilizadores usufruirem com mais segurança e habilidade desse novo recurso.

ATIVIDADE DE IMPLEMENTAR RECURSOS E SERVIÇOS

Esta atividade se caracteriza pelo empenho da equipe de trabalho em realizar o intento

construtivo e a configuração da solução assistiva multimodal. O recurso mais crítico desse ambiente arquitetural é a instalação e configuração do *aplicativo* que realiza a funcionalidade da gestão *multimodal* do ambiente. Este serviço de governança interativa é responsável por realizar a coordenação de todas as *interfaces* disponibilizadas para a solução e garantir que as mesmas ajam de maneira sincronizada e harmônica, na qual a ação de uma não desfavoreça as atuações realizadas por outras, e que esse controle não comprometa o desempenho geral do ambiente assistivo. Após a montagem e configuração do ambiente computacional, a equipe de desenvolvimento realiza exaustivos testes unitários, integrados e de *stress* para atestar a robustez, interoperabilidade e a qualidade da solução disponibilizada. Uma *baseline* é passada ao final da realização da atividade para salvaguardar todas as características do ambiente de *hardware* e *software* estruturado. A Figura 5.14 apresenta a atividade de implementar recursos e serviços.

Figura 5.14-Atividade de Implementar Recursos e Serviços



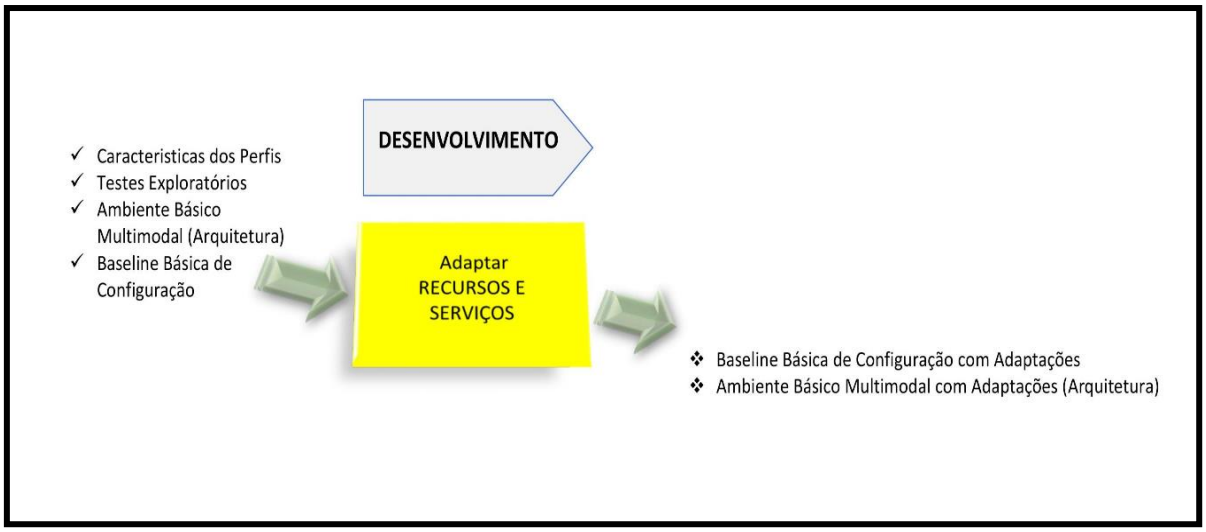
Fonte : Elaborada pelo Autor (2017)

ATIVIDADE DE ADAPTAÇÃO DE RECURSOS E SERVIÇOS

Uma vez que o método proposto é concebido para atender aos princípios do *Design Universal*, as *características do Perfil* antropométicas, posturais, funcionais, cognitivas e os estilos de interação dos usuários com necessidades especiais podem naturalmente influenciar no resultado final da construção e na configuração do ambiente computacional proposto, podendo ser necessário realizar adaptações e ajustes no espaço físico e digital do ambiente interativo inicialmente descrito.De acordo com as informações iniciais obtidas nos *perfis* durante a fase de análise e a partir das observações realizadas durante os *testes exploratórios* obtidas com os grupos de usuários com deficiência, essas adequações devem ser realizadas

para preservar as condições de usabilidade e acessibilidade por todos os indivíduos que venham fazer uso desse ambiente interativo. Na Figura 5.15 encontra-se descrita a cadeia de informações que promovem a realização desta atividade.

Figura 5.15-Atividade de Adaptação de Recursos

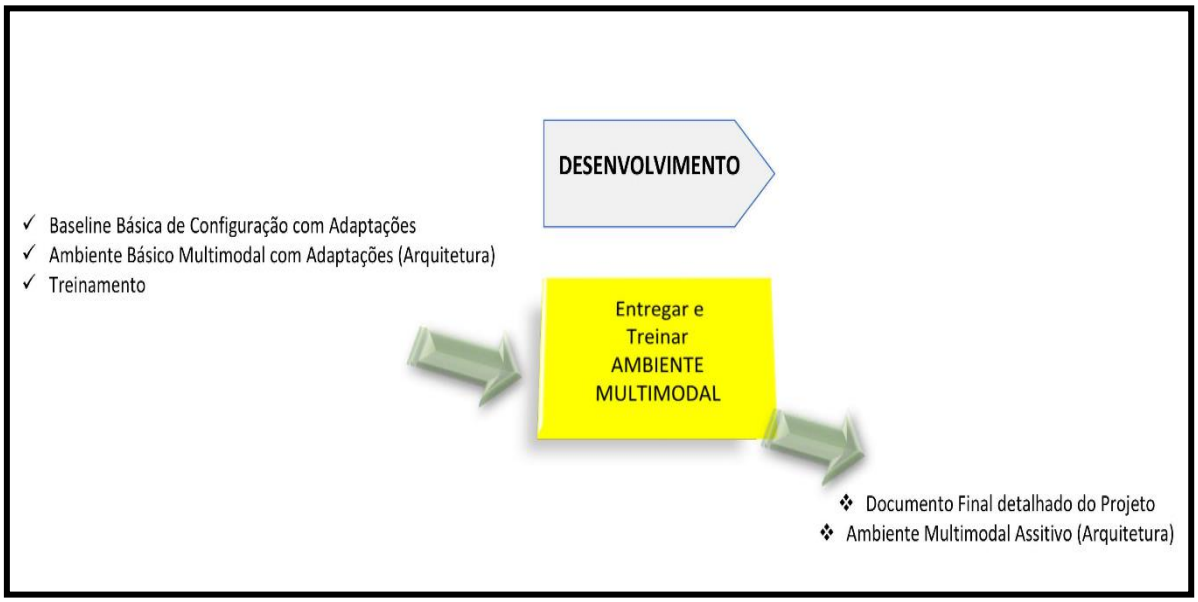


Fonte : Elaborada pelo Autor (2017)

ATIVIDADE DE ENTREGA E TREINAMENTO

Finalizada a construção da solução e realizados todos os testes e ajustes, finalmente acontece a conclusão do ambiente multimodal assistivo que é disponibilizado conjuntamente com um treinamento para adaptação dos usuários ao novo ambiente. Um *documento final do projeto* é disponibilizado, com todos os seus detalhes construtivos, configurativos e operacionais tornando o *ambiente computacional assistivo multimodal* passivel de ser replicável em outros espaços e contextos, bastando que sejam seguidas todas as orientações contidas nesses produtos finais de trabalho. A Figura 5.16 apresenta a atividade de entrega e treinamento.

Figura 5.16-Atividade de Entrega e Treinamento



Fonte : Elaborada pelo Autor (2017)

FASE DE USO

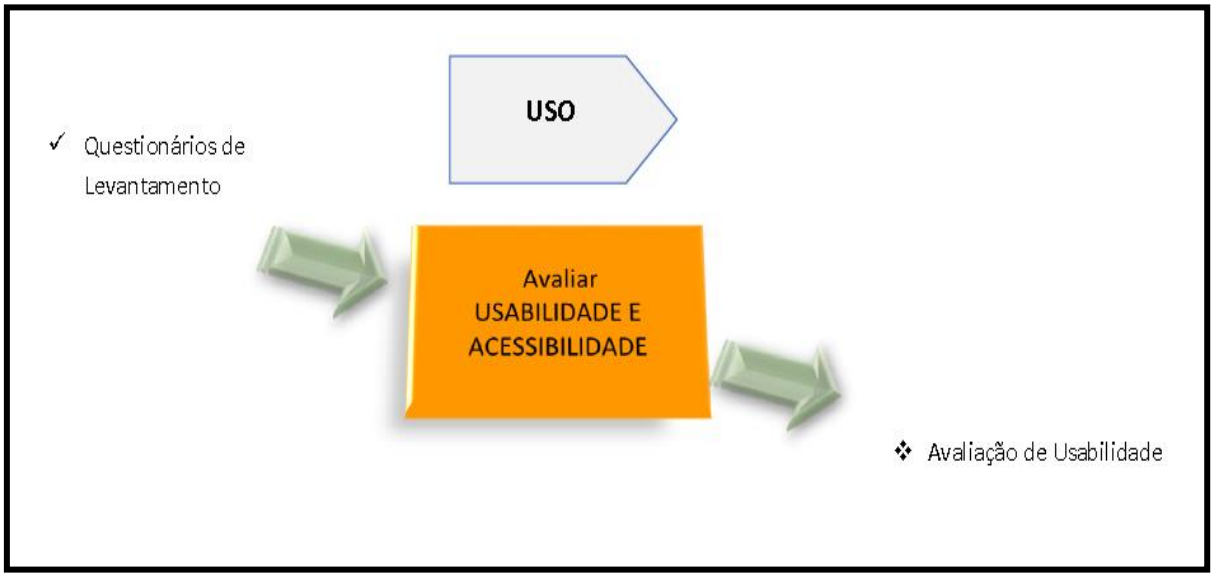
A fase de uso é a etapa operacional do método e que finaliza o seu ciclo elaborativo. Neste período as pessoas com necessidades especiais, pertencentes a grupos de deficiência distintos, usufruem da solução disponibilizada e passam a praticar as interações multimodais com esse novo ambiente assistivo. Para a medição da efetividade da solução disponibilizada, é necessário que se realizem observações comportamentais da interação humano-computador. Do ponto de vista das pessoas que passam a fazer uso da nova solução, é recomendado realizar avaliação da usabilidade e/ou acessibilidade do ambiente por meio de instrumentos qualitativos e quantitativos que pontuem a satisfação e a percepção de uso da solução. Do ponto de vista da máquina deve-se verificar o desempenho dos seus recursos e serviços computacionais envolvidos durante a realização do uso da solução e mensurar o comportamento desses itens, para que seja percebido se o resultado de suas execuções não afetam o rendimento do recurso assistivo disponibilizado. Esses levantamentos avaliativos favorecem à identificação de melhorias para a solução inicial realizada.

ATIVIDADE DE AVALIAÇÃO

A literatura disponibiliza diversos instrumentos para a realização de avaliações da usabilidade para produtos e serviços de tecnologia da informação. A norma NBR ISO 9241-11 recomenda

que a usabilidade de um produto ou serviço de tecnologia da informação seja observada sob três perspectivas para a identificação do alcance dos objetivos e resultados esperados pelos usuários da solução disponibilizada. O primeiro aspecto observa a eficácia da solução, o segundo enfoque identifica a eficiência e a terceira vertente interpreta a satisfação de uso da solução experimentada. Instrumentos avaliativos por meio do uso de questionários específicos para este fim são amplamente utilizados para realizarem a medição desses aspectos da usabilidade. A Figura 5.17 apresenta a atividade de avaliação.

Figura 5.17-- Atividade de Avaliação

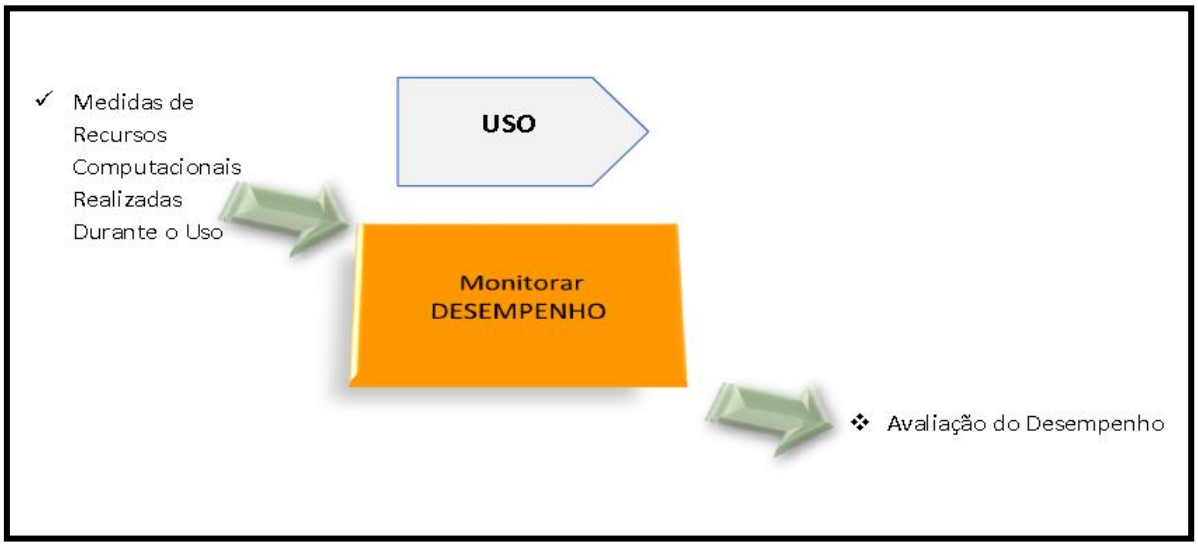


Fonte : Elaborada pelo Autor (2017)

ATIVIDADE DE MONITORAMENTO

A constatação de variáveis como tempos de resposta, período de disponibilidade de recursos, número de falhas, ocorrências de conflitos e número de erros encontrados durante o uso dos equipamentos e a execução dos aplicativos do ambiente representam sinais sobre o comportamento do desempenho dos componentes presentes no ambiente operacional e do seu *design* arquitetural. A Figura 5.18 descreve a atividade de Monitoramento do desempenho.

Figura 5.18-Atividade de Monitoramento do Desempenho

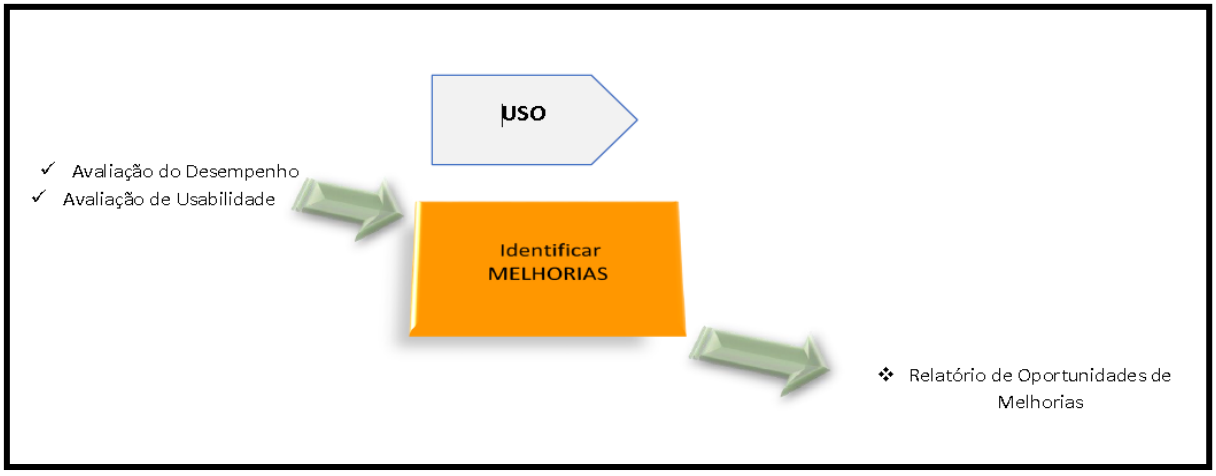


Fonte : Elaborada pelo Autor (2017)

ATIVIDADE DE IDENTIFICAR MELHORIAS

Os resultados obtidos com as avaliações da interação humano-computador permitem a identificação de oportunidades de melhoria para a solução desenvolvida. O retorno opinativo fornecidos pelos usuários e a observação do desempenho do ambiente computacional multimodal assistivo permite à equipe de trabalho obter informações importantes que caracterizam a demanda por novos requisitos. A Figura 5.19 descreve a atividade de identificar melhorias.

Figura 5.19-Atividade de Identificar Melhorias

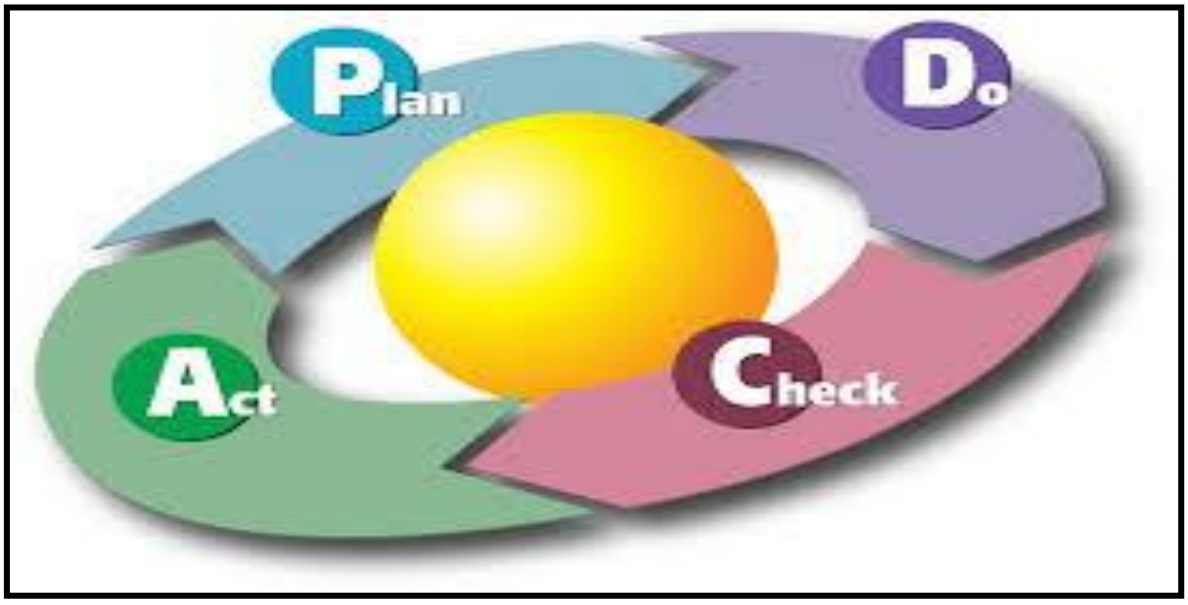


Fonte : Elaborada pelo Autor (2017)

FASE DE FEEDBACK

O método proposto finaliza o seu ciclo de execução por meio de uma fase e atividade caracterizadas como transversal denominadas de *Feedback*. Esta fase proporciona os meios para promover a execução de um novo ciclo do processo, com base nas oportunidades de melhorias levantadas na fase de uso do produto. A presença dessa atividade nesse método caracteriza que o mesmo é enquadrado como uma solução que corresponde a um processo com melhoria contínua para a qualidade do produto e possui equivalência com o ciclo de Demming - PDCA, acrônimo para Plan - Doing - Check - Action (PALADINI, 2010), no qual a fase de *Feedback* corresponde à etapa "Action " que leva à melhoria do produto ou serviço de tecnologia da informação concebido. Esse fato promove o aperfeiçoamento qualitativo da solução concebida e a evolução do produto. A Figura 5.20 descreve o ciclo de qualidade de Deming.

Figura 5.20-Ciclo de melhoria contínua de Deming - Ciclo PDCA



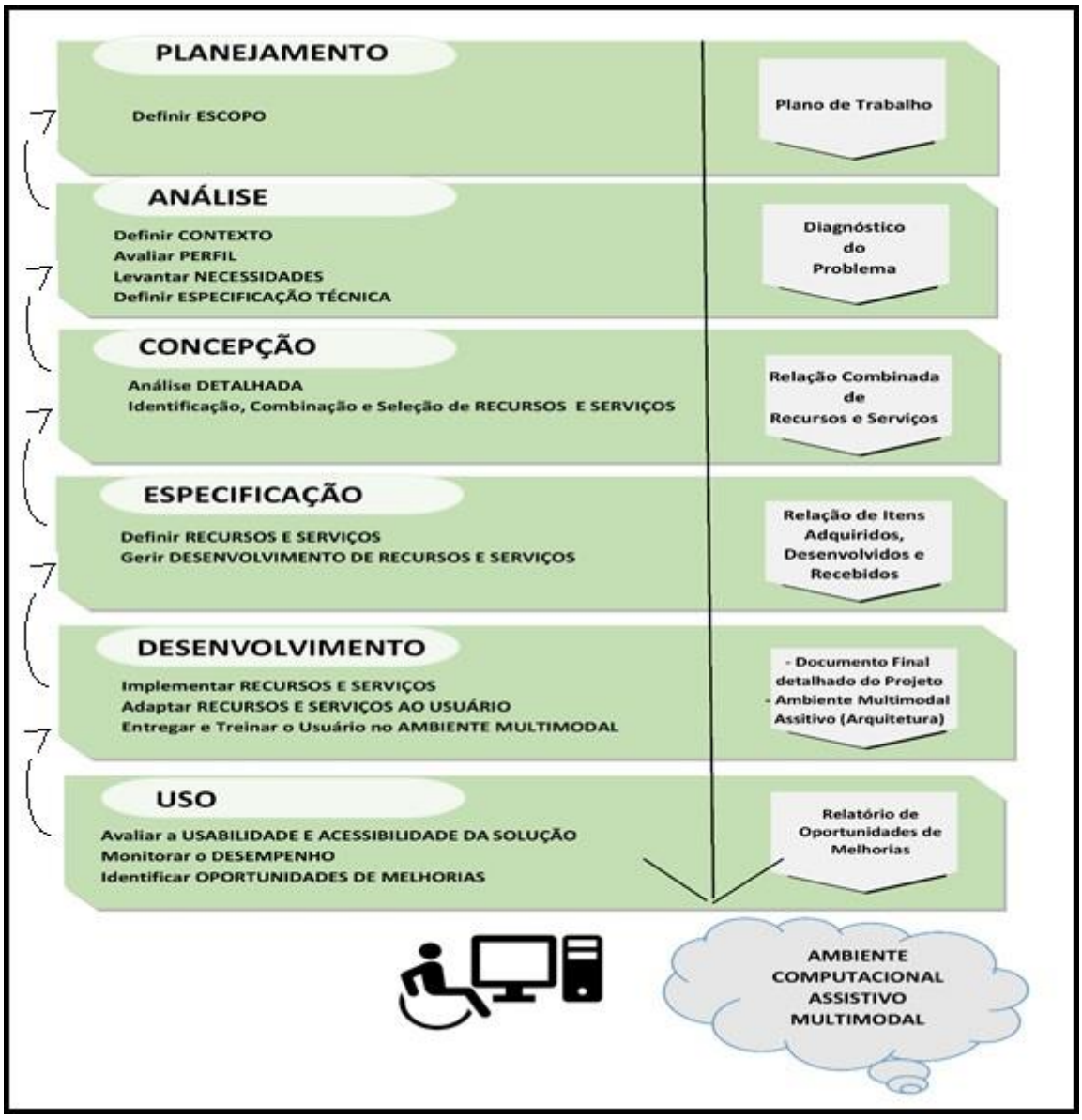
Fonte : Google Imagens (2017)

REPRESENTAÇÃO GLOBAL DO MÉTODO

O método *M^2ALL* encontra-se resumido na Figura 5.21, na qual as fases apresentam seus produtos de trabalho até a obtenção do resultado final do processo que é a entrega de um ambiente multimodal assistivo. Cada produto de trabalho serve de apoio para realização da etapa seguinte e todos eles passam a compor o documento final do projeto com a sua arquitetura, o método não impede que uma fase anterior possa ser refeita caso alguma

incorência seja detectada na fase posterior. O relatório de oportunidades de melhoria permite a realização da ação de *Feedback* que leva à execução de um novo ciclo deste processo.

Figura 5.21-Representação global do Método M^2ALL



Fonte : Elaborada pelo Autor (2017)

5.5 RESPOSTA `A PERGUNTA DE PESQUISA QP2

Como é possível realizar a adaptação e a configuração de um ambiente multimodal para torná-lo assistivo e usável para pessoas com necessidades especiais ?

A adaptação e a configuração de um ambiente multimodal usável por pessoas com deficiência é realizada seguindo-se as orientações do método proposto *M^2ALL*.

5.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

O presente capítulo apresentou o método assistivo multimodal *M^2ALL* proposto como uma solução capaz de permitir a elaboração e a configuração de um ambiente computacional multimodal assistivo de maneira organizada e repetível, por meio de processo ùnico. As razões para escolha da instrumentação organizacional procedural correspondente a um método foram descritas e argumentadas, uma comparação do novo modelo com os métodos tradicionais foi mostrado, além da apresentação das referências que influenciaram a sua elaboração. A concepção do processo métodológico foi descrita conforme os princípios do modelo SIPOC do Sixsigma de qualidade e as suas fases e atividades foram minunciosamente detalhadas. Por fim, uma descrição geral do método foi apresentada com os seus produtos de trabalho alcançados em cada uma de suas fases.

Na sequência, o Capitulo 6 descreve a aplicação do método *M^2ALL* em um estudo de caso aplicado em ambiente computacional destinado ao uso de alunos com necessidades especiais de uma instituição de ensino superior em uma plataforma de ensino a distância.

6 APLICAÇÃO DO MÉTODO MULTIMODAL ASSISTIVO – M^2ALL

Este capítulo apresenta uma aplicação prática do método ***M^2ALL*** (**M**ultimodal **M**ethod **A**cessibi**L**ity **L**ayer) para a realização de um ambiente computacional multimodal assistivo a ser utilizado por pessoas com necessidades especiais, caracterizando um estudo de caso. A escolha do contexto e cenários de uso para a observação da *experiência do usuário* (UX) neste estudo de caso foi uma plataforma computacional de acesso a um ambiente virtual de aprendizagem assistivo via Web. Todas as etapas do método foram realizadas e os respectivos resultados e produtos de trabalho apresentados.

6.1 MOTIVAÇÃO PARA DEFINIÇÃO DO CONTEXTO DE USO & CENÁRIOS

A argumentação para escolha inicial do contexto de uso e os respectivos cenários a serem utilizados para a aplicação do método multimodal proposto é apresentado na sequência.

6.1.1 PESQUISA PROSPECTIVA COM PESSOAS DEFICIENTES

Em pesquisa de campo com alunos deficientes que cursam graduação em uma faculdade privada, Oliveira (2016) constatou que os alunos consultados afirmaram que nunca tiveram qualquer tipo de contato com novas interfaces interativas e que os mesmos tinham muito interesse em realizar testes com esses novos meios de comunicação com o computador. Na pesquisa exploratória também foi constatado que a maioria desses alunos já fez uso de ambientes virtuais de aprendizado e que tinham interesse em continuar fazendo uso dessa modalidade de ensino.

Essas evidências constatadas serviram de referência para a definição inicial do contexto de uso e respectivos cenários utilizados na aplicação do método multimodal assisitivo e que são descritos na sequência.

6.2 DESCRIÇÃO INICIAL DO CONTEXTO DE USO & CENÁRIOS

Para a aplicação do método multimodal assistivo *M^2ALL*, foi definido um contexto inicial de uso no qual estudantes com necessidades especiais de uma universidade privada, pertencentes a diversos grupos de deficiência, realizando cursos de graduação distintos,

fariam uso de um computador composto de diversos periféricos de nova geração, utilizando esses recursos de modo simultâneo para acesso a uma plataforma *web* de ensino a distância com recursos de acessíbilidade. O Quadro 6.1 apresenta os principais detalhes do contexto de uso baseados no roteiro de Buster (2017), Context of Use (CoU).

Quadro 6.1-Questões para Identificação Inicial do Contexto de Uso

Questão	Recurso	Resposta
Quem irá usar a solução?	Usuários	Estudantes com necessidades especiais de uma universidade privada, pertencentes a diversos grupos de deficiência, realizando cursos de graduação distintos com necessidade de acesso a plataformas EAD
O que eles realizarão com a solução?	Tarefas	Aulas *on-line* em uma plataforma de ensino a distância com acessibilidade
Onde eles usarão a solução?	Ambiente	Plataforma multimodal assistiva composta de novos periféricos e periféricos convencionais

Fonte: Adaptado de Buster (2017)

Quanto aos cenários de uso, em um primeiro momento, o aluno deficiente faz acesso à plataforma EaD acessível, e executa um módulo de aula por meio do uso de periféricos tradicionais realizando sua navegação no ambiente educacional com teclado e o *mouse* para a realização da atividade.

Em um segundo momento, esse mesmo aluno, sem fazer uso de teclado e *mouse*, opera novas interfaces de maneira simultânea, à sua escolha, e realiza um novo módulo de aula com teor semelhante ao da primeira aula, na mesma plataforma educacional.

Esses cenários de uso compõem a *experiência do usuário* na utilização do ambiente assistivo multimodal permitindo uma comparação das duas situações para ser realizada uma avaliação de usabilidade do ambiente. O Quadro 6.2 descreve os cenários que serão explorados no contexto de uso.

Quadro 6.2-Cenários de uso iniciais a serem observados

01 - Acesso a plataforma de Ensino a Distância por meio de teclado e *mouse*.	Usuário, Tarefa, Ambiente	Realização completa da primeira aula *on-line*.
02 - Acesso a plataforma de Ensino a Distância por meio de novas interfaces, sem uso do teclado e *mouse*.	Usuário, Tarefa, Ambiente	Realização completa da segunda aula *on-line*.

Fonte: Elaborado pelo Autor (2017)

6.3 APLICAÇÃO DO MÉTODO M^2ALL

Com as definições iniciais do contexto e cenários de uso, torna-se mais perceptível a natureza do ambiente multimodal assistivo que irá ser especificado e com isso o uso do método multimodal proposto torna-se mais usual para ser aplicado.

Para a realização do experimento de avaliação da usabilidade de um ambiente multimodal a ser utilizado por pessoas com necessidades especiais, a elaboração e configuração do ambiente seguiu as fases e atividades descritas pelo método *M^2ALL* conforme resumido no Quadro 6.3.

Quadro 6.3-Fases do Método e Principais Resultados Esperados

Aplicação do método M^2ALL para elaboração de Ambiente Multimodal Educacional

Fase	Identificação	Resultados Esperados
1	Planejamento	Escopo do Ambiente - Limites e Fronteiras
2	Análise	Contexto do Uso - Perfil dos Usuários - Requisitos -Acessibilidade
3	Concepção	Design do Ambiente - Elementos Construtivos - Funcionalidades
4	Especificação	Detalhamento das Interfaces - Aplicativos - Configuração
5	Desenvolvimento	Construção de Ambiente - Testes - Deploy e Treinamento
6	Uso	Uso do Ambiente Por Pessoas Com Deficiência - Avaliação da Usabilidade

Fonte: Elaborado pelo Autor (2017)

As etapas do método desde a fase 1(um) até a fase 6(seis) são apresentadas na sequência com os seus respectivos produtos de trabalho obtidos.

6.3.1 FASE DE PLANEJAMENTO

É o momento no qual a equipe de trabalho realiza a previsão e a organização das ações e a sequência continuada de fatos ou operações que estão para vir e para acontecer numa hipotética linha do tempo, aumentando a sua racionalidade e eficácia. Conforme o método recomenda deve-se realizar a *atividade de definir o escopo* da solução para servir de orientação para as etapas seguintes.

A atividade de *definição do escopo* elabora as orientações gerais para a realização da construção de um ambiente computacional multimodal para uso na interação de alunos de graduação com necessidades especiais em um ambiente virtual de aprendizagem com acessibilidade, registrando essas indicações por meio de um artefato denominado de *plano de trabalho*.

O *plano de trabalho do projeto assistivo* tem a sua elaboração baseada em informações que a *atividade de definição de escopo* obteve do meio. Princípios elaborativos indicações básicas, limitações presentes, recursos disponíveis, pessoas participantes, valores de custos, meios relevantes e um diagrama das etapas com marcos de realização (cronograma) são as fontes de informações essenciais para a definição do plano de trabalho. Este norteia todas as demais etapas servindo de guia para realização da solução.

Conforme o plano elaborado pela equipe de trabalho, o ambiente computacional em construção deveria ser capaz de dar suporte ao uso de recursos tradicionais de interação humano-computador, como teclado e *mouse*, bem como ao uso de novas interfaces interativas a serem selecionados em conformidade com o perfil dos usuários com deficiência. Todos os equipamentos periféricos deveriam ser conectados diretamente a uma única estação de trabalho para a realização da comunicação entre o aluno e a plataforma AVA (Ambiente Virtual de Aprendizado) e ser capaz de comportar o uso eficiente e simultâneo de todos eles. O ambiente computacional deve ser capaz de gerenciar todas as interações das interfaces sem ocorrer falhas e conflitos durante o uso. Ele deve realizar o registro de todas as ações dos usuários por meio da gravação de registros (*logs*) e ter um comportamento seguro e ergonômico para utilização dos participantes. Com esses detalhes do escopo, os limites e as fronteiras iniciais foram descritos e registrados no artefato *de plano de trabalho*.

6.3.2 FASE DE ANÁLISE

Após a realização de um plano norteador das atividades do projeto, a fase seguinte realiza uma observação mais refinada das ações construtivas necessárias à obtenção da solução: trata-se da fase de Análise. Esta fase tem como resultado final o produto de trabalho que descreve em detalhes o problema e a indicação de sua solução. O artefato resultante é descrito pelo método como d*iagnóstico do problema*.

Para a obtenção final do *diagnóstico do problema*, o método recomenda a execução de 4 (quatro) atividades distintas que se complementam e permitem a obtenção do resultado final da fase. Numa pré-análise realizada anteriormente ao início da aplicação do método foram identificados um contexto de uso e cenários de uso iniciais que na atividade *Definir Contexto* são confirmados ou aperfeiçoados conforme informações mais detalhas obtidas sobre a natureza, circunstância de utilização, necessidades e tarefas a serem realizadas pelo produto ou serviço em concepção. Outra atividade significativa para a fase é o levantamento do perfil dos usuários e de suas necessidades interativas que orientam as características e requisitos que a solução deve fornecer. Por fim, a atividade de especificação técnica finaliza a composição do diagnóstico do problema, acrescendo o conhecimento tecnológico da equipe de trabalho que apresenta alternativa de solução para o problema interativo levantado.

A fase de análise identificou a natureza das necessidades especiais dos alunos atendidos pelo Núcleo de Acessibilidade da Faculdade Guararapes (NAG, 2017), instituição de ensino superior sediada em Jaboatão dos Guararapes - PE - Brasil, pertencente à Rede Internacional de Universidades Laureate (LAUREATE, 2017) que realizou parceria com o CIn - Centro de Informática da UFPE para a realização desta pesquisa. Durante essa etapa foram identificados todos os grupos de deficiências atendidos pelo núcleo de acessibilidade e ficou constatada a ausência de deficientes visuais com perda total de visão, sendo encontrado nesse grupo de deficientes visuais apenas alunos com baixa visão. Os demais grupos de deficiência estiveram todos representados com alunos que realizavam graduação. Os Assistentes de Curso, profissionais especializados que realizam o acompanhamento e o apoio aos alunos especiais foram consultados pelo pesquisador com base nas suas experiências diárias de atendimento para descreverem o contexto e os possíveis cenários de uso. Os assistentes e alguns alunos consultados propuseram o emprego de alguns estilos de interação para o uso das novas interfaces interativas de acordo com o grupo e a natureza da

necessidade especial dos alunos assistidos, conforme relatados no Quadro 6.4, o qual compôs o documento de *Diagnóstico do Problema*. A equipe de Assistentes de Cursos e profissionais de saúde da área de Psicologia e Psicopedagogia, apoiadores desta pesquisa na Faculdade Guararapes, opinou sobre o uso do estilo de interação por comando cerebral para que o mesmo fosse utilizado de forma passiva, apenas para aferir os estados emocionais dos participantes, e não para realizar atividades de forma ativa como o uso na navegação ou execução de comandos, devido à sua complexidade inicial de uso, fato que poderia impactar no andamento adequado da realização dos testes de avaliação de usabilidade (NIJBOER, 2015).

Quadro 6.4-Sugestão dos Assistentes de Curso e Profissionais de Saúde para Aplicação de Natureza Interativa Multimodal por Grupo de Deficiência

Sugestões dos Assistentes de curso para Estilos de Interação por Natureza da Deficiência

NATUREZA DA DEFICIÊNCIA	ESTILO				
	Interação por toque em superfície	Interação por Comando Cerebral	Interação por movimento Corporal	Interação por movimento Ocular	Interação por Uso de Sons (Fala)
VISUAL - BAIXA VISÃO	✓	✓			✓
AUDITIVA - FALA	✓	✓	✓	✓	
MOTOR	✓	✓	✓	✓	
ATENÇÃO - INTELECTUAL	✓	✓	✓		✓

Fonte: Elaborado pelo Autor (2017)

6.3.3 FASE DE CONCEPÇÃO

Com as informações detalhadas obtidas durante o diagnóstico do problema, o método recomenda a realização da fase de ideação ou concepção. Nesta etapa a equipe de trabalho consegue eleger uma solução mais viável para o problema identificado. Para realização da fase são executadas 2 (duas) atividades relevantes para obtenção da melhor resposta ao problema. A primeira atividade responde pela execução de uma análise detalhada dos

elementos obtidos na fase anterior por meio do estudo do artefato *diagnóstico do problema*, a partir do qual a equipe chega à definição de princípios da solução operacional. O artefato de princípios em conjunto com uma pesquisa de recursos e serviços disponibilizados no mercado permite a realização da atividade de identificação, combinação e seleção de recursos que gera um artefato contendo uma relação combinada de recursos e serviços a serem adquiridos ou desenvolvidos.

Nessa fase de concepção foi necessário realizar a formulação da solução tecnológica que atendesse às necessidades interativas observadas nas fases anteriores. Para isso foi indispensável a realização do *Design* do ambiente multimodal considerando as opções interativas que estavam disponíveis e que se apresentaram técnica e economicamente mais viáveis para uso na ideação do ambiente. A atividade principal que direcionou o uso dessa plataforma foi o acesso dos alunos especiais à *web* e particularmente aos recursos interativos do ambiente de educação a distância. Foram levados em conta as operações como navegação, leitura do conteúdo de textos, exibição de vídeos e áudios e a necessidade de digitação de textos. Todos esses recursos interacionais são necessários para que um aluno com deficiência possa realizar as atividades típicas de ensino-aprendizagem solicitadas pela plataforma de ensino a distância. O Quadro 6.5 apresenta a relação do estilo da interação com a natureza do equipamento disponível no mercado.

Quadro 6.5-Relação do Estilo de Interação e Natureza do Equipamento

Estilo de interação X Natureza do Equipamento

ESTILO	NATUREZA DO EQUIPAMENTO
Interação por toque em Superfície	Tela Sensível ao Toque / Trackpad Multi-Touch/ Tablet
Interação por Comando Cerebral	Interfaces Cerebrais Wireless
Interação por Movimento Corporal	Dispositivos com Sensor Infravermelho
Interação por Movimento Ocular	Webcam, Dispositivos Com Sensor Infravermelho
Interação por Uso de Sons (Fala)	Microfones Com Aplicativo - IVR (INTERACTIVE VOICE RESPONSE)

Fonte: Elaborado pelo Autor (2017)

6.3.4 FASE DE ESPECIFICAÇÃO

Nessa etapa do processo a equipe de trabalho possuía uma grande base de informações e dispunha de muitos subsídios para realizar o detalhamento de todos os elementos que iriam compor a solução, partindo para o processo de suas tipificações, identificando as suas características técnicas, relação de fornecedores, preços de mercado e limites de prazos para obtenção desses elementos com base no cronograma inicialmento definido na fase de escopo.Também foram apreciados aqueles elementos ou serviços que não poderiam ser adquiridos no mercado e necessitariam de um tratamento diferenciado, por meio de um processo de desenvolvimento própio pela equipe de trabalho ou pela aquisição de serviços de elaboração de terceiros. O produto de trabalho final dessa fase é a obtenção de um relatório que especifica e detalha os recurso e serviços que compõem a arquitetura final da solução.

A equipe de trabalho especificou quais seriam os equipamentos necessários e quais eram os aplicativos e/ou sistemas que iriam compor a solução interativa multimodal assistiva. Foi considerado como referencial no processo decisório de aquisições pela equipe o fato da pré-existência de periféricos que haviam sido adquiridos pelos pesquisadores, os seus custos envolvidos e a compatibilidade desses recursos com o ambiente operacional e as características da plataforma que deu suporte a toda estrutura computacional. Para o experimento foram escolhidos os recursos interativos descritos no Quadro 6.6. A plataforma central para realização do acesso foi definida como um Desktop Lenovo Intel Core i5 8GB 1TB H50-30G (LENOVO, 2017) com sistema operacional Windows 10 Pro (MICROSOFT, 2017), com portas *USB 3.0 e 2.0* e rede *Bluetooth*.

Para interação por toques em superfície, foi selecionado o recurso Magic Trackpad (APPLE 1, 2017) - *Trackpad Multi-Touch*, pela simplicidade, precisão e abrangência de uso. O teclado virtual assistivo *Dynamic Keyboard 2*, disponibilizado pelo grupo de pesquisa assistivas da Universidade de Victória (CANASSIST, 2017), foi disposto em conjunto com a mesa de toques para permitir a inclusão de textos.

Para interação Cérebro-Computador foi adotado o periférico *Emotiv Epoc +* (Epoc+,2017), com o uso do aplicativo nativo desse equipamento, o *Emotiv Xavier Control Panel 3.3.3*, para o registro dos estados emocionais do usuário obtidos pela identificação de suas ondas cerebrais.

Para a captação do movimento corporal das mãos foi estabelecido o uso do sensor infravermelho *Leap Motion Controller* (LEAPMOTION, 2017), em conjunto com o

aplicativo disponibilizado gratuitamente pelo fornecedor - *Touchless For Windows* (TOUCHLESS, 2017).

Para o alcance da movimentação corporal do rosto optou-se pelo uso de uma *webcam Logitech C270* (LOGITECH, 2017) em conjunto com o aplicativo *Camera Mouse 2016* (CAMERAMOUSE, 2017) desenvolvido e disponibilizado gratuitamente pelo departamento de Ciência da Computação da Universidade de Boston (BU, 2017).

Para a interação corporal do movimento ocular escolheu-se o equipamento sensor infravermelho *Tobii EyeX* (TOBII, 2017) pelo seu baixo custo e uso adequado para captação da movimentação do cursor na tela.

Para interação por comandos de voz, foi selecionado o uso do equipamento de captação de voz *XPC 4440* (LEADEARSHIP, 2017) e os aplicativos: *DJ.JARVIS.AM* (JARVIS, 2017), pela precisão na captação da língua nativa dos usuários - Português e possuir rotinas de inteligência artificial e o serviço on-line *Talk Taper* (TALK, 2017) para a transcrição de fala em texto, como também o tradutor de texto de Português para linguagem brasileira de sinais - *VLibras* (VLIBRAS, 2017).

Como sistema para a realização da funcionalidade de coordenação do ambiente multimodal foi escolhido o framework *HCI^2 WORKBENCH* (SHEN, SHI e PANTIC, 2011) por ser um aplicativo que foi disponibilizado pelos autores na modalidade de software livre, para ambiente Windows, compatível com todas as interfaces disponíveis e que faz uso de uma técnica de gestão de recursos multimodais que é baseada na troca de mensagens entre objetos na memória do computador. Essa aplicação para tratamento dos recursos multimodais utiliza o princípio de troca de mensagens via protocolo *TCP/IP*, possuindo uma interface gráfica amigável que pode ser configurada com facilidade por usuário comuns e que apresenta um desempenho adequado ao contexto do ambiente interativo proposto.

Finalmente, o ambiente web escolhido para a realização dos testes de interação humano-computador foi a plataforma *Openredu* (Figura 6.1) — Rede Social Educacional (OPENREDU, 2017), por ser um ambiente para ensino a distância desenvolvido em código aberto, multiplataforma, alta interatividade, projetado para uso de recursos abertos atendendo aos principios do *Desigin Universal* (LIDWEL, HOLDEN e BUTLER, 2010) e as recomendações de acessibilidade aplicadas no ensino (ROSE, MEYER e HITCHCOCK, 2005; ELIAS, 2010).

Quadro 6.6-Equipamentos e Aplicativos Definidos por Estilo de Interação

Equipamentos e Aplicativos X Tipos de Interface

ESTILO	EQUIPAMENTO/APLICATIVO
Interação por Toque em Superfície	Magic Trackpad Muti-Touch Apple Wireless (mesa sensível ao toque) Virtual Dynamic Key- Teclado Virtual Assistivo/ Vlibras (tradutor de texto por imagens)
Interação por Comando Cerebral	BCI Emotiv EPOC + / Emotiv Xavier Control Painel
Interação por Movimento Corporal	LeapMotion / Aplicativo Touchless
Interação por Movimento Ocular	Webcam Logitech HD C270 / Eye Tracking Tobii Eye X / Camera Mouse 2016
Interação por Uso de Sons (fala)	Leadership Microfone de Mesa o xpc 4440 / Aplicativo Kripytonianojarvis / Serviço do google talktyper

Fonte: Elaborado pelo Autor (2017)

Figura 6.1- Menu principal da Plataforma Openredu

Fonte: Openredu (2017)

6.3.5 FASE DE DESENVOLVIMENTO

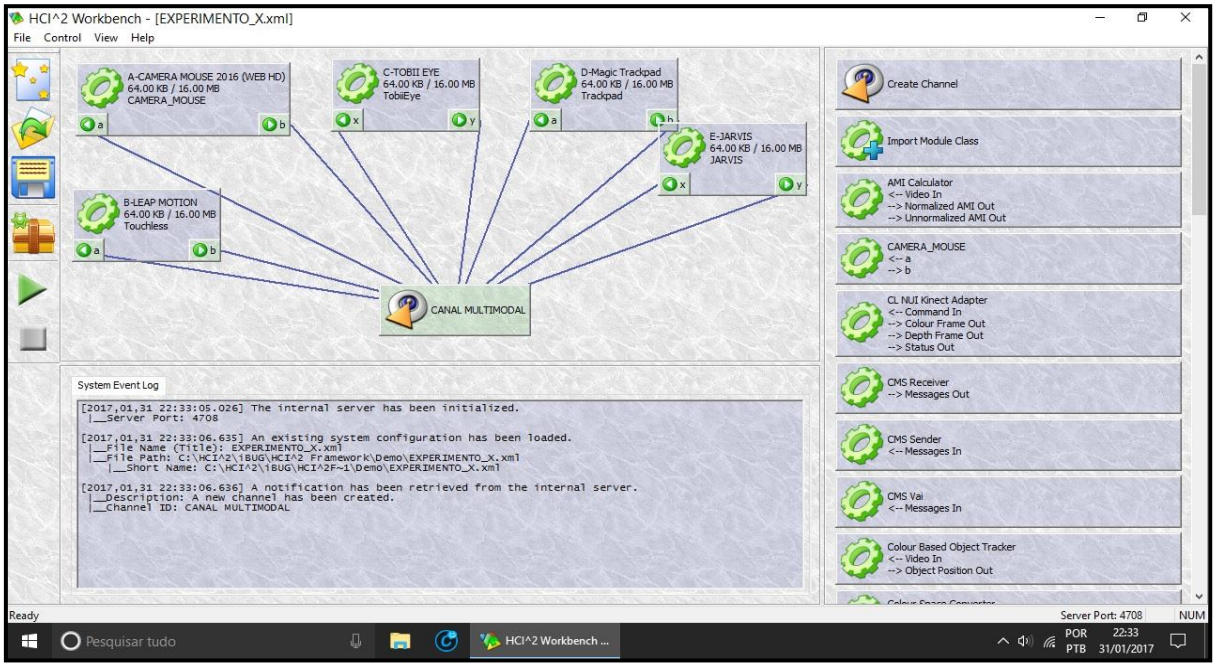
Esta fase representa o passo no qual a solução é montada, parametrizada e finalmente submetida a testes para ser disponibilizada para o uso. A configuração descritiva de sua montagem e ajustes é registrada por meio da chamada *baseline* do ambiente, recurso que permite a replicação do ambiente multimodal assistivo em um outro local com equipamentos com características semelhantes garantindo a sua repetibilidade. É também produto de trabalho obtido nessa fase o roteiro de treinamento dos usuários, o qual permite a rápida adaptação dos utilizadores aos novos recursos interativos disponibilizados. Durante a implementação do ambiente, alguns ajustes e adaptações podem se fazer necessários de modo a acomodar recomendações e demandas observadas e obtidas com *feedback* dos testes. Nesse caso uma nova *baseline* é passada finalizando-se o processo construtivo e o *Deploy* do ambiente (entrega) é finalmente disponibilizado.

Nessa etapa a equipe de trabalho implementou a execução da montagem do hardware e software realizando a configuração do ambiente multimodal acessível, no qual os elementos selecionados nas etapas anteriores foram interconectados, ajustados, sincronizados e finalmente disponibilizados para o uso. Foi necessária a realização de exaustivos testes unitários e integrados para garantir o funcionamento e a disponibilidade do ambiente computacional. A estrutura montada para o ambiente interativo (arquitetura) encontra-se descrita em forma gráfica na Figura 6.2. Nela apresenta-se os equipamentos periféricos, desktop, interfaces, aplicativos e plataforma que estruturaram o ambiente interativo mutimodal previsto para o contexto de uso e a exploração dos cenários inicialmente idealizados, contando desde as interfaces tradicionais até os recursos interativos mais recentes. A configuração para gestão multimodal voltada ao tratamento das interfaces no ambiente computacional encontra-se traçada na interface gráfica do framework HCI^2 WORKBENCH ilustrada na Figura 6.3. Um treinamento padronizado para uso do novo ambiente multimodal foi desenvolvido para ser aplicado com os participantes durante a execução dos testes de usabilidade.

Figura 6.2- Ambiente Multimodal Assistivo após Configuração pelo Método M^2ALL

Fonte: Elaborada pelo Autor (2017)

Figura 6.3 - Recurso para Configuração e Sincronização de Ambiente Multimodal do Aplicativo HCI^2 WORKBENCH



Fonte : *HCI^2 WORKBENCH* (2017)

Nessa fase do método a solução encontra-se materializada e funcional para uso das pessoas com necessidades especiais. Após a realização dessa etapa, o ambiente encontra-se em condições de ser explorado e a sua usabilidade tem condições de ser avaliada e percebida.

6.3.6 FASE DE USO

De acordo com o ciclo produtivo proposto pelo método *M^2ALL*, o último estágio desse processo representa a materialização de sua concepção pela disponibilização para uso do ambiente multimodal assistivo. Avellar e Duarte (2017) destacam a importância da realização de uma observação consistente e relevante sobre a experiência de uso de um produto em lançamento e com isso se obter a realidade sobre a sua aceitação pelo seu público alvo. Nem sempre as interfaces fornecidas se mostram fáceis de usar e atendem corretamente às necessidades dos seus usuários. Muitas dessas interfaces disponibilizadas mostram graves falhas operacionais e funcionais que têm como causa dessas anomalias, por exemplo, o resultado de um processo de desenvolvimento inadequado, no qual a equipe de trabalho não conseguiu obter uma visão abrangente do seu público alvo, do produto esperado por eles, do produto em relação ao âmbito de suas interfaces, da percepção dos dispositivos de natureza

semelhante e de suas atitudes durante a utilização do produto ou mesmo um entendimento detalhado de suas ações e preferências, identificando-se os seus reais perfis de uso e com isso adaptando-se a solução à sua verdadeira demanda. Com a não apreciação do comportamento dos usuários, corre-se o risco de se configurar componentes que não garantem a aderência do produto aos seus objetivos almejados, daí a importância da observância da experiência de uso para obtenção do sucesso de uma solução interativa.

Essa recomendação é também relatada por Moggridge e Atkinson (2007), o primeiro foi cofundador da IDEO (IDEO,2017), uma das empresas de design mais bem-sucedido no cenário mundial de soluções inovadoras. Ele também foi um dos primeiros profissionais a integrar o design de software com o design de hardware na prática do design industrial, na qual destacou a importância da apreciação sobre a experiência do usuário descrevendo diversos estudos de casos com projetos inovadores nos quais a observância dessa experiência foi prioritária, tendo como resultado a criação de produtos bem-sucedidos e aceitos pelos usuários.

A última etapa do método M^2ALL foca exatamente nessa observação da experiência de uso da solução pelo seu público alvo. Para isso o processo recomenda a realização de três (3) atividades distintas que consolidam a compreensão dos resultados comportamentais dos usuários obtidos com emprego da solução entregue para resolução do problema identificado. A primeira atividade se refere à execução de uma avaliação de usabilidade da solução disponibilizada evidenciando-se os aspectos de comportamento humano durante a sua aplicação. Uma segunda atividade propõe um estudo técnico sobre o comportamento do ambiente computacional multimodal observando-se dessa vez o desempenho da máquina e dos seus componentes no ambiente de uso. E por fim, uma atividade que apresenta uma apreciação do comportamento conjunto humano-computador para a solução proposta identificando-se as possíveis oportunidades de melhoria por meio de um retorno (feedback) subsidiando a equipe de trabalho na realização de um novo ciclo evolutivo para a solução apresentada.

ATIVIDADE DE AVALIAÇÃO

Para a realização da análise da usabilidade da solução disponibilizada foram consideradas as recomendações do *Guideline* para testes de usabilidade aplicados a pessoas deficientes

proposto por Henry (2017), no qual são apresentadas etapas a serem executadas para execução de um teste assistivo e a obtenção de informações de usabilidade como apresentado no Quadro 6.7. Neste são descritas 6(seis) etapas para a aplicação de um teste de usabilidade a pessoas com deficiência.

A primeira etapa descrita se refere ao *planejamento do teste de usabilidade* na qual é realizada toda a sua planificação. Nesta fase, é caracterizado, por exemplo, o objetivo do teste, quais são os resultados esperados, quais os métodos e instrumentos que serão utilizados para aferição das medições quantitativas e qualitativas, quais são as atividades que serão observadas, quem são os participantes e sua atuação e qual o seu roteiro, ou seja, qual é o *protocolo de avaliação* que será seguido. Na continuidade é realizado o *roteiro do recrutamento* para a efetuação dos convites aos participantes contendo o esclarecimento de todos os detalhes sobre a pesquisa e a atuação deles no evento. Na sequência ocorre a *preparação para o teste*, na qual todo o ambiente experimental é montado em um local apropriado com o produto principal da observação devidamente preparado, além de todo o instrumental necessário para o registro da investigação. Durante a *realização do teste*, o *protocolo de avaliação* é seguido e todas as ocorrências do experimento são devidamente documentadas. A cada avaliação realizada com um participante, no final um *checklist* é utilizado para identificar a ausência de alguma atividade prevista e que não foi realizada. Por fim, é obtido o resultado do teste, por meio de um *relatório* descritivo do desempenho e comportamento dos avaliados descrevendo-se a usabilidade identificada para o contexto da solução.

Quadro 6.7-Guideline para Elaboração de Teste de Usabilidade com Pessoas Deficientes

ETAPAS	CARACTERISTICAS	APLICAÇÃO NO CONTEXTO DO ESTUDO DE CASO
PLANEJAMENTO DO TESTE DE USABILIDADE	Abrange as atividades que determinam a propósito do teste,contexto e cenários, características dos participantes, orientações para o recrutamento de participantes, a escolha da melhor localização física para o teste e a planificação da quantidade adequada do tempo de sua realização entre outras ações idealizadoras.	Utilização do contexto e cenários de uso pré-definidos pelas etapas anteriores do método M2^ALL; Aplicação das orientações da Norma ABNT ISO 9241-11(2008); Escolha dos métodos de avaliação de usabilidade conforme a norma ISO/TR 16982 (2014); Atendimento as recomendações e exigências do Comitê de Ética para execução da pesquisa; Definição de um protocolo formal de Avaliação.
ROTEIRO PARA O RECRUTAMENTO DE PARICIPANTES PARA O TESTE DE USABILIDADE	Roteiro de perguntas e esclarecimentos a serem apresentados durante o convite aos participantes do teste de usabilidade.	Documento orientador para realização de convite formal aos participantes da pesquisa.
PREPARAÇÃO PARA O TESTE DE USABILIDADE	Esta etapa cobre a garantia de que as instalações e recursos disponibilizados são física e digitalmente acessíveis aos participantes, preparação dos materiais e equipamentos para o teste, organização e verificação das configurações para uso dos participantes e a sua familiarização com os recursos de tecnologias assistivas e a realização de testes-piloto.	Configuração,montagem e testes dos aplicativos e equipamentos realizadores dos registros da avaliação; Disponibilização do ambiente multimodal mssistivo operacional; Realização de testes-piloto com gravação de registros pelos instrumentos e aplicativos.
REALIZAÇÃO DO TESTE DE USABILIDADE	Abrange a configuração da sala(ambiente), elaboração do roteiros de orientação dos participantes (avaliador e avaliados), preenchimento e coleta de registros sobre a execução das tarefas, fornecimento de compensação e considerações específicas para a participação de pessoas com diferentes deficiências, caso necessário.	Execução do protocolo formal de avaliação; Monitoramentos dos instrumentos de registro;Execução de entrevistas e preenchimento de questionários e do TCLE.
CHECKLIST PARA REALIZAÇÃO DO TESTE DE USABILIDADE	Esta etapa resume a verificação sobre a realização de todas as tarefas e considerações envolvidas nas fases de planejamento, preparação, realização do estudo da usabilidade realizado por participantes com deficiência.	Confirmação da realização de todas etapas planejadas para o teste por cada participante.
RELATORIOS DO TESTE DE USABILIDADE	Abrange a distinção entre questões de acessibilidade e usabilidade, incluindo parâmetros de estudo relevantes, sendo feitas observações cuidadosas como categorizações e comparações, esclarecendo conclusões e escrevendo sobre o comportamento das pessoas com deficiência diante do teste.	Estudo analítico dos resultados da avaliação quantitativa e qualitativa da usabilidade da solução observada.

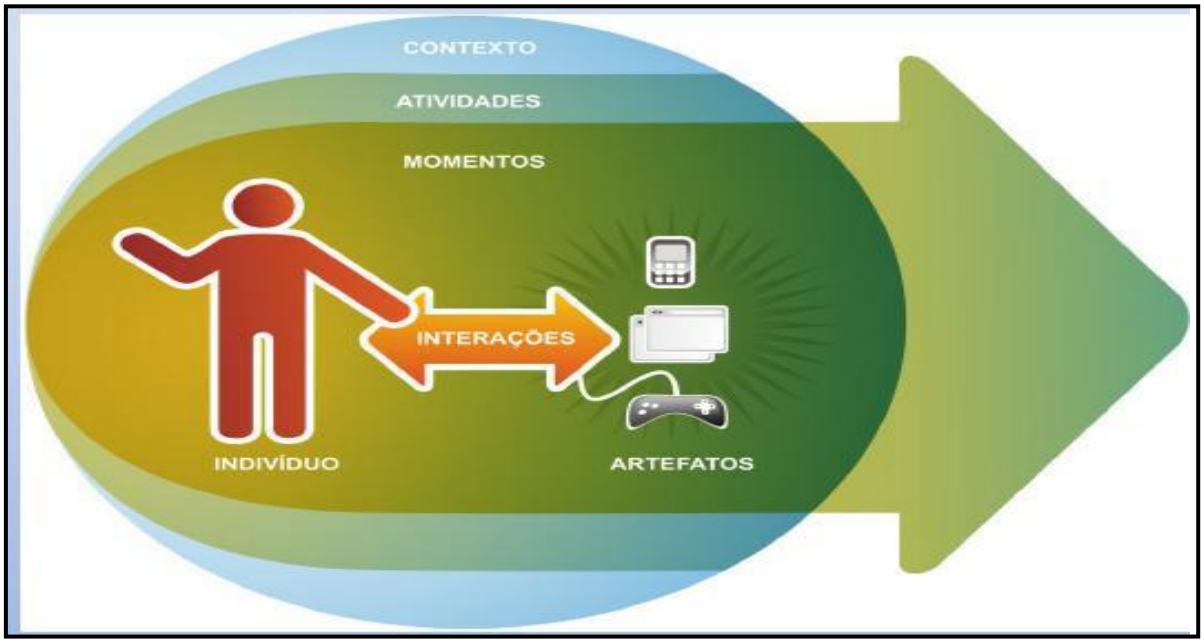
FONTE: Adaptado de Henry (2017)

No encadeamento descritivo são apresentadas as fases do Guideline aplicadas ao estudo de caso e os seus respectivos recursos e produtos de trabalho envolvidos.

PLANEJAMENTO DO TESTE DE USABILIDADE

O teste de usabilidade procura obter uma avaliação global da facilidade com que os indivíduos fazem uso de uma solução a fim de alcançarem os objetivos almejados realizando tarefas específicas em um contexto de uso. A partir da experiência de uso desses indivíduos nos seus momentos de interação humano-computador, a avaliação de usabilidade identifica se os objetivos desses usuários foram alcançados de maneira eficaz, eficiente e de maneira satisfatoria. A Figura 6.4 traduz graficamente um modelo genérico de experiência do usuário (MEX) proposto por De Carvalho (2008) que expõe o contexto de uso para um indivíduo que realiza uma troca de informações com um ambiente computacional em um determinado instante, realizando atividades interativas para obtenção de seus objetivos informacionais.

Figura 6.4 Modelo Genérico de Experiência do Usuário (MEX)

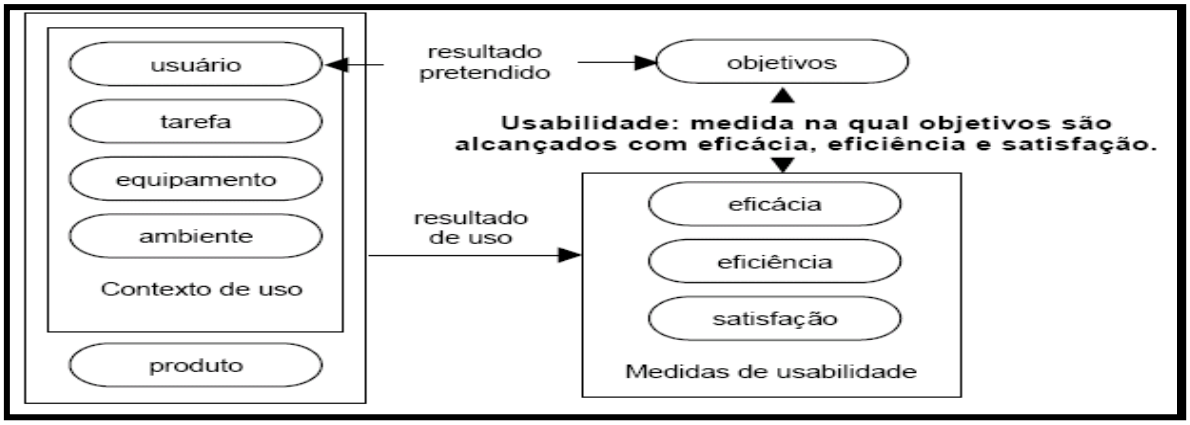


Fonte: De Carvalho (2008)

Esse modelo genérico é fundamentado nas orientações da norma ABNT ISO 9241-11(2008) que norteia a condução de uma avaliação de usabilidade conforme o contexto de uso informacional e com base em elementos que conduzem a observação da usabilidade por meio de medidas de usabilidade conforme apresentado na Figura 6.5.

O Quadro 6.8 descreve em detalhes a natureza dos elementos e os componentes desse modelo, acompanhados da exemplificação no contexto de uso e aplicação no estudo em apresentação.

Figura 6.5 - Modelo Estrutural para Medição de Usabilidade Informacional



Fonte: ISO 9241-11 seção 5.1.2 - Componentes da Usabilidade (ABNT, 2008).

Quadro 6.8-Descrição dos Elementos e Componentes da Usabilidade para o Contexto de um Teste de Usabilidade

NATUREZA	COMPONENTE	DESCRIÇÃO PARA O CONTEXTO DE USO	RECURSO
contexto de uso	ambiente	ambiente computacional com acesso ao ambiente virtual de aprendizagem openredu na web	plataforma computacional multimodal assistiva configurado segundo o método m2^all com as novas e tradicionais interfaces com acesso ao ambiente educacional ead openredu
	equipamentos (artefatos)	desktop com interfaces interativas tradicionais e atuais com apoio de aplicativos assistivos	desktop, periféricos, aplicativos, serviços, acesso web a plataforma educacional openredu
	Tarefa (realização de atividades em momentos de interação - fluxo de informações)	execução de aulas no ead assistivo openredu	acesso aos conteúdos educacionais do ambiente ead utilizando periféricos da plataforma computacional
	usuario (individuo)	pessoas com necessidades especiais de várias naturezas	alunos assistidos pelo núcleo de acessibilidade da faculdade guararapes
objetivos	resultado esperado	realização de aulas a distância com usabilidade e acessibilidade na plataforma multimodal	apoio dos assistentes de curso (intérprétes) e profissionais de saúde do nucleo de acessibilidade da FG
Produto	Plataforma Assitiva	Plataforma multimodal assistiva configurada pelo método M2ÂLL	Estrutura Multimodal
medidas de usabilidade	eficácia	realização completa das tarefas	metodos de avaliação de usabilidade e suas medidas descritos na norma iso - tr - 16982 (2014)
	eficiência	tempo de execução; esforço para execução;	
	satisfação	percepção da facilidade de uso e aplicabilidade da solução	

Fonte: Elaborado pelo Autor (2017)

Para obtenção das medidas de usabilidade que traduzem a facilidade de uso da solução, é necessário que o projeto de pesquisa realize a escolha de métodos de avaliação de usabilidade que conduzam ao alcance das medidas quantitativas e qualitativas da usabilidade. Para isso, as orientações da norma ABNT ISO/TR 16982:2014 guiam essa escolha. Esta norma fornece recomendações para a seleção dos métodos que melhor conduzem a uma avaliação adequada da usabilidade baseada na natureza da avaliação pretendida. O Quadro 6.9 apresenta as características dos métodos para uso em projetos avaliativos de usabilidade e a Tabela 6.1 apresenta uma pontuação sugerida pela norma em função das características do contexto de uso do projeto avaliativo, abrangendo aspectos da fase de seu ciclo de vida e suas restrições, particularidades do usuário, produto e tarefas e aptidões dos pesquisadores.

Quadro 6.9-Métodos de Avaliação de Usabilidade

NOME DO MÉTODO	DESCRIÇÃO DO MÉTODO
Observação dos usuários	Método de coleta precisa e sistemática de informações sobre o comportamento e o desempenho dos usuários, no contexto de tarefas específicas durante a atividade do usuário.
Medidas relacionadas com desempenho	Método de coleta de medidas de desempenho quantificáveis para compreender o impacto de questões relacionadas com a usabilidade
Análise de incidentes críticos	Método de coleta sistemática de eventos específicos (positivos ou negativos)
Questionários	Método de avaliação indireta que reúne opiniões do usuário sobre a interface em questionários pré-definidos
Entrevistas	Método similar ao método dos questionários com maior flexibilidade, envolvendo interação direta com o entrevistado
Pensando em voz alta	Método que envolve o que os usuários "verbalizem" ou "pensam" continuamente sobre suas idéias, crenças, expectativas, dúvidas, descobertas, etc. durante o uso do sistema em teste.
Design e avaliação colaborativa	Método que permite diferentes tipos de participantes (usuários, desenvolvedores de produtos e especialistas em fatores humanos, etc.) colaborarem na avaliação ou construção de um projeto de um sistema.
Métodos de Criatividade	Métodos que envolvem a elucidação de novas funções de produtos e sistemas, normalmente extraídos de interações em grupo. No contexto da abordagem centrada no ser humano, os membros destes grupos são freqüentemente usuários
Métodos baseados em documentos	Método que realiza o exame de documentos existentes por especialista em usabilidade para formar um julgamento profissional do sistema
Abordagens baseadas em modelos	Método baseado no uso de modelos que são representações abstratas dos produtos avaliados para permitir a predição do desempenho dos usuários.
Avaliação por especialistas	Método de avaliação baseada no conhecimento, expertise e experiência prática em ergonomia de um especialista em usabilidade
Avaliação automatizada	Método que utiliza algoritmos baseados em um critério de usabilidade ou que usa sistemas de bases de conhecimento em ergonomia que verificam as deficiências de um produto comparado a regras pré-definidas

Fonte: Adaptado de (ISO-TR-16982, 2008)

Tabela 6-1-Grau de Recomendação do Método baseado nas Características do Contexto de Uso do Projeto Avaliativo

Características	Métodos											
	Observação dos usuários	Medições realcionados ao desempenho	Análise de incidentes críticos	Questionários	Entrevistas	Pensar em voz alta	Projeto e avaliação colaborativos	Métodos de criatividade	Métodos baseados em documentos	Métodos baseados em modelos	Avaliação de especialistas	Avaliação automatizada
Envolvimento direto dos usuários	S	S	S	S	S	S	S	S/N	N	N	N	N
Processo do ciclo de vida												
Desenvolvimento - Testes de Qualificação	1	2	1	2	1	1	1	0	1	1	1	1
Restrinções do ambiente do projeto												
Alto nível de qualidade do produto	2	2	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1
Características do usuário												
possui deficiência significativa	2	1	1	1	2	1	2	1	1	-1	1	-1
Características da tarefa												
tarefa completamente nova para o usuário	1	0	2	0	0	0	2	2	1	1	1	0
Características do produto												
adaptação de um sistema /produto existente	1	2	2	2	2	1	1	0	2	2	1	1
Questões relacionadas a experiência												
projetista/avaliador tem acesso a amplos conhecimentos/habilidades em ergonomia / fatores humanos	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
TOTAL ===>	9	9	9	9	9	6	9	6	8	6	7	4
Legenda **2 - Recomendado;(++)** **1 - Apropriado;(+)** **0 - Neutro; ( )** **-1 - Não recomendado; (-)** **"espaço" - Não se Aplica (NA)**												

Fonte: Adaptado de Norma ABNT ISO/TR 16982 (2014)

Conforme a pontuação descrita na Tabela 6.1, os métodos escolhidos foram: "*Observação do usuário*", "*Medições de desempenho*", "*Questionários*", "*Entrevistas*" e "*Pensar em voz alta*", todos eles baseados no envolvimento direto do usuário. Esses métodos se mostram mais adequados para obtenção das medidas quantitativas e qualitativas que traduzem o nível da usabilidade identificada pelos participantes durante o momento de uso do ambiente multimodal assistivo.

MÉTODO DE OBSERVAÇÃO DO USUÁRIO

Com base nos princípios do método de observação do usuário, o qual procura captar detalhes precisos sobre o comportamento e desempenho dos usuários, foram escolhidos os instrumentos avaliativos para obtenção das medições conforme descritos no Quadro 6.10.

Quadro 6.10-Instrumentos Avaliativos para o Método de Observação do Usuário

INSTRUMENTO	OBJETIVO	ARTEFATO
Gravação em vídeo da movimentação do cursor e comandos executados por meio de varredura da tela	Registrar os movimentos realizados na tela pelo usuário durante a execução das suas tarefas/atividades	Arquivos no formato 'mp4' registrados pelo aplicativo "***Lenovo YouCam***" em acesso privado utilizando o aplicativo "***TightVNC*** "nas máquinas envolvidas.
Gravação de Vídeo do usuário realizando o experimento na plataforma multimodal.	Registrar as expressões e comportamentos dos usuários durante a execução das atividades / tarefas	Uso de câmera digital JVC com tripê de posicionamento ***Weiffeng W3770*** para o registro em arquivos 'mp4' de cada sessão.
Preenchimento do Formulário de avaliação do comportamento do usuário durante o teste pelo pesquisador	Identificar eventos significativos que descrevam de maneira qualitativa o comportamento do usuário diante da execução do teste	Apêndice IV – "Formulário de Roteiro de Observação do Pesquisador"
Registro do comportamento do estado emocional do usuário por meio da interface cerebral BCI (Brain Computer Interface)	Registrar as medidas emocionais do usuário como por exemplo nível de interesse, nível de stress, nível de engajamento, entre outros níveis, durante a execução do teste	Relatório de acompanhamento das medições dos estados emocionais do usuário fornecido pelo aplictivo do BCI.

Fonte: Elaborado pelo Autor (2017)

Esse conjunto de instrumentos, quando avaliados corretamente durante a realização dos testes, permite a obtenção de informações relevantes sobre o comportamento dos usuários diante do uso da solução proposta.

MÉTODO DE MEDIÇÃO DO DESEMPENHO

O método de medição de desempenho, para essa avaliação diz respeito à observação do comportamento do mesmo indivíduo em cenários de uso distintos. O objetivo dessa medida é identificar a facilidade de uso em realizar uma tarefa no modo tradicional em relação à realização de uma tarefa semelhante utilizando o novo ambiente multimodal. O Quadro 6.11 descreve o instrumento que identifica o desempenho de cada pessoa avaliada durante a sua execução do teste.

Quadro 6.11-Instrumento Avaliativo para o Método de Desempenho

INSTRUMENTO	OBJETIVO	ARTEFATO
Execução do Aplicativo "***Basic KeyLogger***"	Medição do uso das interfaces durante a execução das tarefas/atividades	**Arquivos de Log(.txt):** **key log – para ocorrência de** eventos e **KPC log** – para execução de operações.

Fonte: Elaborado pelo Autor (2017)

MÉTODO DE ENTREVISTA

O método de entrevista permite a obtenção de informações de maneira mais espontânea por parte do entrevistado e com isso o seu resultado é relevante para captação de esclarecimentos sobre o comportamento e preferência de escolhas do usuário. Nessa avaliação, o método de entrevista foi utilizado de forma semiestruturada para obtenção do perfil etnográfico do usuário, suas preferências de uso e conhecimentos prévios sobre periféricos, expectativas de uso de novas interfaces e sua experiência com ambientes de ensino a distância. O Quadro 6.12 descreve o instrumento utilizado para o registro da entrevista inicial com cada participante.

Quadro 6.12-Instrumento de Registro para o Método de Entrevista

INSTRUMENTO	OBJETIVO	ARTEFATO
Entrevista inicial com o participante	Obter informações etnográficas, preferências de uso de interfaces, expectativas e experiências com ensino a distância	Formulário 01 – Pefil do Usuário

Fonte: Elaborado pelo Autor (2017)

MÉTODO DE QUESTIONÁRIO

Nesta avaliação, o uso de questionários com os participantes foi aplicado para captação da identificação da usabilidade da solução apresentada em relação ao modo tradicional de interação humano-computador. Foram três (3) tipos distintos de questionários: um para obtenção da usabilidade percebida, um para obtenção da facilidade de uso percebida e um para aferição de uma escala de usabilidade para a solução. Respectivamente, os questionários PU (perception usability), PEOU (perceived ease of use) e SUS (system usability scale). Esses instrumentos de avaliação representam recursos essenciais na identificação da usabilidade. O Quadro 6.13 apresenta os recursos utilizados no método de questionário.

Quadro 6.13-Instrumentos para o Método de Questionário

INSTRUMENTO	OBJETIVO	ARTEFATO
Questionário de percepção da usabilidade da solução (PU)	Identificar o quanto a solução proposta pode ter uso como uma solução prática na ótica do usuário	Formulário 02 – Parte B - Usabilidade percebida pelo usuário
Questionário de percepção da facilidade de uso da solução (PEOU)	Identificar o quão é fácil de usar a solução proposta sob a ótica do usuário	Formulário 02 – Parte A - Facilidade de uso percebida pelo usuário
Questionário de escala de usabilidade da solução (SUS)	Quantificar a percepção do usuário do grau de usabilidade da solução proposta	Formulário 03 – Escala de usabilidade do sistema (SUS)

Fonte: Elaborado pelo Autor (2017)

MÉTODO DE PENSAR EM VOZ ALTA

Este método tem por princípio a espontaneidade das expressões dos usuários durante o uso de uma solução, o que representa um recurso qualitativo significativo para identificação da usabilidade da solução. Nessa avaliação, pela coexistência de pessoas com condições de se expressarem pela fala e outros não, a aplicação do método foi adaptada para que os participantes demonstrassem suas manifestações por meio da escrita de textos na opção de comentários do aplicativo Openredu durante a realização da pesquisa. O Quadro 6.14 descreve o instrumento utilizado para captação do método "pensar em voz alta".

Quadro 6.14-Instrumentos para o Método "Pensar em voz alta"

INSTRUMENTO	OBJETIVO	ARTEFATO
Registro de manifestação do usuário sobre a solução durante a sua utilização	Identificar a percepção expontânea dos usuários durante o uso da solução	Opção "Comentários" na plataforma Openredu

Fonte: Elaborado pelo Autor (2017)

RESUMO DOS MÉTODOS AGRUPADOS PELAS MEDIDAS DE USABILIDADE

Para realização da avaliação global da usabilidade da solução proposta, é necessário o registro das três medidas básicas recomendadas pela norma ISO 9241-11: a eficácia, eficiência e satisfação no uso. Os métodos escolhidos e seus respectivos instrumentos possibilitam a assimilação dessas grandezas. O Quadro 6.15 relaciona as medidas de usabilidade com os métodos e seus instrumentos de medição.

Quadro 6.15-Métodos e Recursos para Obtenção de Medidas de Usabilidade

MEDIDA	MÉTODO	INSTRUMENTO/RECURSO
EFICÁCIA	OBSERVAÇÃO DO USUÁRIO	Roteiro de Observação do Pesquisador
		Vídeo da movimentação do cursor e comandos executados
		Vídeo do usuário realizando o experimento
EFICIÊNCIA	MEDIÇÃO DO DESEMPENHO	Arquivos de log: Keylog e KPClog.
SATISFAÇÃO	ENTREVISTA	Pefil do Usuário
	OBSERVAÇÃO DO USUÁRIO	Registro dos estados emocionais (BCI)
	QUESTIONÁRIO	PU, PEU e SUS
	PENSAR EM VOZ ALTA	Registro de manifestações do usuário

Fonte: Elaborado pelo Autor (2017)

ROTEIRO PARA O RECRUTAMENTO

Conforme recomendações de Rubin e Chisnell (2008), o recrutamento de usuários aparentemente é uma tarefa simples, mas se não for bem executada, comprometerá todo o resultado do teste. Se os usuários não forem representativos do público-alvo, o teste de usabilidade poderá induzir a decisões errôneas sobre a solução. Ao se montar um roteiro de recrutamento para uma pesquisa ou teste, é preciso selecionar pessoas que tenham motivação para participar, e que sejam cooperativas e desembaraçadas. Se o participante não apresentar essas características fica difícil de se obter o que a pesquisa procura. Nesses casos, a sessão de testes deixa de ter um foco na avaliação da solução e se torna uma sessão de administração de participante. É necessário realizar a divulgação de que o pesquisador está à procura de participantes para avaliações por meio de testes ou pesquisas. Uma vez obtida uma lista de pessoas interessadas, o passo seguinte é descobrir se a pessoa que tem motivação e interesse está dentro do perfil procurado. É possível se iniciar a seleção de participantes por meio de *e-mail* ou *questionários* de recrutamento *online*, por exemplo.

No caso da pesquisa de usabilidade em descrição, a listagem dos participantes foi obtida pelo pesquisador por meio da coordenação do núcleo de acessibilidade da Faculdade Guararapes (NAG) contendo a relação de todos os alunos assistidos por aquele órgão no semestre em curso. Cada um dos alunos foi convidado de maneira pessoal pelo pesquisador ou pelo assistente de curso que realiza o seu acompanhamento. Durante o convite foram esclarecidas para o aluno a natureza da pesquisa e todas as etapas e atividades que seriam realizadas durante o processo da pesquisa. Para os alunos concordantes em realizar a pesquisa, foi elaborado um cronograma de atendimento para execução dos testes de modo a compatibilizar o espaço do tempo dos pesquisadores com o dos alunos evitando o conflito com suas atividades didáticas.

PREPARAÇÃO DO TESTE

A preparação para realização das avaliações necessita dos pesquisadores um conjunto de ações bem planejadas e executadas de maneira adequada para que o estudo obtenha o resultado esperado. Em primeiro lugar, deve-se escolher um local físico adequado onde o teste de usabilidade deva ser realizado de modo seguro para as pessoas e equipamentos. O local deve ter condições de acessibilidade para os participantes e possuir os equipamentos de apoio para receber as pessoas com necessidades especiais de maneira adequada. A solução a ser avaliada deve se encontrar operacional e todos os instrumentos que realizarão as medições devem estar disponíveis em quantidade e qualidade e na calibração adequada para captação correta das medidas conforme especificado na Figura 6.6. Testes piloto com a solução e com os instrumentos devem ser realizados antes do início das avaliações programadas.

Figura 6.6– Modelo do Ambiente de Teste

Fonte: Elaborada pelo Autor (2017)

REALIZAÇÃO DO TESTE

A realização dos testes deve ocorrer no local e horários programados e seguir os passos previstos no protocolo de avaliação. Além do pesquisador e do participante da avaliação, devem estar disponíveis os profissionais de saúde e assistentes de curso para apoio ao participante da avaliação. O avaliado assina o TCLE (Termo de consentimento livre e esclarecido) concordando com os termos de realização do teste e a pesquisa é realizada.

CHECKLIST DO TESTE

Pela sequência de passos e a complexidade inerente da avaliação, as boas práticas de pesquisa recomendam que os pesquisadores realizem uma verificação das atividades que foram executadas durante a pesquisa procurando identificar a ausência de alguma ação planejada e que deixou de ser realizada. Com essa ação de verificação procura-se garantir a qualidade da execução do processo de pesquisa de modo que todas as ações que foram previstas sejam corretamente realizadas, garantido o resultado final do trabalho de pesquisa.

RELATÓRIO DO TESTE

Como resultado global da pesquisa, deve ser gerado um relatório descritivo das avaliações realizadas juntamente com um estudo analítico e detalhado da usabilidade da solução percebida pelos participantes. Caso a usabilidade percebida não atinja patamares considerados aceitáveis, essas informações devem compor um relatório de sugestão de melhorias para o produto avaliado. A elaboração desse artefato global finaliza o ciclo da avaliação da usabilidade do ambiente multimodal assistivo.

ATIVIDADE DE MONITORAMENTO

O método *M^2ALL* na fase de Uso recomenda também a observação do monitoramento e acompanhamento dos equipamentos envolvidos na solução disponibilizada, conforme Figura 6.7. Esse monitoramento procura verificar se o dimensionamento e as configurações da solução atendem aos requisitos não funcionais necessários para o desempenho, disponibilidade, compatibilidade, interoperabilidade e segurança, entre outros requisitos. Para isso, realiza medições nos recursos dos equipamentos durante a execução dos testes. Caso seja necessária alguma correção nesses parâmetros, essa demanda é reportada para a atividade de identificação de melhorias para que a solução apresentada seja revisada e melhorada.

Figura 6.7– Medidas de Desempenho do Desktop com Ambiente Multimodal

Fonte: Elaborada pelo Autor (2017)

ATIVIDADE DE IDENTIFICAR MELHORIAS

Como atividade final da etapa do Uso e de todo o processo do método *M^2ALL*, um relatório com recomendações de melhorias deve ser elaborado com base nas observações identificadas nas avaliações de usabilidade e de monitoramento. A interação humano-computador é então verificada pela observação desses dois resultados. O lado humano decorrente da avaliação da usabilidade e o lado máquina com o monitoramento do desempenho e outros comportamentos computacionais da arquitetura construída. Estas informações de melhoria contribuem para a realização de um novo ciclo do método, dessa vez para a realização do seu aperfeiçoamento e melhoria.

FEEDBACK

Representa uma fase de transição entre o fim de um ciclo do método para o início de outro por meio da entrega de informações sobre o resultado das avaliações para a equipe de trabalho responsável pela sua elaboração. Esse *feedback* relatado com base nas oportunidades de melhoria identificadas fornece subsídios para a melhoria da qualidade do produto proposto.

6.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente capítulo realizou a apresentação de uma aplicação prática do método assistivo multimodal *M^2ALL* levado para uma situação real do cotidiano. Nela foram descritas as 6 (seis) fases do método com a apresentação dos respectivos produtos de trabalhos previstos. A aplicação do método acompanhou uma demanda de estudantes que necessitavam fazer acesso a uma plataforma de ensino a distância com recursos de acessibilidade utilizando um ambiente multimodal. Os resultados obtidos na avaliação realizada são apresentados em detalhes no próximo capítulo.

7 RESULTADOS DA AVALIAÇÃO DE USABILIDADE DE UM AMBIENTE MULTIMODAL ASSISTIVO – SISTEMATIZADO PELO MÉTODO M^2ALL

Este capítulo apresenta os resultados quantitativos e qualitativos e suas estatísticas obtidos com a avaliação de usabilidade de um ambiente multimodal assistivo construído segundo o método ***M^2ALL*** (**M**ultimodal **M**ethod **A**cessibi**L**ity **L**ayer). O capítulo descreve as etapas e as medições obtidas durante a realização dos testes.

7.1 PROTOCOLO DO EXPERIMENTO

Por se tratar de uma investigação que envolveu a participação de seres humanos, o projeto de pesquisa necessitou da aprovação de um comitê de ética para ser realizado. Uma avaliação de um comitê de ética é necessária, nesses casos, para garantir que as pessoas participantes da pesquisa não sejam submetidas a experiências que possam causar danos a sua saúde física, mental e moral. Este projeto de pesquisa, por atender aos requisitos de segurança exigidos, recebeu a autorização para a sua realização pelo Ministério da Saúde do Governo do Brasil por meio do comitê de ética da Universidade Federal de Pernambuco (COMITÊ UFPE, 2017) sob o protocolo **CAEE: 58646016.0.0000.5208** e encontra-se devidamente finalizado conforme descrito no ***Anexo 01*** (PLATAFORMA BRASIL, 2017).

O experimento avaliou a usabilidade de uma plataforma multimodal assistiva elaborada conforme as recomendações do método ***M^2ALL*** proposto neste estudo. Foram realizadas medições quantitativas e observações qualitativas de usabilidade durante o uso dos alunos portadores de necessidade especiais. O referido experimento utilizou como referencial o acesso a conteúdos educacionais pré-desenvolvidos pelos pesquisadores e que foram publicados em forma de aulas na plataforma ***Openredu***. Essas aulas com conteúdos equivalentes foram acessadas pelos participantes utilizando a plataforma multimodal assistiva. Os alunos realizaram as aulas em um primeiro momento fazendo uso de uma interação tradicional com teclado e *mouse* e em um segundo momento utilizando novos recursos interativos de maneira simultânea. Um treinamento para ambientação com as novas interfaces foi realizado com esses alunos antes dos mesmos utilizarem o acesso multimodal. Durante toda a execução do experimento, aplicativos e equipamentos realizaram medidas do desempenho e do comportamento dos participantes nesses contextos. No final de cada seção experimental, um conjunto de questionários foi aplicado para a identificação da usabilidade e

satisfação de uso. Todos os recursos avaliativos envolvidos no experimento foram considerados no resultado global da avaliação da usabilidade. A última etapa do método ***M2^ALL*** foca exatamente na observação da experiência de uso da solução pelo seu público alvo.

7.2 PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO ADOTADO

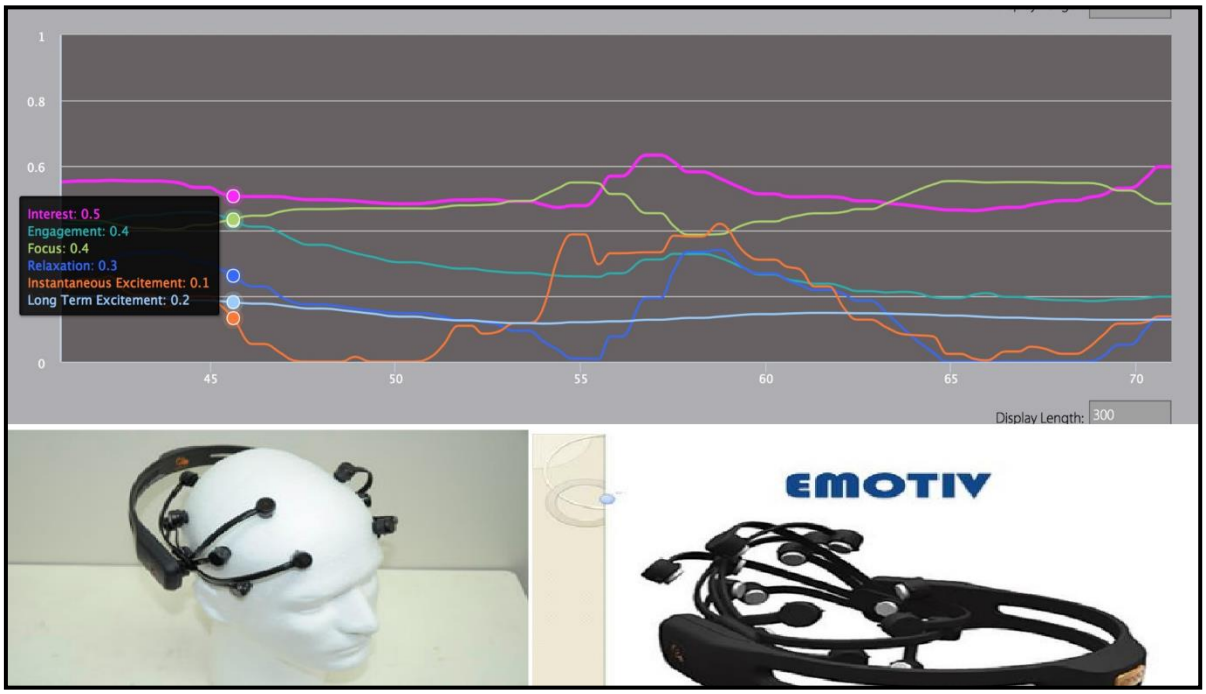
Para a realização da avaliação da usabilidade no ambiente multimodal foi estabelecido um conjunto de passos a serem seguidos de modo padronizado, fornecendo as mesmas condições de interação para todos os participantes, independentemente da natureza de sua necessidade especial.

O processo avaliativo teve início com a apresentação do termo de consentimento livre e esclarecido ***(TCLE)***, ***Apêndice 01***, no qual o participante confirmou que tomou ciência da sequência de atividades que iria se desenvolver e de ser sua livre escolha interromper a qualquer momento a sua participação na avaliação. Na sequência, o participante respondeu a um ***questionário*** que detectou os seus hábitos no uso de tecnologia da informação e conheceu a sua experiência no acesso a ambientes virtuais de aprendizagem, conforme ***Apêndice 02***.

Em seguida o aluno foi convidado a participar do uso e realizar a calibração da interface cerebral ***(Emotiv EPOC +), Figura 7.1,*** responsável pela captação dos estados emocionais do participante durante todo o desenvolvimento do experimento em *desktop* Apple. Em seguida, o ambiente computacional multimodal foi ativado e o aluno foi convidado a realizar uma primeira aula no ambiente Openredu utilizando como interface de interação o teclado e o *mouse* (**figuras 7.2** e **7.3**). Após essa primeira etapa o participante foi apresentado às ***novas interfaces*** e a sua condição de uso simultâneo por meio dos recursos de multimodalidade, recebendo um ***treinamento*** (**Figura 7.6)** para esse novo ambiente multi-interativo. Na sequência, o aluno foi desafiado a fazer uso de pelo menos 2 (duas) novas interfaces à sua escolha, sem fazer uso de teclado ou do *mouse*, para executar uma segunda aula (**figuras 7.4** e **7.5**) de teor semelhante à primeira no ambiente EaD.

No final do experimento, o participante respondeu a um conjunto de questionários sobre sua percepção de usabilidade e satisfação no uso do novo recurso, ***Apêndice 03*** e ***Apêndice 04 (Pesquisador)***, e após essas ações o experimento foi finalizado. Durante a execução do experimento, a eficácia, eficiência e satisfação foram devidamente medidas por meio de instrumentos e aplicativos para a realização, a *posteriori*, da análise do comportamento indivídual e de grupo.

Figura 7.1-Interface Cerebral Emotiv Epoc + com Medições de Estados Emocionais



Fonte: EmotivEpoc (2017)

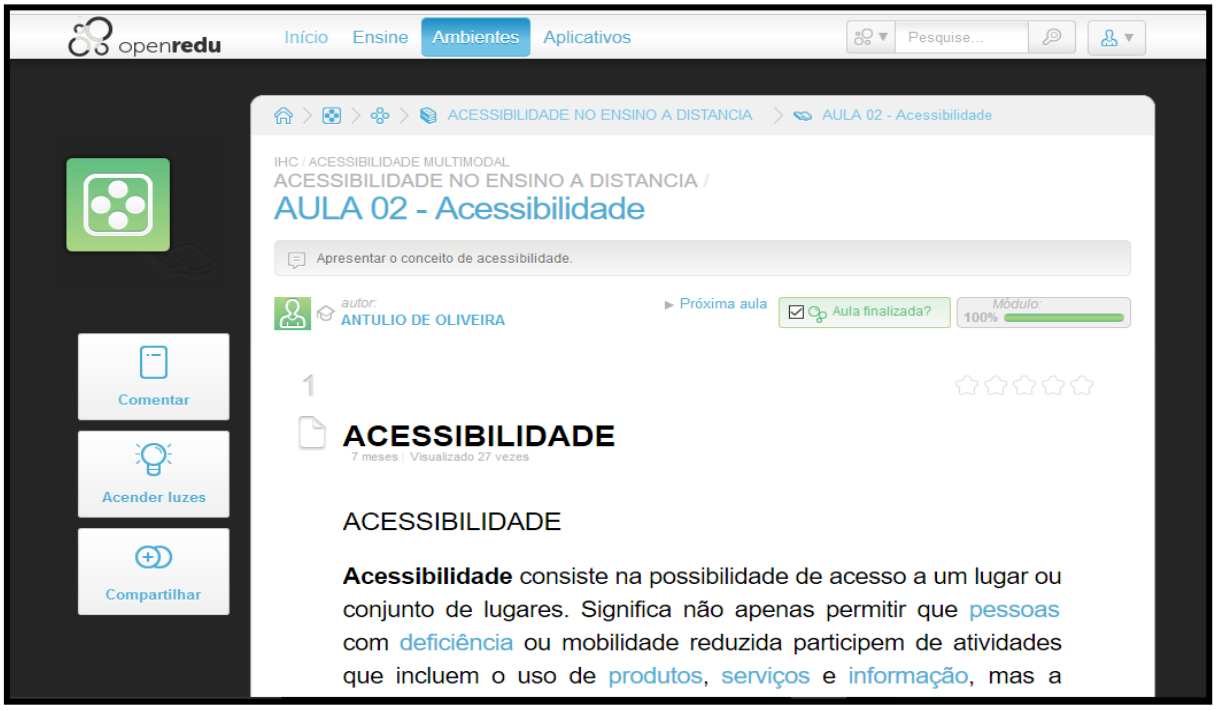
Figura 7.2– Primeira Aula no Openredu (Parte 01) – Texto Didático sobre Multimodalidade

Fonte : Openredu (2017)

Figura 7.3– Primeira Aula no Openredu (Parte 02) – Filme Assistivo sobre Interface Multimodal

Fonte : Openredu (2017)

Figura 7.4– Segunda Aula no Openredu (Parte 01) – Texto Didático sobre Acessibilidade



Fonte: Openredu (2017)

Figura 7.5– Segunda Aula no Openredu (Parte 02) – Filme assisivo sobre Acessibilidade Física

Fonte: Openredu (2017)

Figura 7.6– Pesquisador realizando Treinamento com Aluno Deficiente em Novas Interfaces Interativas no Ambiente Multimodal

Fonte: Elaborada pelo Autor (2017)

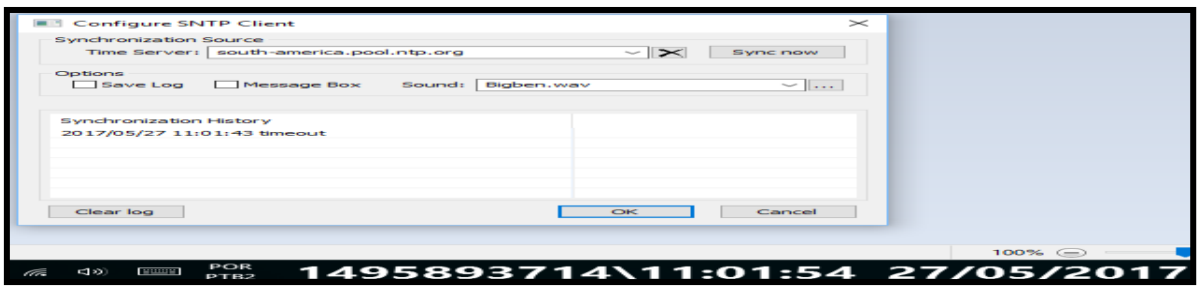
EFICÁCIA

Para o experimento realizado a eficácia foi medida por meio da condição de completude das tarefas solicitadas ao usuário para realização da aula no ambiente EaD que utilizou a interface tradicional e a realização da aula seguinte utilizando o ambiente multimodal.

Esta informação foi obtida por meio de fontes distintas de informação das quais uma delas foi o formulário do avaliador, ***Apêndice 04***, com campos específicos que documentaram a completude das tarefas propostas. Outra fonte sobre a eficácia foi o registro efetuados pelas filmagens realizadas durante a execução das tarefas gravando todas as sequências de navegação e as interações de cada participante no ambiente computacional.

As informações de todos os intrumentos avaliativos presentes na máquina foram sincronizadas com o mesmo referencial de tempo (***Figura 7.7***), utilizando o aplicativo *Tclock Redux* (TCLOCK 64, 2017). Sempre que há a necessidade de se gravar uma tela do usuário é preciso incluir um marcador de tempo com precisão adequada (geralmente segundos ou milissegundos). Os relógios das interfaces da maioria dos sistemas operacionais são relativamente pobres em recursos para escolha de fontes, formato de data e hora, precisão e outros recursos. O relógio escolhido para ser apresentado na tela permite gravar o periodo junto com o vídeo que registra as interações do usuário. O formato escolhido foi o posix / unix que é uma base de tempo descrita pelo número de segundos que transcorrem desde a "***unix epoch data*: 1970-01-01 00:00:00**", possibilitando uma maior precisão na observação da execução de um evento interativo.Foi utilizado como servidor de tempo de referência para base de sincronização o NTP-POOL para América do Sul (NTP-POOL, 2017), por meio do uso de protocolo *Simple Network Time Protocol* (SNTP).

Figura 7.7– Exemplo de Uso de Base de Tempo Comum entre as Máquinas Utilizadas para Registro da Usabilidade



Fonte: Elaborada pelo Autor (2017)

EFICIÊNCIA

Representou o desempenho comparativo de cada aluno com relação à execução da aula diante do uso do teclado e *mouse* em relação à execução da aula semelhante utilizando as novas interfaces e sua condição multimodal de interação. Para isso, um aplicativo para o registros de comandos de *mouse* e teclado e dos movimentos realizados no espaço informacional foi utilizado. O *Basic Key Logger* (FIMBELL, 2011) registrou toda a sequência de ações do usuário durante a execução das atividades propostas por meio de *Log* de acompanhamento (TSCHINKEL et al., 2011).

SATISFAÇÃO DE USO (FORMULÁRIOS SUS, PEU E PU - COMPORTAMENTO EMOCIONAL E DEPOIMENTOS EXPONTÂNEOS)

Para o registro da satisfação do usuário, a pesquisa utilizou um conjunto de instrumentos de verificação em forma de questionários específicos para a avaliação de uso de Tecnologias da Informação e que a literatura considera como sendo recursos adequados e eficientes para a captação e a tradução da satisfação do usuário diante do uso de novas soluções de produtos ou serviços de Tecnologia. O primeiro desses recursos utilizado foi o questionário denominado de **SUS** (*System Usability Scale*) que é um método criado por Brooke (1996), e é usado para avaliar produtos, serviços, hardware, software, websites, aplicações e qualquer outro tipo de interface. Foi também considerado como instrumento avaliativo as recumendações do pesquisador e Professor da Universidade de Michigan, Fred D. Davis por meio de seu clássico trabalho (DAVIS, 1989) que apresenta dois questionários para avaliar a percepção de uso (**PU**) e a percepção da facilidade de uso (**PEOU**) e que podem identificar o quanto o usuário assimilou a usabilidade do produto/serviço durante a avaliação (LUNA et al., 2017). Além desses instrumentos tradicionais de avaliação de usabilidade de novas tecnologias, a pesquisa utilizou também um instrumento mais atual para captação da percepção da satisfação de uso dos avaliados. Durante a execução de cada seção do experimento foram realizadas medições dos estados emocionais dos estudantes para confrontar com as avaliações obtidas nos questionários, cujos recursos avaliativos emocionais têm sido amplamente explorados em diversos trabalhos que fizeram uso do equipamento *Emotiv EPOC+* com essa finalidade (GONZALEZ-SANCHEZ, 2011; MAMPUSTI 2011; PHAM e TRAN,, 2012; GOLDBERG, BRAWNER e HOLDEN, 2012; ANDUJAR et al., 2017). Além dos resultados obtidos por meio dos recursos tecnológicos, também foram considerados os registros dos depoimentos

expontâneos realizados pelos alunos em forma de texto, os quais expressaram a sua experiência no uso do novo ambiente multimodal e que foram obtidos por meio do registro dos comentários presentes na plataforma *Openredu* (Figura 7.8).

Figura 7.8– Comentários Espontâneos dos Alunos durante Realização das Aulas

Fonte: Openredu (2017)

7.3 A PESQUISA E SEUS RESULTADOS

Neste seção são apresentados os participantes da pesquisa, seu perfil e os resultados obtidos com a avaliação de usabilidade aplicada .

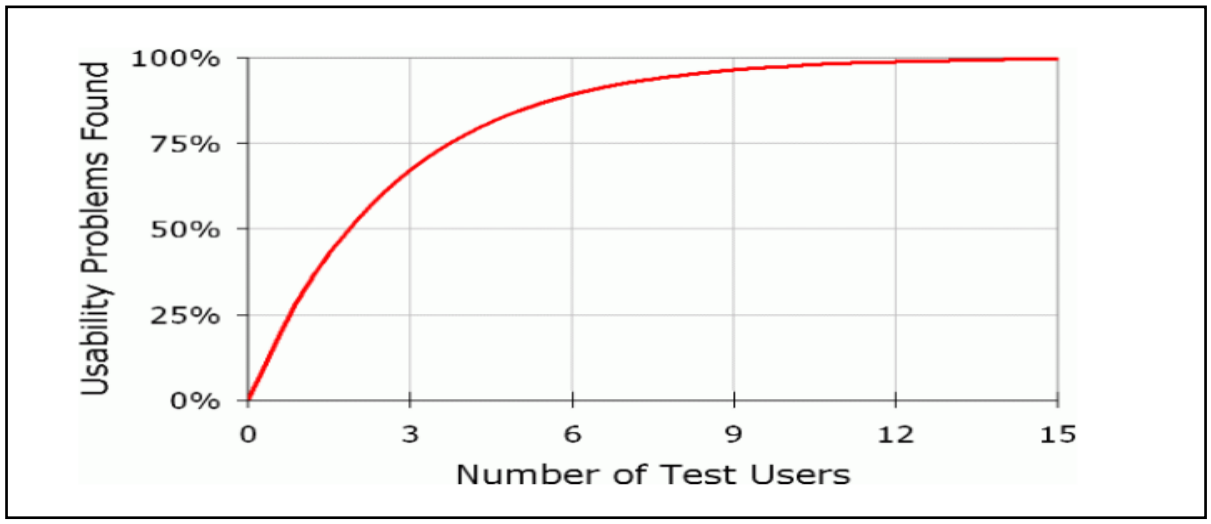
PARTICIPANTES

Em um estudo recente de Brant-Ribeiro e Cattelan (2015) é descrito que o tamanho ótimo para uma amostra de alunos para um estudo de análise de desempenho de estudantes em ambientes educacionais ubíquos (pervasivo, multimodal, entre outros) é de 20 (vinte) alunos que já fazem uso de tecnologias da informação, portanto, uma amostra de 20 alunos para o estudo proposto se apresenta adequada ao propósito e natureza desse tipo de estudo.

O total de alunos assistidos pelo Núcleo de Acessibilidade da Faculdade Guararapes (NAG), no segundo semestre de 2016, foi de 20 (vinte) alunos o que coincide com a amostra sugerida pelo estudo citado acima de natureza semelhante.

A participação dos alunos atendidos pelo NAG no estudo foi espontânea, devidamente registrada por meio da assinatura do documento TCLE (Termo de Concentimento Livre e Esclarecido) e atingiu um total de 15 (quinze) alunos participantes, representando aproximadamente 80% da amostra inicialmente prevista. No entanto, segundo os estudos empíricos de Nielsen (2O17), para estudos de usabilidade, um total de 15 usuários avaliados durante uma pesquisa tem a tendência de identificar 100% dos problemas de usabilidade encontrados em um produto/serviço, conforme apresentado na Figura 7.9.

Figura 7.9- Cobertura de Problemas de Usabilidade x Total de Usuários Testados conforme Trabalho Original de Nielsen (2000)



Fonte: Nielsen (2000)

Portanto, a cobertura da amostra de alunos alcançada neste estudo encontra-se dentro de uma proporcionalidade teórica esperada e por conseguinte espera-se que os seus resultados se apresentem significativos para a fundamentação e a confirmação de suas hipóteses.

No estudo realizado, todas as naturezas de deficiência foram cobertas com pelo menos 2(dois) alunos participantes por natureza (figuras 7.10, 7.11, 7.12 e 7.13), exceto para pessoas cegas que no período de sua realização não existiam representantes entre os alunos assistidos pelo NAG. A cobertura obteve representação em ambos os sexos e com alunos de cursos superiores de áreas distintas e com faixas etárias diferenciadas, conforme pode ser constatado nas informações descritas na Tabela 7.1.

Tabela 7-1- Perfil Demográfico dos Alunos Participantes da Pesquisa de Usabilidade

Perfil Demográfico dos Alunos Participantes da Pesquisa de Usabilidade

PERFIL DOS ALUNOS PESQUISADOS

	NATUREZA	SEXO	FAIXA ETARIA	CURSO
Aluno 01	S.down	M	18-25 Anos	E.fisica
Aluno 02	D.atenção	F	18-25 Anos	Pedagogia
Aluno 03	S.down	M	26-45 Anos	E.fisica
Aluno 04	D.atenção	M	18-25 Anos	Pedagogia
Aluno 05	Surdez	F	18-25 Anos	Estetica
Aluno 06	B.visão	F	18-25 Anos	Pedagogia
Aluno 07	D.atenção	F	18-25 Anos	Psicologia
Aluno 08	B.visão	M	26-45 Anos	Psicologia
Aluno 09	D.atenção	F	18-25 Anos	Nutrição
Aluno 10	D.atenção	F	18-25 Anos	Enfermagem
Aluno 11	D.motor	M	18-25 Anos	C.computação
Aluno 12	B.visão	F	46-60 Anos	Psicologia
Aluno 13	Surdez	F	26-45 Anos	Serviço social
Aluno 14	Surdez	M	26-45 Anos	Direito
Aluno 15	D.motor	F	26-45 Anos	Pedagogia

MASCULINO	40,00 %
FEMININO	60,00 %
	100,00 %

D.ATENÇÃO	33,33 %
B.VISÃO	20,00 %
SURDEZ	20,00 %
S.DOWN	13,33 %
D.MOTOR	13,33 %
	100,00 %

D.ATENÇÃO	33,33 %
B.VISÃO	20,00 %
SURDEZ	20,00 %
S.DOWN	13,33 %
D.MOTOR	13,33 %
	100,00 %

Pedagogia	26,67 %
Psicologia	20,00 %
E.fisica	13,33 %
Estetica	6,67 %
Nutrição	6,67 %
Enfermagem	6,67 %
C.computação	6,67 %
Serviço social	6,67 %
Direito	6,67 %
	100,00 %

Fonte: Elaborada pelo Autor (2017)

A participação do sexo feminino representou a maioria dos alunos participantes com (60%), e a faixa etária com predominância foi a faixa de alunos jovens entre 18-25 anos (60%) e os cursos que tiveram maior participação foram o de Pedagogia (26,67%) seguido do curso de Psicologia (20,00%). O grupo de deficiência que teve maior participação foram dos

alunos com Deficit de Atenção (33,3%), enquanto os de menor proporção (13,33%) foram os grupos de Sindrome de Down e Deficiência Motora.

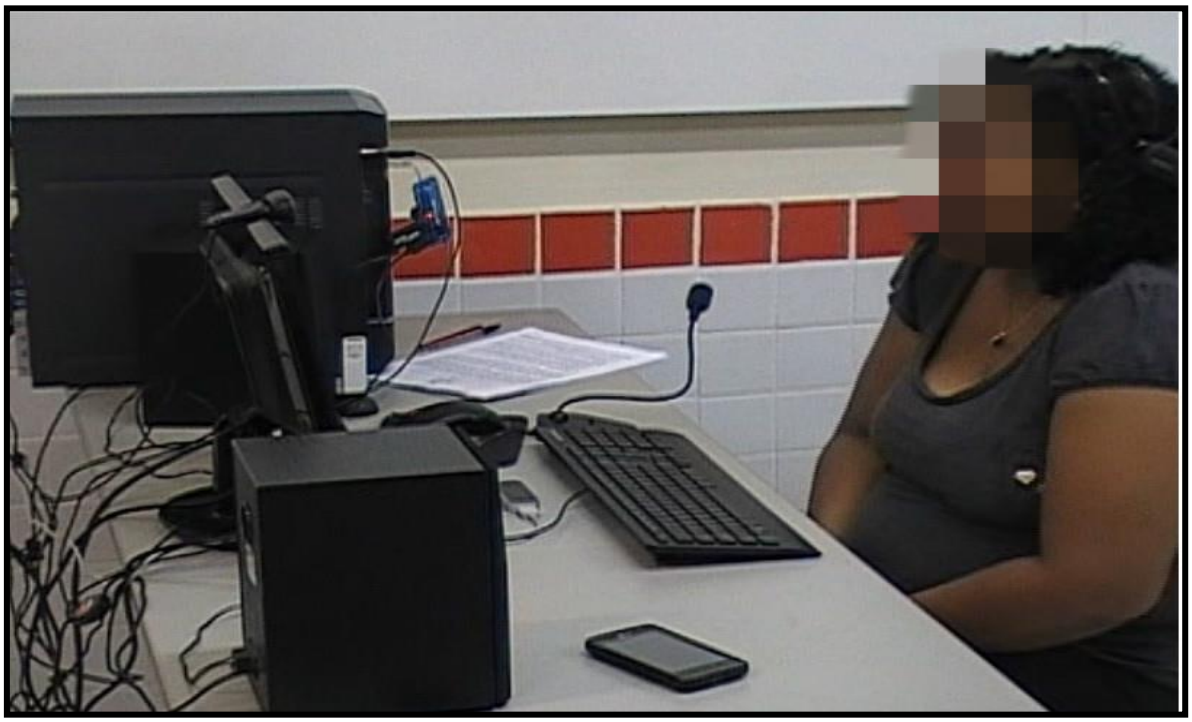
Figura 7.10- Aluno Deficiente Motor realizando o Experimento

Fonte: Elaborada pelo Autor (2017)

Figura 7.11- Aluna com Déficit de Atenção realizando o Experimento com Touch

Fonte: Elaborada pelo Autor (2017)

Figura 7.12- Aluna com Baixa visão realizando o Experimento utilizando Interface de Voz



Fonte: Elaborada pelo Autor (2017)

Figura 7.13- Aluno Deficiente Auditivo realizando o Experimento utilizando Interface de Gestos

Fonte: Elaborada pelo Autor (2017)

RESULTADOS DA AVALIAÇÃO

O experimento ocorreu no período de 23/11/2016 a 16/12/2016 nas instalações do Núcleo de Acessibilidade da Faculdade Guararapes (NAG), em um espaço exclusivo e apropriado para sua execução. Os pesquisadores contaram com o suporte de uma profissional com formação em Psicologia e outra em Psicopedagogia, além do apoio dos Assistentes de Cursos que acompanharam os alunos em cada uma das sessões avaliativas. Na sequência do estudo, após a realização do levantamento de campo, os pesquisadores realizaram a organização dos dados brutos, os ajustes e as correções necessárias e executaram a análise de todos os dados observados obtendo os resultados da avaliação de usabilidade e suas conclusões.

Eficácia/ Eficiência

O resultado obtido a partir dos dados observados durante o experimento encontra-se descrito na Tabela 7.2 e revela que 87% dos alunos conseguiram realizar totalmente as duas etapas previstas no experimento e que apenas 13% não realizaram a segunda fase por solicitação a não faze-la. O fato que chamou a atenção desse resultado foi que os alunos que não completaram as duas etapas pertencem a uma mesma natureza de deficiência que é Síndrome de Down. Eles apesar de não realizarem a segunda etapa, participaram da fase de treinamento e expontaneamente responderam aos questionários finais de avaliação. A eficiência total do experimento atingiu o valor de 87% do total esperado, ou seja de um total de 15 alunos, 13 alunos conseguiram realizar todas as atividades planejadas, revelando que o recurso avaliado se mostrou eficaz.

Tabela 7-2-avaliação dos Logs do aplicativo Basic Key Logger (FIMBELL,2011)

PESQUISA ACESSIBILIDADE MULTIMODAL (EFICÁCIA / EFICIÊNCIA)

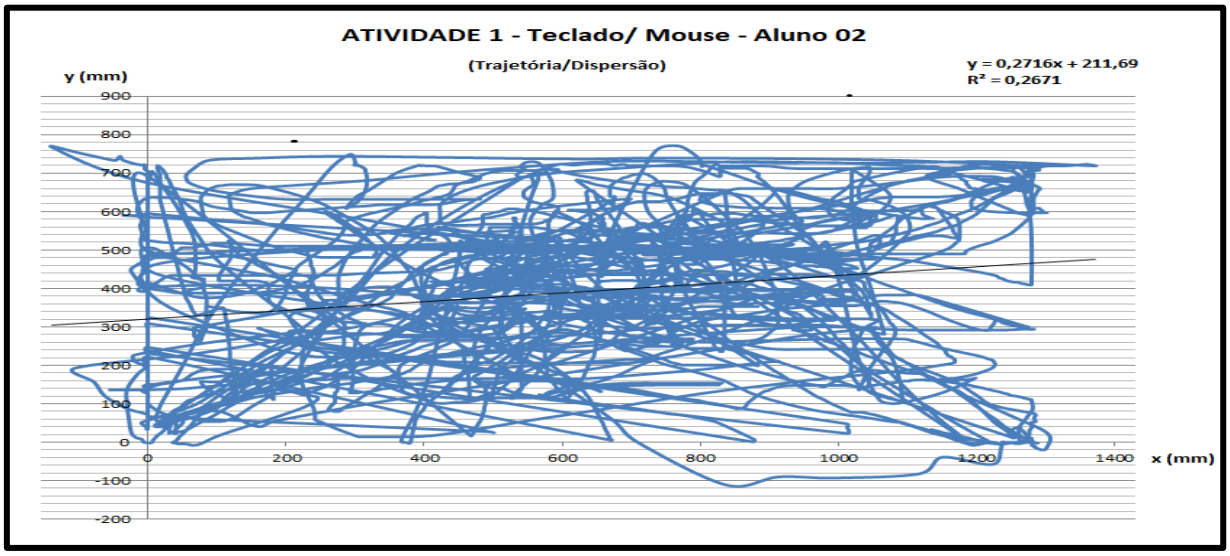
PESSOA	NATUREZA DEFICIÊNCIA	TAREFA 01 (TECLADO/MOUSE)				TAREFA 02 (MULTIMODAL)				VARIAÇÃO (ATIVIDADE 2/ATIVIDADE 1)			
		Tempo Total (min)	Dispersão (R2)	% Eventos Teclado	%Eventos Mouse	Tempo Total (min)	Dispersão (R2)	% Eventos Teclado	%Eventos Mouse	Tempo Total (min)	Dispersão (R2)	% Eventos Teclado	%Eventos Mouse
Aluno 01	S.DOWN	19,2	0,2319	57,22	42,78	X	X	X	X	X	X	X	X
Aluno 03		36,46	0,0309	42,25	57,75	X	X	X	X	X	X	X	X
		27,83	**0,1314**	**49,735**	**50,265**					**0**	**0**	**0**	**0**
Aluno 02	D.ATENÇÃO	10,33	0,2671	71,5	28,5	9,76	0,0016	9,38	90,63	0,94482	0,0059903	0,1311888	3,18000000
Aluno 04		8,79	0,0657	30,42	69,58	10,97	0,0316	4,72	95,28	1,24801	0,4809741	0,1551611	1,36935901
Aluno 07		11,26	0,1628	66,17	33,83	14,42	0,0024	13,01	86,99	1,28064	0,014742	0,1966148	2,57138634
Aluno 09		10,59	0,0535	40,72	59,28	15,01	0,0252	4,5	95,5	1,41737	0,471028	0,1105108	1,61099865
Aluno 10		14,5	0,0964	43,27	56,73	8,97	0,008	28,81	71,19	0,61862	0,0829876	0,6658193	1,25489159
										0,31	**0,02**	**0,16**	**0,89**
Aluno 06	B.VISÃO	22,28	0,0117	51,24	48,76	24,48	0,0005	9,38	90,62	1,09874	0,042735	0,1830601	1,85849057
Aluno 08		24,89	0,1326	55,51	44,49	13,23	0,0306	43,77	56,23	0,53154	0,2307692	0,7885066	1,26387952
Aluno 12		15,18	0,0249	46,09	53,91	18,6	0,007	16,32	83,68	1,2253	0,2811245	0,3540898	1,55221666
										0,77	**0,11**	**0,18**	**1,14**
Aluno 05	SURDEZ	16,4	0,0512	4,24	95,76	12,44	0,0284	11,53	88,46	0,75854	0,5546875	2,7193396	0,92376775
Aluno 13		12,39	0,1346	75,7	24,3	21,18	0,0137	0,5	99,5	1,70944	0,1017831	0,006605	4,09465021
Aluno 14		16,29	0,2175	76,96	23,04	6,51	0,155	69,77	30,23	0,39963	0,7126437	0,9065748	1,31206597
										0,39	**0,42**	**1,21**	**0,75**
Aluno 11	D.MOTOR	7,06	0,2186	11,74	88,26	8,05	0,096	16,88	83,12	1,14023	0,4391583	1,4378194	0,94176297
Aluno 15		18,74	0,2759	72,21	27,79	32,55	0,0014	38,86	61,74	1,73693	0,0050743	0,5381526	2,22166247
										1,44	**0,22**	**0,99**	**1,58**
MÉDIA GERAL	----------	**16,29**	**0,13**	**49,68**	**50,32**	**12,59**	**0,03**	**17,58**	**74,73**	**0,95**	**0,26**	**0,59**	**1,69**

Fonte: Elaborada pelo autor (2017)

Com relação à eficiência do recurso experimentado, o tempo médio relativo entre as duas atividades mostrou que a segunda atividade (acesso multimodal) se apresentou 5% mais rápida que a primeira atividade (acesso teclado/mouse) e que apenas no grupo de Deficientes Motores esse tempo se apresentou superior em 44%. Com relação à dispersão espacial de movimentos sobre a superficie da tela, a segunda atividade mostrou que as suas ações exigiram 78% menos esforço em relação à primeira atividade (teclado/mouse) (figuras 7.14 e 7.15). As ações realizadas com as novas interfaces são convertidas pelo sistema operacional em ações com equivalência para ações do teclado e/ou do *mouse*, cuja condição permitiu a realização da comparação desses esforços. O uso da segunda atividade revelou que ocorreu um crescimento significativo de ações que se transformam em ações de *mouse* (69%) e que houve um descréscimo no uso de ações referentes ao teclado (-41%). Esse fato revela uma significativa melhoria do processo interativo, uma vez que as ações realizadas por meio de comandos do teclado apresentam um desempenho mais baixo que as ações realizadas com o uso do *mouse*.

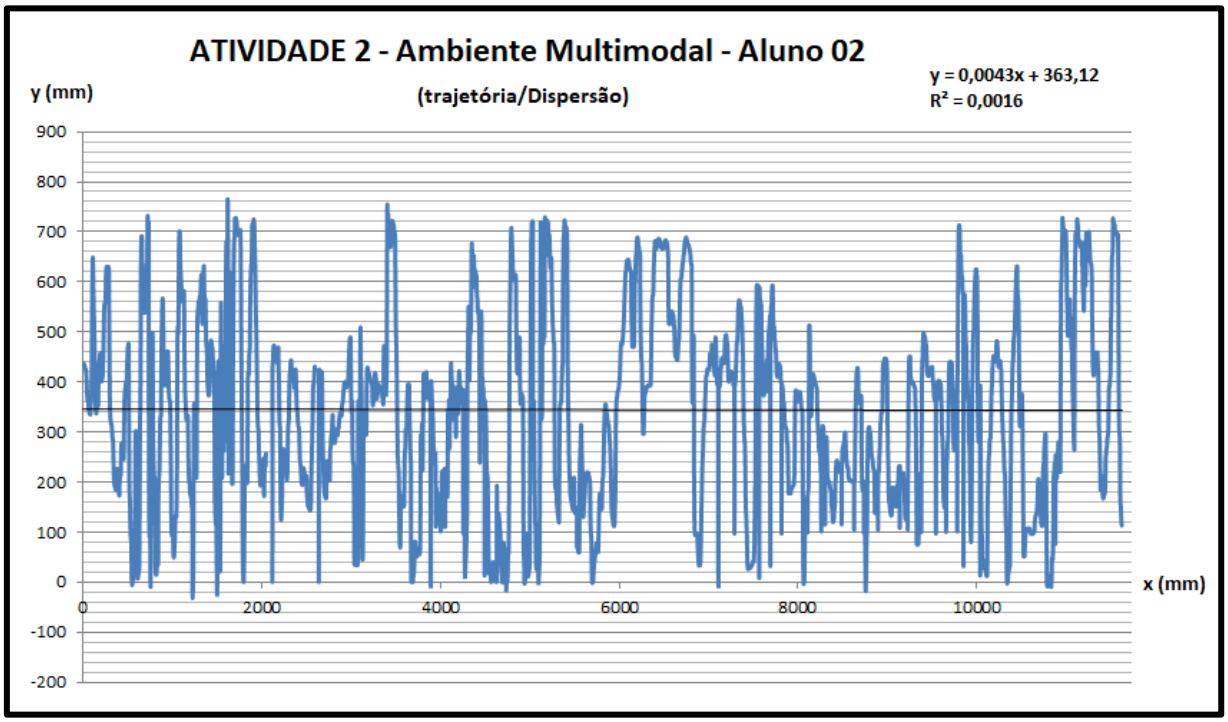
De uma maneira ampla o resultado obtido no experimento revela que a segunda atividade (multimodal) apresentou um resultado mais efetivo que o tradicional uso do teclado/*mouse*, dsetacando o fato de que mesmo os alunos avaliados não tiveram contato anterior com o uso de ambiente multimodal, a partir de um rápido treinamento eles apresentaram uma boa adaptação e resposta no uso desse novo ambiente.

Figura 7.14- Trajetória/Dispersão no Uso do Teclado/*Mouse* - *ALUNO 02*



Fonte: Elaborada pelo Autor (2017)

Figura 7.15- Trajetória/Dispersão no Uso do Ambiente Multimodal ALUNO 02



Fonte: Elaborada pelo Autor (2017)

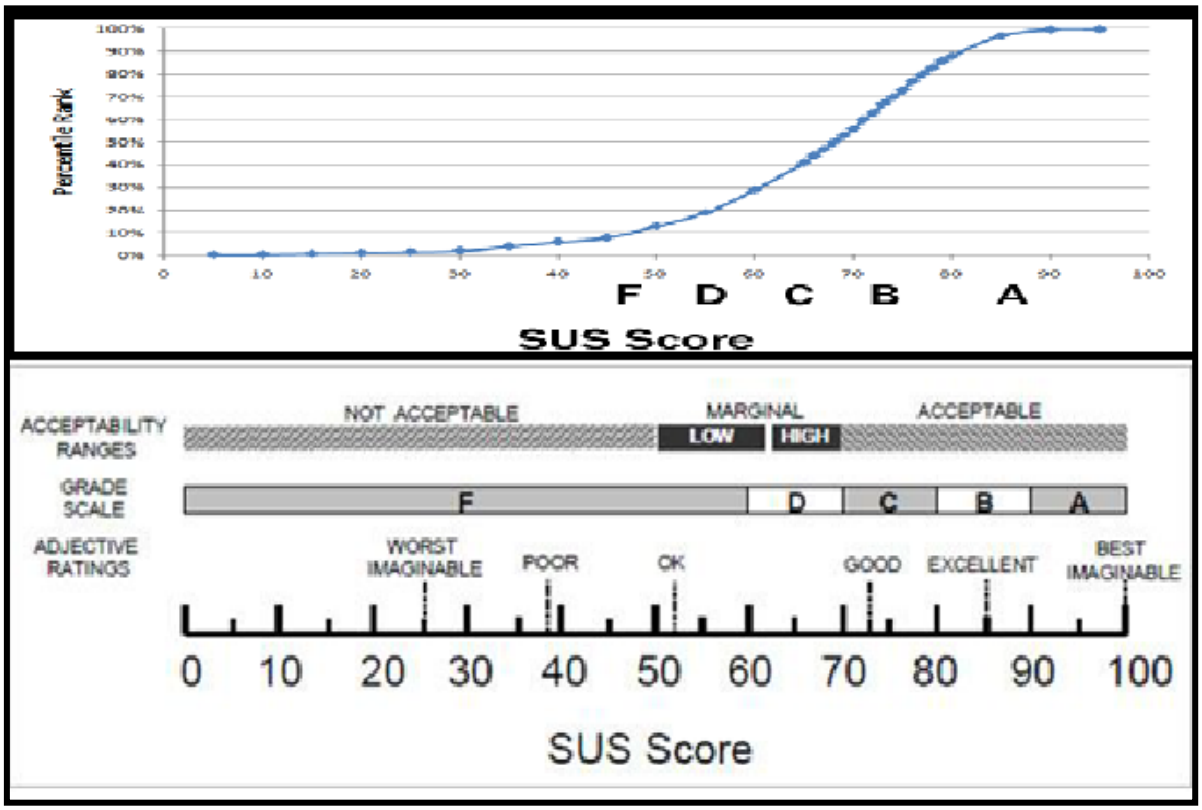
Satisfação

A satisfação no uso da solução experimentada foi medida utilizando-se 5 (cinco) naturezas distintas de observação. As 3(três) primeiras se referiram ao resultado da aplicação de questionários com respostas pontuadas sobre uso, satisfação e intensão de uso. A quarta natureza se referiu às observações dos estados emocionais dos alunos durante a realização da primeira e segunda fases e, por fim, a avaliação do conteúdo das declarações espontâneas escritas pelos alunos durante a realização das aulas na paltaforma de EaD Openredu.

Questionário SUS

O resultado da contagem da pontuação dos questionários SUS refere-se à primeira natureza de observação da satisfação do usuário. Ele foi entregue aos participantes após a realização do experimento e possui uma escala de valor que revela o grau de usabilidade identificado pelos respondentes conforme apresentado na Figura 7.16 (BROOKE, 2013).

Figura 7.16- Classificação da Escala SUS segundo John Brooke



Fonte: Brooke (2013).

O resultado alcançado pelo experimento encontra-se descrito na Tabela 7.3. Conforme a classificação de Brooke (2013), o resultado geral da avaliação alcançou um valor médio de 70,17 pontos, considerada nessa escala como uma usabilidade aceitável de classificação tipo C - GOOD. Nesse instrumento avaliativo 20% dos alunos - total de 3 alunos - um do grupo de Síndrome de Down, um do grupo de Baixa Visão e um do grupo de Surdez consideraram em suas respostas que o ambiente multimodal experimentado não era aceitável, classificando essa experiência de uso com o nível F. No entanto, esses mesmos alunos ao responderem outros questionários com propósito semelhante consideraram que a usabilidade era adequada. Porém, 80% dos alunos (total de 12 alunos) consideraram a usabilidade conforme a classificação SUS como aceitável e dentro desse grupo concordante, 27% considerou a usabilidade de Excelente (B) para Top (A). Portanto, segundo os critérios de medição do SUS, a usabilidade do ambiente multimodal apresentado foi considerada como adequada pela maioria dos participantes do experimento.

Tabela 7-3-Pontuação do Questionário SUS obtida na avaliação segundo resposta dos participantes

AVALIAÇÃO DE USABILIDADE - QUESTIONÁRIO SUS

	VALOR	CLASSE	NATUREZA
Aluno 01	92,50	A	
Aluno 02	60,00	D	
Aluno 03	52,50	F	S. DOWN
Aluno 04	75,00	C	
Aluno 05	77,50	C	
Aluno 06	52,50	F	B. VISÃO
Aluno 07	62,50	D	
Aluno 08	67,50	D	
Aluno 09	70,00	C	
Aluno 10	72,50	C	
Aluno 11	85,00	B	
Aluno 12	82,50	B	
Aluno 13	62,50	D	
Aluno 14	50,00	F	SURDEZ
Aluno 15	90,00	A	
Média geral	**70,17**	**Usabilidade aceitável** C - GOOD	

Fonte: Elaborada pelo Autor (2017)

Questionário PU - Usabilidade Percebida

Segundo Davis (1989), a usabilidade percebida é a constatação pelo usuário de que uma determinada ferramenta ou recurso apresenta potencial de ser usada por ele para realizar uma tarefa considerada importante. Davis (1989) sugere a aplicação de um questionário com frases afirmativas sobre o quanto a solução experimentada por ele poderá ser útil caso esse usuário passe a fazer uso dela em seu dia a dia. No experimento realizado as afirmações propostas por Davis (1989) foram adaptadas ao contexto da multimodalidade e foram aplicadas por meio de um questionário direcionado aos usuários após a realização do experimento de multimodalidade. O resultado alcançado é apresentado na Tabela 7.4. Esse recurso representa a segunda natureza da observação para identificação da satisfação do usuário.

Tabela 7-4-Percepção de Uso Pontuada pelos Participantes na Avaliação

PU - Questionário de Percepção de Uso

	VALOR	NATUREZA
Aluno 01	73,81	S.DOWN
Aluno 02	80,95	D.ATENÇÃO
Aluno 03	57,14	S.DOWN
Aluno 04	95,24	D.ATENÇÃO
Aluno 05	85,71	SURDEZ
Aluno 06	90,48	B.VISÃO
Aluno 07	78,57	D.ATENÇÃO
Aluno 08	92,86	B.VISÃO
Aluno 09	90,48	D.ATENÇÃO
Aluno 10	100,00	D.ATENÇÃO
Aluno 11	97,62	D.MOTOR
Aluno 12	95,24	B.VISÃO
Aluno 13	71,43	SURDEZ
Aluno 14	78,57	SURDEZ
Aluno 15	97,62	D.MOTOR
Média geral	**85,71**	**Concordância com percepção da usabilidade**

Fonte: Elaborada pelo Autor (2017)

Conforme os dados apresentados na Tabela 7.4 o grau médio de concordância dos entrevistados com as afirmações apresentadas no questionário PU foi de 85,71 %. Esse resultado revela que em cada 10 afirmações sobre a percepção de usabilidade referente à multimodalidade, aproximadamente 9 tiveram a concordância de cada aluno, o que demonstra que a utilidade da multimodalidade foi percebida pelos participantes durante o experimento e por consequência a sua usabilidade foi considerada como existente pelos entrevistados.

Questionário PEOU - Facilidade de Uso Percebida

A terceira natureza de observação da satisfação de uso é descrita pelo resultado da aplicação do questionário referente à percepção da facilidade de uso. Davis (1989) recomendou a utilização de um questionário complementar ao anterior que apresenta um conjunto de afirmações para identificar o grau de concordância do entrevistado com relação a sua percepção da facilidade de uso da solução testada por ele. Esse questionário foi adaptado para identificação da facilidade de uso da multimodalidade pelos participantes durante o experimento. A Tabela 7.5 apresenta o grau médio de concordância dos alunos com as

afirmações apresentadas no questionário PEOU de 85,24%. Esse resultado também revelou a percepção da facilidade de uso da solução pelas pessoas com necessidades especiais que fizeram uso da multimodalidade. Nesse item, de cada 10 afirmações, 8 tiveram a concordância dos alunos entrevistados.

Tabela 7-5-Grau de Concordância com a Facilidade de Uso da Solução

PEOU -QUESTIONÁRIO DA PERCEPÇÃO DA FACILIDADE DE USO

	VALOR	NATUREZA
Aluno 01	97,62	S.DOWN
Aluno 02	59,52	D.ATENÇÃO
Aluno 03	57,14	S.DOWN
Aluno 04	100,00	D.ATENÇÃO
Aluno 05	97,62	SURDEZ
Aluno 06	83,33	B.VISÃO
Aluno 07	71,43	D.ATENÇÃO
Aluno 08	95,24	B.VISÃO
Aluno 09	85,71	D.ATENÇÃO
Aluno 10	83,33	D.ATENÇÃO
Aluno 11	97,62	D.MOTOR
Aluno 12	100,00	B.VISÃO
Aluno 13	83,33	SURDEZ
Aluno 14	71,43	SURDEZ
Aluno 15	95,24	D.MOTOR
Média geral	**85,24**	**Concordância com facilidade de uso percebida**

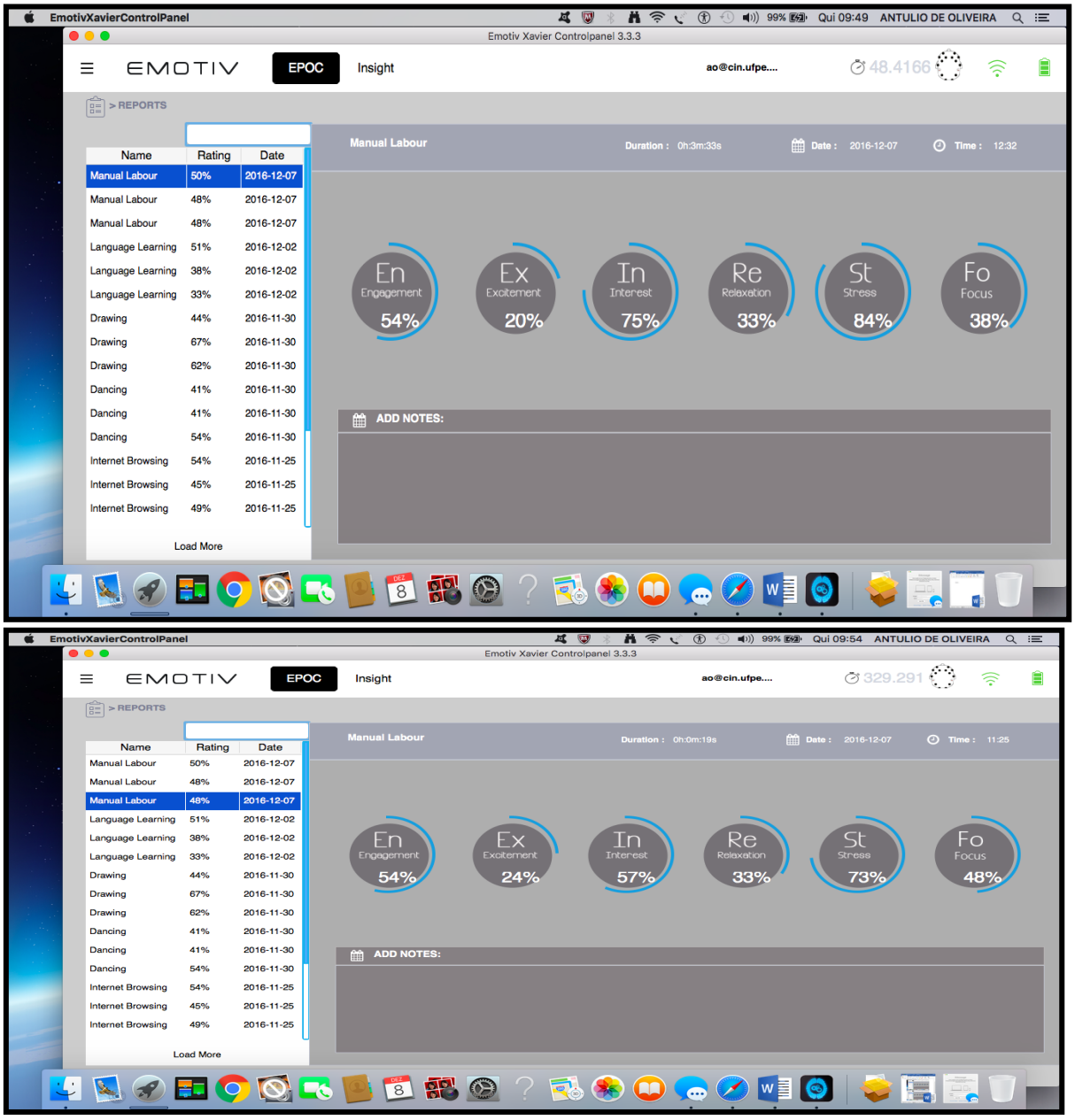
Fonte: Elaborada pelo Autor (2017)

Estados Emocionais Observados

O Estado emocional dos alunos durante a execução da experiência representou a quarta natureza de observação para a identificação da satisfação de uso. Esse indicador representou um novo recurso que amplia a descrição da satisfação de uso do participante diante da realização de uma experiência de uso. A pesquisa procurou avaliar os níveis dos estados emocionais dos alunos por meio de um instrumento de interface cerebral e das suas medidas que observam o comportamento dos sinais de suas ondas cerebrais. Os dados emocionais dos participantes foram obtidos a partir da interface cérebro-computador Emotiv Epoc (Epoc +, 2017). A Figura 7.17, apresenta um exemplo do resultado de medições obtidas a partir do aplicativo que controla o dispositivo. A medição é apresentada em escala gráfica

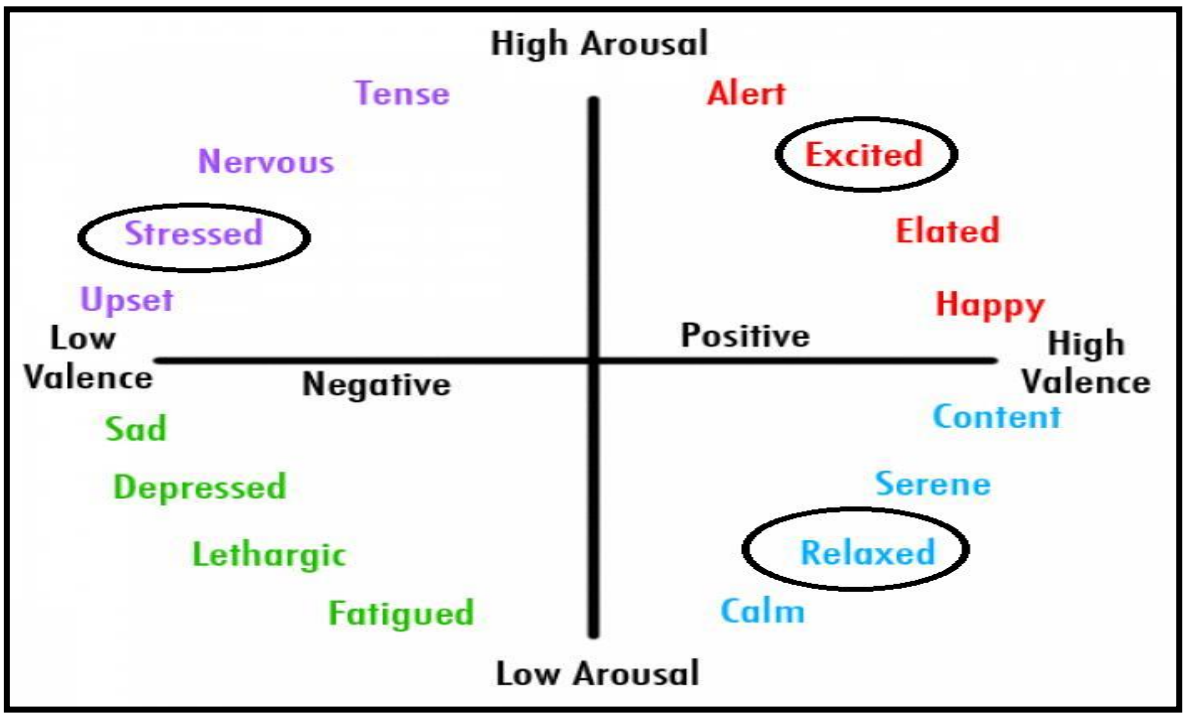
representando o percentual de cada indicador disposto no tempo relativo a cada natureza emocional. As tomadas de medidas ocorreram desde o início da realização do experimento até a sua conclusão. A interface cerebral Emotiv EPOC + é capaz de identificar e disponibilizar 6 (seis) tipos distintos de indicadores emocionais: EX - Nível de Excitação, RE - Nível de Relaxamento, ST - Nível de Estresse, IN - Nível de Interesse, FO - Nível de Foco e EN - Nível de Engajamento.

Figura 7.17 Exemplo de Medição de Estados Emocionais com o Emotiv EPOC +



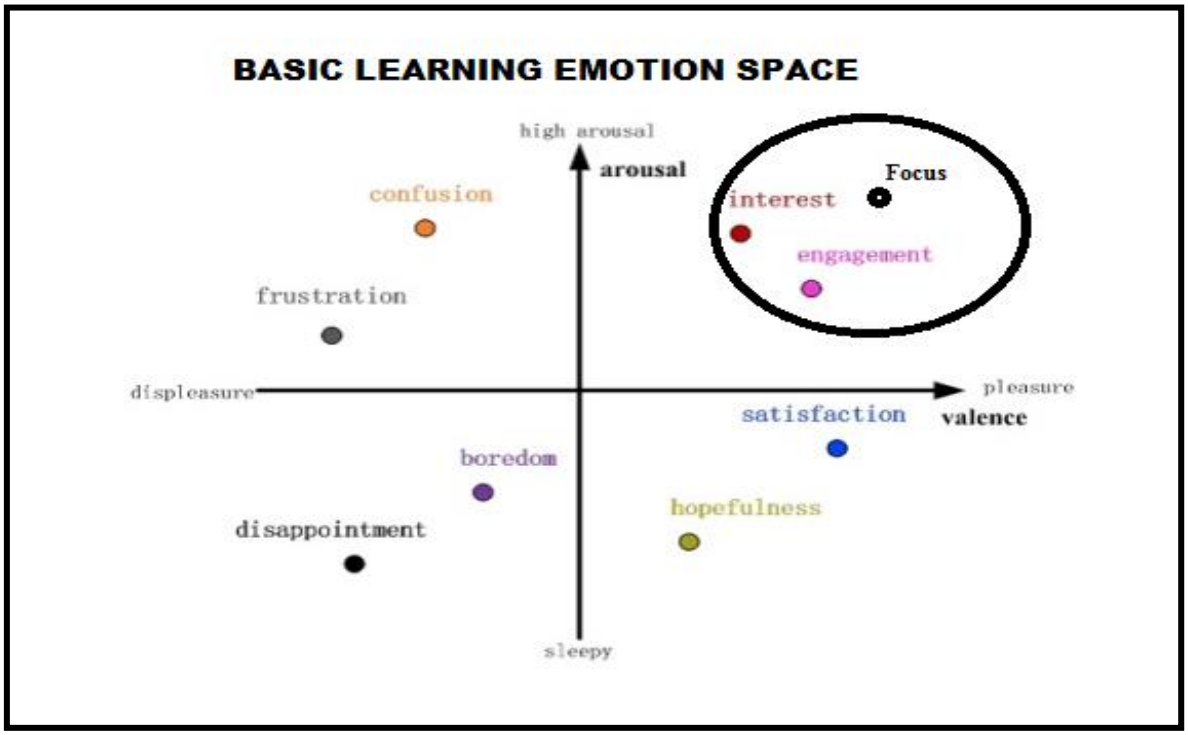
Fonte: Aplicativo Xavier Control Panel 3.3.3 (2017)

Figura 7.18- Modelo Arousal-Valence



Fonte: Russell e Pratt (1980)

Figura 7.19- Affective e-Learning Models para Ambiente de Aprendizagem e-learning



Fonte: Adaptada de Shen, Wang e Shen (2009)

O resultado das medições obtido entre o momento inicial e final para cada aluno encontram-se registrados na Figura 7.20 e Figura 7.21. Esta apresenta o simbolo "+" que significa que o nível da emoção avaliada se manteve igual ou superior ao encontrado durante o final do experimento. O simbolo "-" significa que houve declinio no valor do nível emocional ao final da avaliação. Para os alunos com Síndrome de Down que optaram não realizar a atividade 2 do experimento, foram consideradas as medidas obtidas na fase que antecedeu à atividade 2 que foi o momento do treinamento.

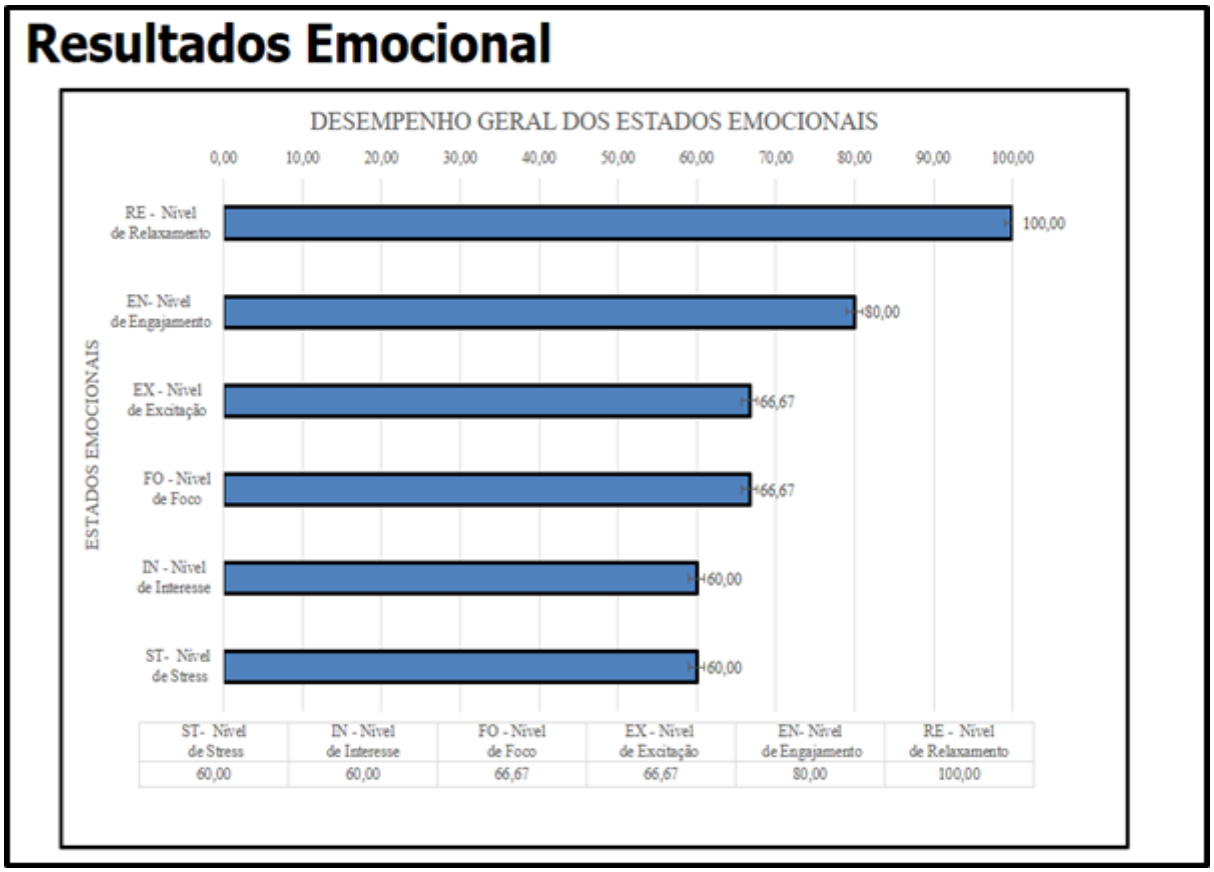
Figura 7.20-Índice de Variação de Estados Emocionais entre o Início e Fim do Experimento

Variação do Estado Emocional entre o início e fim do experimento

		EX - Nível de Excitação	IN - Nível deInteresse	RE - Nível de Relaxamento	ST- Nível de Stress	FO - Nível de Foco	EN- Nível de Engajamento
S.DOWN	Aluno 01	+	+	+	-	+	+
D.ATENÇÃO	Aluno 02	+	+	+	-	+	+
S.DOWN	Aluno 03	+	-	+	+	+	+
D.ATENÇÃO	Aluno 04	+	+	+	-	+	+
SURDEZ	Aluno 05	+	-	+	+	+	+
B.VISÃO	Aluno 06	-	+	+	-	-	+
D.ATENÇÃO	Aluno 07	+	+	+	+	+	+
B.VISÃO	Aluno 08	-	+	+	+	-	+
D.ATENÇÃO	Aluno 09	-	-	+	+	-	-
D.ATENÇÃO	Aluno 10	-	-	+	-	+	+
D.MOTOR	Aluno 11	+	+	+	+	-	+
B.VISÃO	Aluno 12	+	+	+	+	+	+
SURDEZ	Aluno 13	+	+	+	-	+	+
SURDEZ	Aluno 14	+	-	+	+	+	-
D.MOTOR	Aluno 15	-	-	+	+	-	-
Média Geral		66,67%	60,00%	100,00%	60,00%	66,67%	80,00%

Fonte: Elaborada pelo Autor (2017)

Figura 7.21-Gráfico de barras do desempenho emocionalFigura



Fonte: Elaborada pelo Autor (2017)

O trabalho original de Russell e Pratt (1980) descreveu graficamente os possíveis estados emocionais de um indivíduo agrupando em categorias dispostas dentro de um plano cartesiano onde o eixo Y (Arousal) representa as medidas de sua disposição em agir e no eixo X (Valence) ficam as medidas de seu humor. O primeiro quadrante representa então os estados emocionais que são qualitativamente melhores para um individuo pois apresenta a sua disposição positiva para agir e um humor assertivo, enquanto que o terceiro quadrante recebe os estados emocionais mais complexos nos quais a ação é reduzida e o humor é baixo (Figura 7.18). O trabalho de Shen, Wang e Shen (2009) relacionou o modelo original de estados emocionais de Arousal-Valence proposto por Russell e Pratt (1980) com estados emocionais associados com o uso de um ambiente de aprendizagem *e-learning* (Figura 7.19).

Os resultados obtidos na Figura 7.20 descrevem o comportamento individual e global dos alunos participantes da avaliação. Conforme estudos de Feitosa e Botelho (2014), o nível de excitação, identificado pelo instrumento cérebro-computador por meio do indicador (EX), representa a excitação fisiológica que é o estado caracterizado pelo incremento das batidas do coração, do fluxo sanguíneo e principamente com relação a uma reação do indivíduo pela

prontidão à ação (HEILMAN, 1997). As emoções se diferem quanto ao nível de excitação fisiológica, sendo que há emoções de baixo e de alto grau de ativação, ou seja que estimulam o individuo a agir. Algumas emoções, como ansiedade e desejo, geram alto nível de excitação fisiológica, enquanto outras, como tristeza ou contentamento, geram baixos níveis de excitação (BARRET e RUSSELL, 1998). Portanto nesse contexto de uso um grau mais elevado obtido por esse índice representa a disposição do aluno em realizar ações que lhes são solicitadas. O nível geral alcançado com esse indicador foi de 66,67%.

O indicador ST - Nível de S*tress* atingiu o valor de 60%. Esse estado emocional encontra-se localizado no 2º quadrante e sinaliza que o individuo apesar do humor se mostrar negativo, a disposição por agir continua positiva. É natural que todo indivíduo que esteja realizando uma atividade desafiadora apresente uma resposta emocional com sinal de estresse.

O trabalho de Nicolaou, Gunes e Pantic (2011) envolve a observação simultânea (multimodal) de respostas cerebrais, expressões faciais e da fala para realizar uma classificação mais precisa de estados emocionais dos indivíduos e predizer respostas de comportamento. Nele a dimensão afetiva do estresse é largamente considerada.

O indicador RE - Nível de Relaxamento que pertence ao quarto quadrante do espaço Arousal-Valence atingiu o valor de 100% o que revela que todos os alunos não se mostraram tensos durante a execução do experimento, mantendo-se serenos em sua realização. O trabalho de Jadhav, Manthalkar e Joshi (2017) que é um estudo baseado em sinais cerebrais demonstra a importância da meditação ou seja do estado emocional do relaxamento para realizar o equilíbrio do individuo e de seu comportamento social, reforçando a importância desses estado emocional.

Os indicadores emocionais referentes ao espaço emocional básico para o aprendizado, respectivamente IN - Nível de Interesse, FO - Nível de Foco, EN - Nível de Engajamento, apresentam destaque pelo fato dos três pertecerem ao primeiro quadrante (SHEN, WANG e SHEN, 2009). O indicador EN - Nível de engajamento atingiu o valor global de 80%, o que representa o fato de que quase a totalidade dos alunos mantiveram o nível de interesse pelo experimento durante toda a sua execução. O indicador FO - Nível de Foco apresentou um resultado de 66,67% representando a atenção mantida pelos alunos na execução das tarefas solicitadas e, por fim, o indicador IN - Nível de Interesse obteve valor global de 60% que pode variar com o comportamento individual de cada aluno e conforme o grau de conhecimento do assunto abordado, sendo esse indicador menos significativo.

Estes resultados apresentados pelos índices emocionais, descritos por valores quantitativos, reforçam os resultados obtidos pelos índices dos questionários de avaliação de usabilidade que foram respondidos pelos alunos de forma qualitativa. A maioria dos alunos participantes da avaliação apresentou positividade em suas respostas emocionais constatando fisiologicamente a sua satisfação de uso.

Declarações Espontâneas dos Alunos

A quinta e última natureza de observação da satisfação de uso descreve as afirmações espontâneas (positivas ou negativas) realizadas pelos alunos durante a execução do experimento. Na rol de declarações registradas não foram identificados registros negativos sobre o experimento. Esse indicador representou um complemento aos resultados quantitativos obtidos com as medições que reforçam o interesse das pessoas com necessidades especiais em fazerem uso desse tipo de ambiente, conforme pode ser constatado nas declarações espontâneas apresentadas no Quadro 7.1, no qual são apresentadas transcrições das afirmações mais significativas para o contexto de uso, realizadas pelos repondentes durante a execução do experimento e registradas no portal do *Openredu*.

Quadro 7.1- Declarações Espontâneas sobre o Uso da Multimodalidade pelos Alunos com Necessidades Especiais

DECLARAÇÃO EXPONTÂNEAS DOS ALUNOS	RESULTAI
"*A interface multimodal aparenta ser um bom subsídio para as pessoas com deficiência*"	
"*Muito bom, isso mudaria a maneira de pessoas com deficiência mudarem o jeito de ver as coisas*"	
"*Achei muito interessante, pois é uma tecnologia nova e que vai ajudar muitas pessoas com mais clareza*"	
"*Eu achei interessante nunca soube que tinha isso*"	
"*Sabendo-se utilizar dos vários recursos de tecnologia, tudo em nossas vidas fica mais fácil e possível*"	
"*Eu gostei, foi muito massa, e queria fazer muito mais com as tecnologias*"	

Fonte: Elaborada pelo Autor (2017)

AVALIAÇÃO ESTATÍSTICA

A análise estatística, apresentada na sequência, reforça os resultados descritos na verificação do comportamento das variáveis numericas escolhidas para registrarem a usabilidade do ambiente multimodal assistivo observado no estudo.

Eficácia

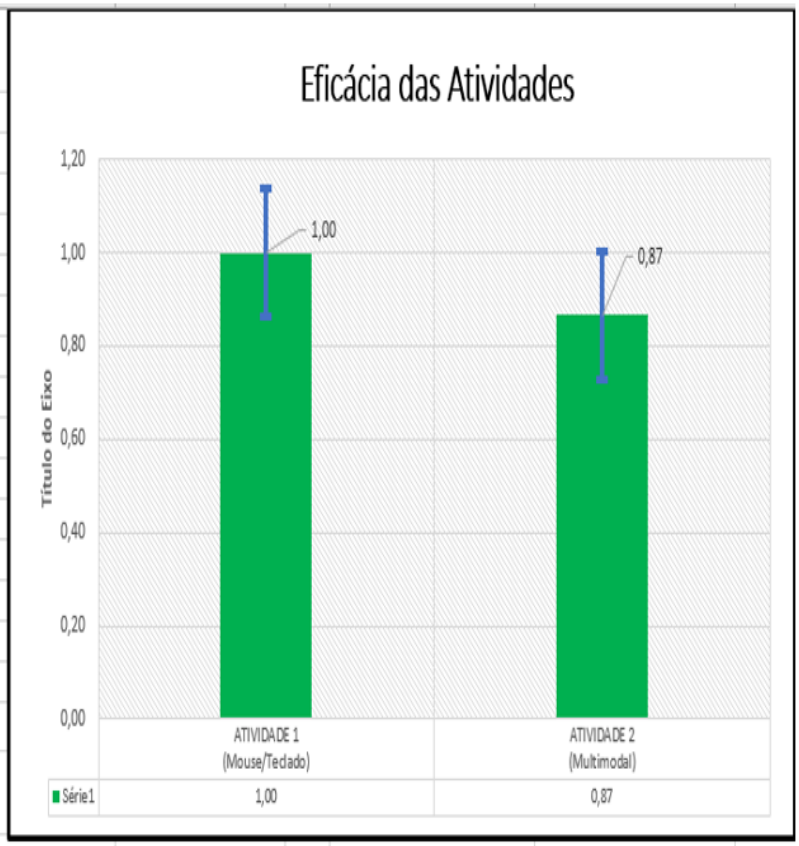
Para este estudo, o indicador de eficácia significa a completude das tarefas realizadas por cada participante. Conforme pode ser observado no Quadro 7.2 , a eficácia da tarefa 1 superou a eficácia da tarefa 2, pelo fato de que 2 alunos terem solicitado não participar da segunda fase da avaliação, no entanto estes mesmos alunos, participaram do treinamento para o uso do ambiente multimodal, que antecedeu a atividade 2, e expontaneamente responderam os questionários de usabilidade do ambiente multimodal. Em testes de usabilidade é comum que participantes optem por não completar todas as tarefas planejadas (ALBERT e TULLIS, 2013). Neste teste 87% da eficácia foi alcançada para atividade 2 o que denota um resultado significativo para este tipo de avaliação, pois traduzindo-se e a arredondando-se este valor alcançado é possível descrever que de cada 10 alunos avaliados, nove realizaram todas as atividades planejadas.

Observando-se os valores do intervalo de confiança para atividade 1 (IC_1 = 0,137), podemos constatar que o valor obtido para a eficácia da atividade 2 (E_2=0,87) encontra-se dentro deste intervalo definido, o que demonstra a coerência do resultado obtido.

Quadro 7.2 - Eficácia

Resultados Quantitativos (Eficácia)

PESSOA	ATIVIDADE 1 (Mouse/Teclado)	ATIVIDADE 2 (Multimodal)
ALUNO01	1	0
ALUNO 02	1	1
ALUNO03	1	0
ALUNO 04	1	1
ALUNO 05	1	1
ALUNO 06	1	1
ALUNO 07	1	1
ALUNO 08	1	1
ALUNO 09	1	1
ALUNO 10	1	1
ALUNO 11	1	1
ALUNO 12	1	1
ALUNO 13	1	1
ALUNO 14	1	1
ALUNO 15	1	1
MEDIA	1,00	0,87
INTERVALO DE CONFIANÇA	0,137	0,183



Fonte : Elaborado pelo Autor (2017)

Eficiência

Conforme pode ser observado no Quadro 7.3 e Figura 7.22, a eficiência do ambiente multimodal foi avaliada estatísticamente pela comparação dos resultados medidos para variáveis que descrevem este indicador.

Quadro 7.3-Estatísticas da Eficiência

Estatística Eficiência (αlfa=0.05) *

Métrica	Valor da Média	Teste de Normalidade (Anderson-Darling)	Teste-t: duas amostras em par para médias	Hipótese Nula EHo **
Avg. Tempo Total (min)	μTarefa2=15.1 ±7.41 μTarefa1=14.5 ±5.24	ADT2 = 0,47 Valor-pT2= 0,202 ADT1 =0,24 Valor-p T1 =0,714	Diferença das médias ValorT=1,01 ValorP=0.773	**Aceita** (Médias próximas) * Usuários noviços na Tarefa2
Avg. Dispersão (R2)	μTarefa2=0,0308±0,045 μTarefa1= 0,1317±0,091	ADT2 =1,66 Valor-pT2= 0.005 ADT1 =0,34 Valor-p T1 =0,428	Diferença das médias ValorT=4,11 ValorP=0,001	**Rejeitada** (Médias muito diferentes)
Avg. Evento Teclado (%)	μTarefa2=20.55±19.79 μTarefa1=49.68±23.67	ADT2 = 0,84 Valor-pT2= 0,022 ADT1 =0,37 Valor-p T1 =0,368	Diferença das médias ValorT=4,20 ValorP=0,001	**Rejeitada** (Médias muito diferentes)
Avg. Evento Mouse (%)	μTarefa2=79,47.1±19.73 μTarefa1=50,32±23.67	ADT2 = 0,83 Valor-pT2= 0,023 ADT1 =0,37 Valor-p T1 =0,368	Diferença das médias ValorT=-4,19 ValorP=0,001	**Rejeitada** (Médias muito diferentes)

- ***(Minitab18)***
- **Rejeitada a Hipótese Nula (Ho) em 3 das 4 variáveis – Tarefa 2 melhor desempenho que a Tarefa 1

Fonte : Elaborado pelo Autor (2017)

Figura 7.22-Boxplot apresentando a diferença entre as médias e hipótese

Fonte : Elaborada pelo Autor (2017)

O Quadro 7.3 apresenta as informações sobre as médias e o respectivo desvio-padrão dos valores obtidos durante a execução das atividades 1 e 2 (tarefas 1 e 2), descrevendo os resultados obtidos para as variáveis de tempo da execução da tarefa, dispersão da trajetória do cursor na tela, uso de comandos (eventos) de teclado, uso de comandos (eventos) de mouse. Estes valores numéricos representam os resultados alcançados pelo grupo avaliado durante a

execução de cada fase. A comparação desses resultados permite observar a diferença ou igualdade entre a execução da atividade 1 (teclado/mouse) e a atividade 2 (multimodalidade).
O quadro apresenta na sua sequência o resultado dos testes de qualidade, obtido por meio do aplicativo Minitab 18[11], aplicados para avaliar o ajuste de normalidade Anderson-Darling (AD) e seu o respectivo Valor-P, refletindo a tendência para uma distribuição normal dos dados obtidos e também a realização de Teste T-pareado com o seu respectivo Valor-P denotando o quanto as médias desses valores estão distantes ou próximas entre si, validando ou rejeitando a hipótese nula, que afirma que as médias dos valores dessas variáveis não apresenta diferença significativa.

A Figura 7.22 descreve graficamente os mesmos resultados por meio da visualização de *boxplot*[12] apresentando o afastamento entre o valor da média e o valor da hipótese nula. Como pode ser constatado nesta figura apenas a média da variável tempo está dentro de seu *boxplot* o que denota a aceitação da hipótese nula, enquanto as demais variáveis apresentam suas médias no espaço externo de seus *boxplot* denotando a rejeição de Ho. Portanto, as variáveis de dispersão, evento de mouse e evento de teclado confirmaram, tanto no quadro quanto nesta figura que a atividade 2 (multimodalidade) se apresenta melhor diferenciada em relação a atividade 1 (teclado/mouse). Apesar da variável tempo apresentar equivalência entre a execução das tarefas 1 e 2, este resultado de semelhança de valores foi esperado devido a natureza dos alunos avaliados serem considerados como usuários noviços na realização desta nova atividade interativa.

O resultado geral das estatísticas para as medidas referentes ao indicador eficiência apresenta uma melhor tendência de uso para a atividade da multimodalidade em relação ao uso do teclado/mouse.

Satisfação

As variáveis numéricas observadas para avaliação da usabilidade com foco em resultados qualitativos obtiveram seus valores oriundos dos questionários PU, PEOU e SUS. Conforme os dados apresentados no Quadro 7.4, o resultado para ANOVA[13] , aplicado aos valores observados para estes questionários, demonstra a independêcia desses dados pelo valor alcançado no fator F (fator único) ser muito superior quando comparado ao valor do fator crítico calculado. Esta indepência de dados é também identificada pelo resultado do

[11] http://*www.minitab.com/*
[12] Em estatística descritiva *boxplot* é a figura que apresenta a variação de dados observados
[13] análise de variância aplicada a diferentes fatores (variáveis) associados a um processo, produto ou serviço.

desempenho do Z-score, descrito na Figura 7.23, para estes questionários em relação aos grupos distintos de deficiência (1) Síndrome de Down, (2) Deficit de Atenção, (3) Baixa Visão, (4) Surdez e (5) Deficiente Motor.

Quadro 7.4-– ANOVA da variância da satisfação entre PU, PEOU e SUS

Resultados Qualitativo (Variância Satisfação)

PESSOA	SUS Multimodalidade	PU Multimodalidade	PEOU Multimodalidade
ALUNO 01	92,50	73,81	97,62
ALUNO 02	60,00	80,95	59,52
ALUNO 03	52,50	57,14	57,14
ALUNO 04	75,00	95,24	100,00
ALUNO 05	77,50	85,71	97,62
ALUNO 06	52,50	90,48	83,33
ALUNO 07	62,50	78,57	71,43
ALUNO 08	67,50	92,86	95,24
ALUNO 09	70,00	90,48	85,71
ALUNO 10	72,50	100,00	83,33
ALUNO 11	85,00	97,62	97,00
ALUNO 12	82,50	95,24	100,00
ALUNO 13	62,50	71,43	83,33
ALUNO 14	50,00	78,57	71,43
ALUNO 15	90,00	97,62	95,24

Anova: fator único

RESUMO

Grupo	*Contagem*	*Soma*	*Média*	*Variância*
SUS Multimodalidade	15	1052,5	70,1667	186,131
PU Multimodalidade	15	1285,7	85,7147	146,611
PEOU Multimodalidade	15	1277,9	85,196	208,874

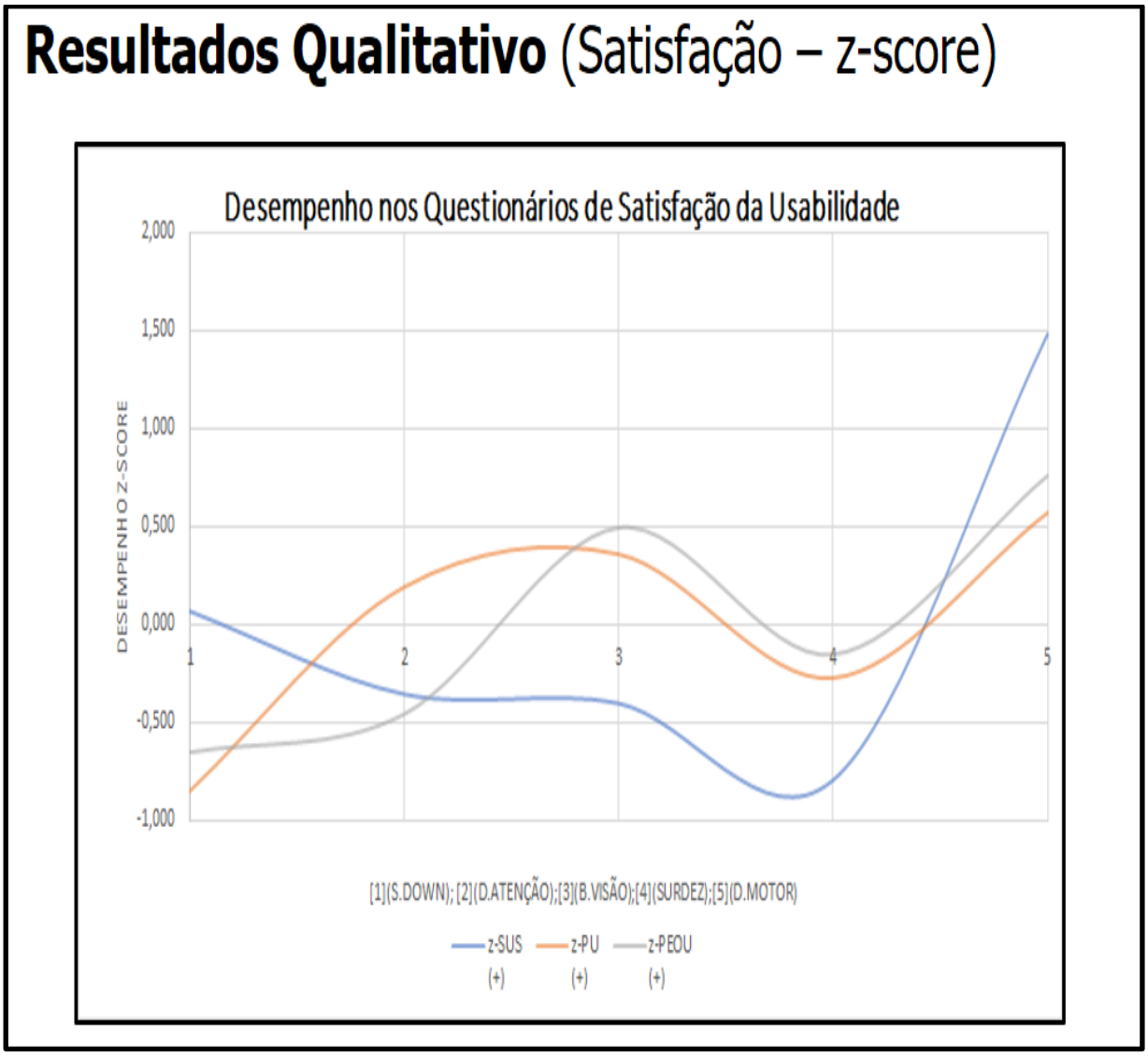
ANOVA

Fonte da variação	*SQ*	*gl*	*MQ*	*F*	*valor-P*	*F crítico*
Entre grupos	2339,45	2	1169,73	6,47908	0,00353	3,21994
Dentro dos grupos	7582,63	42	180,539			
Total	9922,08	44				

F > Fcrítico (Existe significância) & valor-P <0,05

Fonte : Elaborada pelo Autor (2017)

Figura 7.23-– Desempenho do Z-score dos questionários nos grupos de deficiência



Fonte : Elaborada pelo Autor (2017)

Esta avaliação comparativa dos valores obtidos por estes questionários que procuram dentificar a satisfação de uso demonstra a independência dos seus resultados e reforça a qualidade dos resultados obtidos com sua aplicação no estudo.

7.4 RESULTADO GERAL DA AVALIAÇÃO DA USABILIDADE DO AMBIENTE MULTIMODAL ASSISTIVO

O Quadro 7.5 apresenta o resumo geral dos resultados obtidos pela pesquisa da usabilidade realizada para um ambiente multimodal assistivo utilizado por alunos com deficiência de uma instituição de ensino superior em um ambiente virtual de aprendizagem. As respostas

alcançadas corroboram que o uso de um ambiente de interação multimodal assistivo, projetado e executado segundo um método de configuração, é considerado usável e operacional para proveito das pessoas com necessidades especiais, caracterizando-se como um potencial recurso de tecnologia assistiva.

Quadro 7.5-Resultados Globais da Usabilidade

Resultados Globais da Usabilidade do Ambiente Multimodal Assistivo			
Objetivos	**Indicadores**	**Resultado**	**Comentário**
Eficácia	Completude das Tarefas	"+"	Apenas 2 alunos pediram para não realizar a 2a etapa. Os demais alunos conseguiram realizar todas as etapas do Experimento.
Eficiência	Tempo Total Global	"+"	O tempo global com o uso da multimodalidade foi melhorado em 5%.
	Disperção	"+"	O esforço manual para realizar as atividades diminui em 74%
	Comandos equivalentes de Teclado	"+"	O número de comandos de teclado diminuiu em 41%
	Comandos equivalentes de Mouse Teclado	"+"	O número de comandos de Mouse foi ampliado em 58%
Satisfação do Uso	Questionário SUS	"+"	Resultado Global 70,17% Usabilidade aceitável como classificação tipo C - GOOD
	Questionário PU - Usabilidade Percebida	"+"	Resultado Global 85,71 %
	Questionário PEOU - Facilidade de Uso Percebida	"+"	Resultado Global 85,24%
	Estados Emocionais Global	"+"	EX-Nível de Excitação 66,67%, ST-Nível de Stress 60%, RE-Nível de Relaxamento 100%, EN-Nível de Engajamento 80%, FO-Nível de Foco 66,67% IN-Nível de Interesse 60%,
	Declarações Expontâneas	"+"	Declarações positivas sobre o novo recurso

Fonte: Elaborado pelo Autor (2017)

7.5 RESPOSTA À PERGUNTA DE PESQUISA QP3

A multimodalidade quando configurada com uso de um método elaborativo e configurativo promove um menor esforço interacional que a abordagem tradicional e apresenta uma usabilidade percebida pelas pessoas com necessidades especiais, potencializando um novo recurso de tecnologia assistiva?

O método elaborativo e configurativo ***M^2ALL*** (**M**ultimodal **M**ethod **A**cessibi**L**ity **L**ayer) aplicado na composição de um ambiente multimodal assistivo, promoveu a disponibilidade de recursos interativos que durante o seu uso intensivo demonstrou apresentar uma usabilidade mais coerente com a natureza dos usuários, pessoas com deficiência, quando comparada com o uso de interfaces tradicionais. As pessoas com necessidades especiais envolvidas no experimento foram capazes de perceber e reconhecer a sua aplicação como um recurso facilitador de suas interações humano-computador durante o uso em uma aplicação EaD web. Esse resultado revela a potencialidade desse recurso proposto como uma solução de tecnologia assistiva para uso em diversas situações além do uso educacional avaliado.

7.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente capítulo realizou a apresentação dos resultados obtidos com avaliação de usabilidade de um ambiente multimodal assistivo elaborado em conformidade com o método ***M^2ALL*** (**M**ultimodal **M**ethod **A**cessibi**L**ity **L**ayer). A usabilidade foi medida e resultados satisfatórios foram encontrados.

No capítulo que segue as conclusões e as limitações são apresentadas e os trabalhos futuros são previstos.

8 DISCUSSÕES, CONCLUSÃO, LIMITAÇÕES & TRABALHOS FUTUROS

Este capítulo apresenta uma discussão dos fatos observados e conclusões sobre os resultados alcançados a partir da hipótese inicial levantada e limitações observadas. Com base nos resultados alcançados, sugere-se a realização de novos trabalhos de pesquisa.

8.1 DISCUSSÃO & CONCLUSÕES

De acordo com as avaliações realizadas, a Hipótese Experimental (**HE1**) foi confirmada pelo alcance da previsão (**P0**), ou seja, existe evidências iniciais de que um ambiente computacional multimodal quando construído a partir de um processo organizado e com foco na acessibilidade promove a usabilidade adequada para pessoas com necessidades especiais e potencializa sua utilização como uma tecnologia de apoio a pessoa com deficiência.

O método *M^2ALL* descrito neste trabalho apresentou a sistematização de ações elaborativas que auxiliou a obtenção de resultados favoráveis durante o uso da plataforma multimodal assistiva implementada para os experimentos realizados. A avaliação dos resultados deste estudo de caso indica que a multimodalidade é um recurso prático e viável e que pode ter o seu uso intensificado como uma tecnologia assistiva.

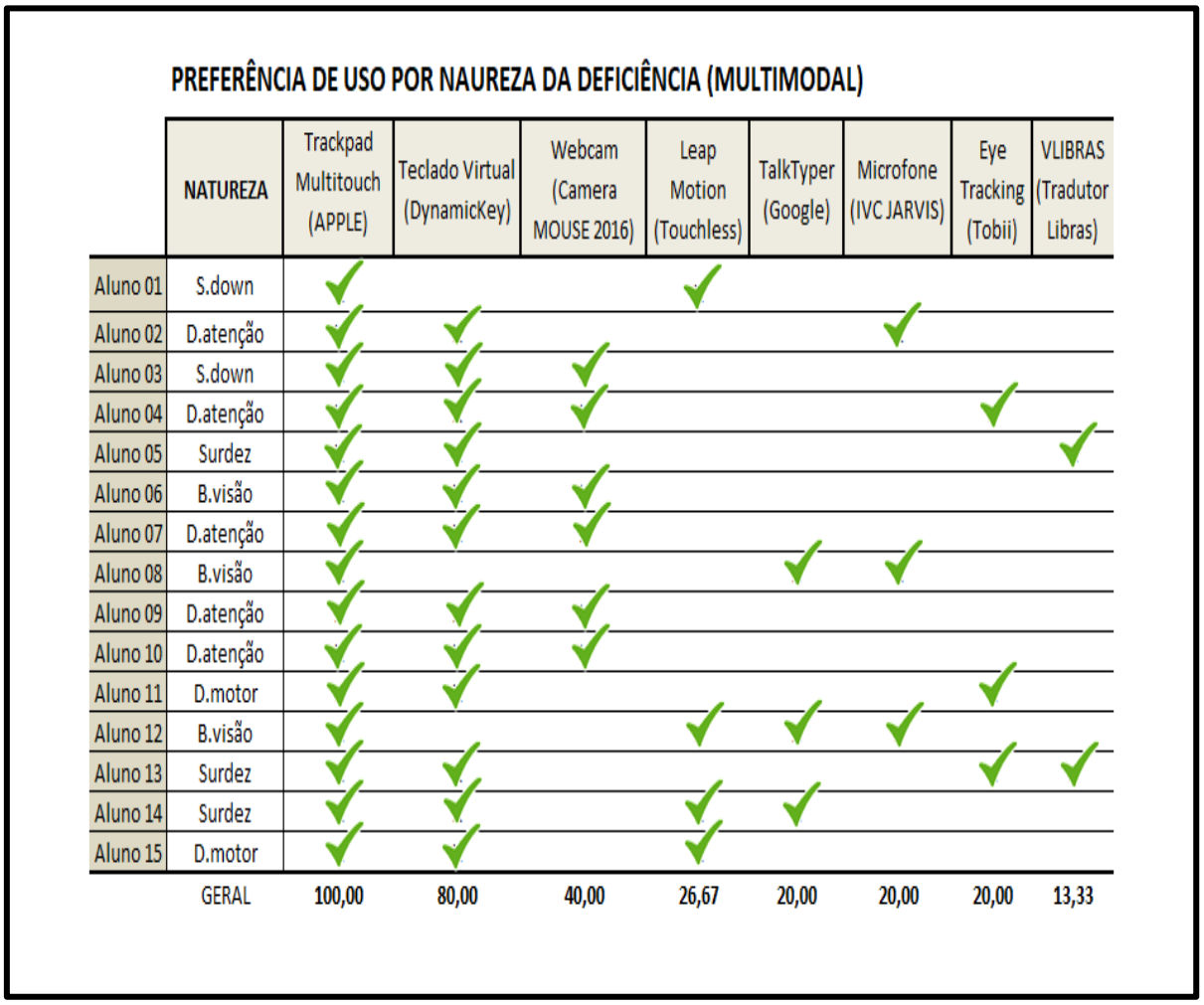
Este trabalho reuniu um conjunto de contribuições que o destaca de trabalhos de propósito semelhante. A primeira delas, evidenciada como sua principal contribuição, refere-se ao aporte para a realização de configuração de ambientes multimodais assistivos por meio dos recursos que foram descritos pelo método *M^2ALL*, não apenas pela parcela teórica descrita como também pela demonstração do potencial de uso deste método, aplicado em um estudo de caso real. O método se revelou adequado, visto que a configuração e a construção do ambiente multimodal assistivo não sofreu no seu decorrer qualquer tipo de intervenção para a realização de adaptações demandadas por equipamentos ou pela necessidade de adaptação às pessoas durante toda a execução do experimento, apesar do método permitir tais intervenções quando necessárias. Portanto, seu *design*, neste caso de uso apliado, mostrou ser adequado ao escopo previsto. Nenhuma falha de execução significativa foi relatada durante o uso desta solução, confirmando a adequação do ambiente configurado.

Como contribuição adicional, a pesquisa apresentou uma característica singular pelo fato de ter reunido em um mesmo ambiente computacional a possibilidade da observação comportamental de uso de indivíduos pertencentes a grupos de diferentes deficiências perante a uma mesma modalidade de interface, possibilitando a realização de inferências e conclusões mais abrangentes sobre questões de usabilidade e acessibilidade. Esta contribuição encontra-se destacada no Quadro 8.1.

O referido quadro apresenta a preferência de uso das interfaces pelos alunos com deficiência cujas informações foram obtidas durante a realização do experimento de usabilidade. Conforme é apresentado nesse quadro, a mesa sensível ao toque (*trackpad multitouch*) foi utilizada por todos os alunos, seguida do uso do teclado virtual (*virtual dynamic Key*). Acredita-se que esta preferência aconteceu pela semelhança desses dois recursos interativos disponibilizados ter uma relação mais intuitiva com os equipamentos tradicionais, teclado e *mouse*, que já eram amplamente utilizados pelos alunos antes da realização do experimento multimodal, conferindo para eles uma maior segurança durante o seu processo de navegação e realização da inclusão de textos. A propensão pela movimentação do rosto, captada por meio do uso da *webcam* e pelo aplicativo *Camera Mouse*, seguiu na ordem da preferência de uso pelos participantes, particularmente pelos alunos com Síndrome de Down e com Deficit de Atenção. Nesse aspecto registra-se o fato de que a interface *Eye Tracking Tobii* foi a menos utilizada em relação ao recurso *webcam*, possivelmente pela falta de hábito dos participantes com esse tipo de equipamento. Por fim, as interfaces por comandos de voz foram também utilizadas por alunos de todas as naturezas de deficiência, inclusive e curiosamente por aluno com deficiência auditiva moderada.

O tradutor para linguagem de sinais *Vlibras* foi também utilizado por alguns alunos com deficiência auditiva para melhor compreensão dos textos apresentados nas aulas *online*. Durante a realização da atividade 2 (multimodal) os alunos utilizaram simultaneamente no mínimo duas e no máximo quatro interfaces distintas.

Quadro 8.1-Preferência de Uso por Tipo de Interface e Natureza da Deficiência



Fonte: Elaborado pelo Autor (2017)

A observação das preferências de uso, por parte dos alunos com deficiência, quando utilizaram as interfaces interativas de maneira simultânea dentro do escopo da multimodalidade reflete a sua complexidade e estimula o desenvolvimento de estudo mais detalhado para a compreensão desses comportamentos.

8.2 LIMITAÇÕES DO TRABALHO

Apesar do método ser genérico e não limitar o uso de recursos, no estudo de caso desenvolvido neste trabalho o aplicativo para tratamento do ambiente multimodal escolhido ficou circunscrito ao sistema operacional Windows pelo fato das interfaces possuírem versões de seus aplicativos direcionados para este ambiente. Para as interfaces utilizadas ficaram restritas aos periféricos disponíveis pelo pesquisador, e alguns interfaces como por

exemplo o *Kinect* e a interface por tensão muscular não foram exploradas durante esta avaliação.

Pela natureza dos grupos com deficiência presentes no Núcleo de Acessibilidade, os subgrupos de pessoas cegas não participaram da pesquisa, apenas os alunos com baixa-visão, devido à ausência de alunos com este grau de deficiência visual.

Grupo de Pessoas sem deficiência poderiam ter sido avaliados para que seus resultados pudessem servir de parâmetros aos resultados observados com os grupos com deficiência.

As limitações observadas estimulam a exploração de novas avaliações contribuindo para o enriquecimento dos conhecimentos sobre a multimodalidade assistiva.

8.3 TRABALHOS FUTUROS

Este trabalho e todo o seu desenvolvimento demonstrou a potencialidade de uso da multimodalidade como um significativo recurso de tecnologia assistiva, que se mostra técnica e economicamente viável, além de ter a sua usabilidade confirmada nos experimentos realizados pelas pessoas com necessidades especiais.

Os resultados alcançados ampliam as possibilidades da realização de novos estudos neste tema. Pesquisas com novos grupos de deficiência podem ser realizadas, incluindo-se também o uso de novos dispositivos pervasivos. O Método *M^2ALL* possui potencial para ser utilizado e avaliado em interface presentes em ambientes computacionais de Internet das Coisas (IOT) além de outros Sistema de Informação Assistivos, como por exemplo, sistemas para ambiente de casa inteligente para facilitar a rotina diária das pessoas com deficiência, ou mesmo em ambiente para jogos e lazer assistivos ou até mesmo para utilização em ambiente de trabalho inclusivos dentre outras possibilidades para a sua aplicação.

Com relação ao aperfeiçoamento do Método proposto, poderá ser dinamizado em novas versões através da melhoria do processo com a simplicação de atividades ou etapas existententes ou mesmo o emprego de conceitos das práticas Ágeis, com as devidadas adequações, favorecendo uma maior flexibilização na execução das suas etapas e com ciclos mais rápidos de desenvolvimento.

REFERÊNCIAS

ALBERTIN, Alberto Luiz; DE MOURA ALBERTIN, Rosa Maria. **Dimensões do uso de tecnologia da informação: um instrumento de diagnóstico e análise**. Revista de Administração Pública, v. 46, n. 1, p. 125-151, 2012.

ALBERT, William; TULLIS, Thomas. **Measuring the user experience: collecting, analyzing, and presenting usability metrics**. Newnes, 2013.

AL-HUDHUD, G. **Affective command-based control system integrating brain signals in commands control systems**. Computers in Human Behavior, 30, 535-541, 2014.

ALLEN, M. P. **Educational Aspects Of Molecular Simulation**. Molecular Physics, V. 105, N. 2-3, P. 157–166, 2007.

ALLY, M. **Foundations Of Educational Theory For Online Learning**. Theory And Practice Of Online Learning, V. 2, P. 15–44, 2004.

ANDERSON, T.; DRON, J. **Three Generations Of Distance Education Pedagogy**. The International Review Of Research In Open And Distributed Learning, V. 12, N. 3, P. 80–97, 2011.

ANDUJAR, Marvin et al. **Evaluation of User's Affective Engagement While Interacting with Educational Technologies: A Pilot Study**. In: Advances in Neuroergonomics and Cognitive Engineering. Springer International Publishing, p. 97-105,2017.

APPLE 1."**Magic Trackpad**".<https://www.apple.com/br/magic-accessories/>.Acesso em: Abril /2017.

ARAKI, M.; TACHIBANA, K. **Multimodal Dialog Description Language For Rapid System Development** proceedings Of The 7th Sigdial Workshop On Discourse And Dialogue. Anais...Association For Computational Linguistics, 2009. Disponível em: <Http://Dl.Acm.Org/Citation.Cfm?Id=1654616>.Acesso em: Julho/ 2017.

ARGYROPOULOS, S., MOUSTAKAS, K., KARPOV, A. A., ARAN, O., TZOVARAS, D., TSAKIRIS, T., ... & KWON, B**Multimodal user interface for the communication of the disabled**. Journal on Multimodal User Interfaces, 2(2), 105-116, 2008.

ARROYO, I. Et Al. **Emotion Sensors Go To School**.Aied. Anais..,2009. Disponível em: <Http://Centerforknowledgecommunication.Com/Publications/Recentpubsandawards/2009/Aied%20sensors%20cameraready.Pdf>. Acesso em: Julho /2017

AVELLAR E DUARTE. **BLOG**. < http://www.avellareduarte.com.br/fases-projetos/conceituacao/demandas-do-publico/pesquisas-de-usuarios-atividades-2/valorizacao-da-experiencia-de-uso-ux/ > Acesso em : Jul/2017.

AVOUAC, P. A., LALANDA, P., & NIGAY, L. **Adaptable multimodal interfaces in pervasive environments**. In Consumer Communications and Networking Conference (CCNC), 2012 IEEE (pp. 544-548). IEEE, 2012.

AZORÍN, José María et al. **A Interação de Pessoas com Deficiência com o Computador**.2014.

BAHREINI, K., NADOLSKI, R., & WESTERA, W. **Towards multimodal emotion recognition in e-learning environments. Interactive Learning Environments**, 24(3), 590-605, 2016.

BAKSHI, Urvashi; SINGHAL, Rohit. **A survey on face detection methods and feature extraction techniques of face recognition**. International Journal of Emerging Trends & Technology in Computer Science (IJETTCS), v. 3, n. 3, p. 233-237, 2014.

BARRETT, L. F., & RUSSELL, J. A. **The structure of current affect: Controversies and emerging consensus.** Current directions in psychological science, 8(1), 10-14, 1999.

BASSANI, P. B. S. Et Al. **Usabilidade E Acessibilidade No Desenvolvimento De Interfaces Para Ambientes De Educação À Distância**. Renote, V. 8, N. 1, 2010.

BASSO, Lourenço de Oliveira. **Ferramenta acessível para produção multimídia: estudo e avaliação com usuários com necessidades especiais**. 2012.

BATTLESON, B., BOOTH, A., & WEINTROP, J**Usability testing of an academic library web site: a case study**. The Journal of Academic Librarianship, 27(3), 188-198, 2001.

BELL, F. Connectivism: **Its Place In Theory-Informed Research And Innovation In Technology-Enabled Learning**. The International Review Of Research In Open And Distributed Learning, V. 12, N. 3, P. 98–118, 2010.

BELLIFEMINE, F. Et Al. **Jade: A Software Framework For Developing Multi-Agent Applications. Lessons Learned**. Information And Software Technology, V. 50, N. 1, P. 10–21, 2008.

BENALI-KHOUDJA, M. Et Al. **Tactile Interfaces: A State-Of-The-Art Surveyint**. Symposium On Robotics. Anais...Citeseer, 2004. disponível em: <Http://Citeseerx.Ist.Psu.Edu/Viewdoc/Download?Doi=10.1.1.105.2158&Rep=Rep1&Type=Pdf>. Acesso em: Julho /2017.

BERGER, P. De A. Et Al. **Compressão De Sinais De Eletromiografia De Superfície Usando H. 264/Avcxi** Congresso Brasileiro De Informática Em Saúde. Anais...2008, disponível em: <Http://Www.Sbis.Org.Br/Cbis11/Arquivos/745.Pdf>. Acesso em: Julho /2017.

BERSCH, Rita de Cássia Reckziegel. **Design de um serviço de tecnologia assistiva em escolas públicas**. 2009.

BEVAN, N. **Extending Quality In Use To Provide A Framework For Usability Measurement**. In: Human Centered Design. [S.L.] Springer, P. 13–22, 2009.

BHOWMICK, A., & HAZARIKA, S. M. **An insight into assistive technology for the visually impaired and blind people: state-of-the-art and future trends**. Journal on Multimodal User Interfaces, 1-24, 2017.

BIANCHI-BERTHOUZE, N., & BOTTONI, P. **Articulating actions in multimodal interaction**. In 3D Forum,Vol. 16, No. 4, pp. 220-225, 2002.

BIANCHI-BERTHOUZE, N.; LISETTI, C. L. **Modeling Multimodal Expression Of User's Affective Subjective Experience**. User Modeling And User-Adapted Interaction, V. 12, N. 1, P. 49–84, 2002.

BISWAS, P., HALDER, A., MAHESHWARY, K., & ARJUN, S. **Inclusive Personlization of User Interfaces**. In International Conference on Research into Design (pp. 295-306). Springer, Singapore. 2017, January.

BLAKE, J. **Developing Natural User Interfaces With Microsoft Silverlight And Wpf 4 Touch.** 2010.

BOLT, R. A. **“Put-That-There”: Voice And Gesture At The Graphics Interface**. [S.L.] ACM, V. 14, 1980.

BOLZAN, W.; GIRAFFA, L. M. **Estudo Comparativo Sobre Sistemas Tutores Inteligentes Multiagentes Web**. Porto Alegre: Facin-Pucrs, 2002.

BOUCHET, J.; NIGAY, L.; GANILLE, T. **Icare Software Components For Rapidly Developing Multimodal Interfaces** proceedings Of The 6th International Conference On Multimodal Interfaces. Anais...ACM, 2004.disponível em: <Http://Dl.Acm.Org/Citation.Cfm?Id=1027975>. Acesso em: Julho / 2017.

BOUILLON, L.; VANDERDONCKT, J.; CHOW, K. C. **Flexible Re-Engineering Of Web Sites** proceedings Of The 9th International Conference On Intelligent User Interfaces. Anais...Acm, 2004disponível em: <Http://Dl.Acm.Org/Citation.Cfm?Id=964468>. Acesso em: Julho/ 2017.

BOURGUET, M.-L. **A Toolkit For Creating And Testing Multimodal Interface Designs**proceedings Of Uist’02. Anais...2002. Disponível em: <Http://Www.Researchgate.Net/Profile/Marie-Luce_Bourguet/Publication/228909913_A_Toolkit_For_Creating_And_Testing_Multimodal_Interface_Designs/Links/02e7e520b311a8e96a000000.Pdf>. Acesso em: Julho / 2017

BRANT-RIBEIRO, T., & CATTELAN, R. **Tamanho Ótimo de Amostra para Análise do Desempenho de Estudantes em Ambientes Educacionais Ubíquos**. In Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE) (Vol. 26, No. 1, p. 31). 2015.

BRASIL, D. **Cartilha De Usabilidade**, 2010.

BREWSTER, S. Et Al. **Multimodal’eyes-Free’interaction Techniques For Wearable Devices** proceedings Of The Sigchi Conference On Human Factors In Computing Systems. Anais...Acm, 2003.disponível em: <Http://Dl.Acm.Org/Citation.Cfm?Id=642694>. Acesso em: Julho/ 2017.

BROOKE, J. **SUS-A quick and dirty usability scale**. Usability evaluation in industry, 189(194), 4-7. 1996.

BROOKE, J. (2013). **SUS: a retrospective**. Journal of usability studies, 8(2), 29-40.

BRUEGGER, Pascal; HIRSBRUNNER, Béat. **Kinetic user interface: Interaction through motion for pervasive computing systems**. Universal Access in Human-Computer Interaction. Intelligent and Ubiquitous Interaction Environments, p. 297-306, 2009.

BSC.British Computer Society Ltd. **Accessible TechnologyA guide for IT professionals**. http://www.bcs.org/upload/pdf/accessible-technology.pdf. Acesso em: Julho /2017.

BU."**Boston University - Computer Science**". <http://www.bu.edu/cs/>. Acesso em : Julho / 2017.

BUCH, Vinícius Domingues et al. **Análise da demanda para o desenvolvimento de tecnologia assistiva direcionada a educandos com paralisia cerebral**. Human Factors in Design, v. 3, n. 5, p. 43-56, 2014.

BURLESON, W. Et Al. **A Platform For Affective Agent Researchworkshop On Empathetic Agents**, International Conference On Autonomous Agents And Multiagent Systems, Columbia University, New York, Ny. Anais...Citeseer, 2004.Disponível em:

<Http://Citeseerx.Ist.Psu.Edu/Viewdoc/Download?Doi=10.1.1.113.1363&Rep=Rep1&Type=Pdf>.Acesso em: Julho/ 2017

BUSTER, Jagon. **UCD**. Context of Use (CoU). <http://www.novagaia.co.uk/talents/techniques/context.html>. Acesso em: Julho /2017.

BUXTON, W. Et Al. **Human Input To Computer Systems: Theories, Techniques And Technology**. [S.L: S.N.]. 2002.

CACIOPPO, J. T. Et Al. **The Psychophysiology Of Emotion**. Handbook Of Emotions, V. 2, P. 173–191, 2000.

CAMERAMOUSE."**Camera Mouse 2016**". <http://www.cameramouse.org/>. Acesso em : Julho / 2017.

CANASSIST. **" University of Victoria - Assistive Technology Team (UVATT)**". <http://www.canassist.ca/EN/main/programs/available-apps.html>.Acesso em: Julho / 2017.

CASAS, R., BLASCO MARÍN, R., ROBINET, A., DELGADO, A., YARZA, A., MCGINN, J., ... & GROUT, V **User modelling in ambient intelligence for elderly and disabled people.** Computers Helping People with Special Needs, 114-122, 2008.

CAOPIPD.**Página do Ministério Público do Paraná para Pessoas com Necessidades Especias**. Disponível em: http://www.ppd.mppr.mp.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=41>. Acesso em : Julho / 2017.

CASE, S. Et Al. **Enhancing E-Communities With Agent-Based Systems**. Computer, N. 7, P. 64–69, 2001.

CHAKRABORTY, T., NASIM, M., Malek, S. M. B., MAJUMDER, M. T. H., SAEEF, M. S., & AL ISLAM, A. A. **Low-cost finger gesture recognition system for disabled and elderly people**. In Networking, Systems and Security (NSysS), 2017 International Conference on (pp. 180-184). IEEE. 2017

CHALEGRE, Virgínia Carvalho. **Uma metodologia de teste de acessibilidade para usuários cegos em ambientes Web**. 2011.

CHAO, X.; ZHIYONG, F. **A Trusted Affective Model Approach To Proactive Health Monitoring Systemfuture Biomedical Information Engineering**, 2008. Fbie'08. International Seminar On. Anais...Ieee, 2008. Disponível em: <Http://Ieeexplore.Ieee.Org/Xpls/Abs_All.Jsp?Arnumber=5076774>.Acesso em: Julho/2017

CHATTI, M. A. Et Al. **A Reference Model For Learning Analytics**. International Journal Of Technology Enhanced Learning, V. 4, N. 5-6, P. 318–331, 2012.

CHAUDHARY, Mukund; CHOPRA, Abhishek. **Planning CMMI Implementation. In: CMMI for Development**. Apress, 2017. p. 71-80, 2017.

CHE, J. **What You Need To Know About Moocs**. The Chronicle Of Higher Education, 2013.

CHEN, F., ZHOU, J., WANG, Y., YU, K., ARSHAD, S. Z., KHAWAJI, A., & CONWAY, D. **Robust multimodal cognitive load measurement**. Springer, 2016.

CHHABRIA, S., & DHARASKAR, R. **Multimodal interface for disabled persons**. International Journal of Computer Science and Communication, 2(1), 223-228, 2012.

CHIAVENATO, Idalberto; SAPIRO, Arão. **Planejamento estratégico**. Elsevier Brasil, 2003.

CISEL, M.; BRUILLARD, É. **Chronique Des Mooc**. 2013.

CLARKSON, P. J., COLEMAN, R., KEATES, S., & LEBBON, C. **Inclusive design: Design for the whole population**. Springer Science & Business Media. 2013.

CLARKSON, P. John et al. **Inclusive design: Design for the whole population**. Springer Science & Business Media, 2013.

CMMI, Team product. CMMI® for development, version 1.3, **improving processes for developing better products and services. no. cmu/sei-2010-tr-033**. software engineering institute, 2010.

COELHO, J., & DUARTE, C. **The contribution of multimodal adaptation techniques to the GUIDE interface**. Universal Access in Human-Computer Interaction. Design for All and eInclusion, 337-346, 2011.

COHEN, P. R. Et Al. **Quickset: Multimodal Interaction For Distributed Applications** proceedings Of The Fifth Acm International Conference On Multimedia. Anais...Acm, 1997. Disponível em: <Http://Dl.Acm.Org/Citation.Cfm?Id=266328>.Acesso em: Julho /2017.

COHEN, P. R.; MCGEE, D. R. **Tangible Multimodal Interfaces For Safety-Critical Applications**. Communications Of The Acm, V. 47, N. 1, P. 41–46, 2004.

COHEN, Philip R.; OVIATT, Sharon. **Multimodal speech and pen interfaces**. In: The Handbook of Multimodal-Multisensor Interfaces. Association for Computing Machinery and Morgan & Claypool, p. 403-447, 2017.

COMITÊ UFPE, "**Comitê de Ética em pesquisa da. UFPE".** https://www.ufpe.br/ccs/index.php?option=com_content&view=article&id=327&Itemid=255. Acesso em: Julho /2017.

CONCEITO.DE. **Site Colaborativo para Descrição de Conceitos**. http://conceito.de. acessado em Abril /2017.

CONNELLY, K., & KHALIL, A.**Towards Automatic Device Configuration in Smart Environments**. In Proceedings of UbiSys Workshop. 2003.

CORNEANU, C. A., SIMÓN, M. O., COHN, J. F., & GUERRERO, S. E**Survey on rgb, 3d, thermal, and multimodal approaches for facial expression recognition: History, trends, and affect-related applications**. IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence, 38(8), 1548-1568, 2016.

COSTA, D., & DUARTE, C. **Visually impaired people and the emerging connected TV: a comparative study of TV and Web applications' accessibility**. Universal Access in the Information Society, 1-18. 2016.

COVARRUBIAS, M. Et Al. **Multimodal Guidance System For Improving Manual Skills In Disabled People**. [S.L.] Springer, 2012.

CRAIG, Ashley et al. **The effectiveness of a hands-free environmental control system for the profoundly disabled**. Archives of physical medicine and rehabilitation, v. 83, n. 10, p. 1455-1458, 2002.

CZYZEWSKI, A. **Cross-domain applications of multimodal human-computer interfaces**. In Signal Processing: Algorithms, Architectures, Arrangements, and Applications (SPA), 2015 (pp. 11-11). IEEE, 2015.

D'MELLO, S.; PICARD, R. W.; GRAESSER, **A. Toward An Affect-Sensitive Autotutor**. Ieee Intelligent Systems, N. 4, P. 53–61, 2007.

DA SILVA XAVIER, Carlos Magno. **Gerenciamento de Projetos: como definir e controlar o escopo do projeto**. Saraiva, 2009.

DANIEL, J. **Commonwealth Of Learning**. 2006.

DARADOUMIS, T. Et Al. **A Review On Massive E-Learning (Mooc) Design, Delivery And Assessment**p2p, Parallel, Grid, Cloud And Internet Computing (3pgcic), 2013 Eighth International Conference On. Anais...IEEE, 2013. Disponível em: <Http://Ieeexplore.Ieee.Org/Xpls/Abs_All.Jsp?Arnumber=6681230>.Acesso em: Julho / 2017.

DAVIDSON, R. J. **Affective Neuroscience And Psychophysiology: Toward A Synthesis. Psychophysiology**, V. 40, N. 5, P. 655–665, 2003.

DAVIS, A. M., & BERSOFF, E. H. **Impacts of life cycle models on software configuration management**. Communications of the ACM, 34(8), 104-118. 1991.

DAVIS, Fred D. **Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology.** Mis quarterly, p. 319-340, 1989.

DE ALENCAR MENEZES, Tatiany Oliveira et al. **Perfil dos pacientes com necessidades especiais de uma clínica de odontopediatria**. Revista Brasileira em Promoção da Saúde, v. 24, n. 2, 2011.

DE AMORIM, Marcelo Lúcio Correia et al. **Rybenátv: Solução para acessibilidade de surdos para tv digital.** In: Proceedings of the XVI Brazilian symposium on multimedia and the web. p. 243-248, 2010

DE CARVALHO, Carlos Rosemberg Maia. **MEX-modelo genérico de experiência do usuário: uma evolução conceitual**. In: Proceedings of the VIII Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems. Sociedade Brasileira de Computação. p. 328-329, 2008.

DEBEVC, M., STJEPANOVIČ, Z., & HOLZINGER, A**Development and evaluation of an e-learning course for deaf and hard of hearing based on the advanced Adapted Pedagogical Index method**. Interactive learning environments, 22(1), 35-50, 2014..

DELGADO, R. L. C., & ARAKI, M. **Spoken, multilingual and multimodal dialogue systems: development and assessment**. John Wiley & Sons. 2007.

DEMO, P. **Educação Hoje. "Novas" Tecnologias, Pressões E Oportunidades**. Revista Brasileira De Formação De Professores, V. 1, N. 1, 2009.

DEMOGRÁFICO, IBGE Censo. **Resultados Preliminares da Amostra**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, 2010.

DESCARTES, R. **Dicours de la MeÂthode. Pour bien conduire, sa raison, et chercher la veÂriteÂ dans les sciences**. Plus la Dioptrique, les MeÂteÂores et la GeÂomeÂtrie. Qui sont les essais de cette MeÂthode, Jan Maire, Leyden. 1637.

DEWEY, J. **How We Think**. [S.L.] Courier Corporation, 1997.

DEWEY, J.; HICKMAN, L.; ALEXANDEr, T. M. **The Essential Dewey: Ethics, Logic, Psychology**. [S.L.] Indiana University Press, V. 2, 1998

DIX, Alan. **Human-computer interaction**. Springer US, 2009.

DOS SANTOS, Washington Romão; TOCSECK, Jonathan; GIMENES, Solange Sardi. **A utilização dos recursos EAD como apoio ao ensino presencial na educação básica**. Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia, v. 7, n. 1, 2014.

DOWNES, S. **Places To Go: Connectivism & Connective Knowledge**. Innovate: Journal Of Online Education, V. 5, N. 1, P. 6, 2008.

DUCHOWSKI, A. T. **A Breadth-First Survey Of Eye-Tracking Applications**. Behavior Research Methods, Instruments, & Computers, V. 34, N. 4, P. 455–470, 2002.

DUMAS, B.; LALANNE, D.; OVIATT, S. **Multimodal Interfaces: A Survey Of Principles, Models And Frameworks**. In: Human Machine Interaction. [S.L.] Springer. P. 3–26, 2009.

DUNN, R. S.; DUNN, K. J. **Teaching Students Through Their Individual Learning Styles: A Practical Approach.** [S.L.] Prentice Hall, 1978.

DUVINAGE, M.; CASTERMANS, T.; DUTOIT, T. **A P-300 Quantitative Comparation Between The Emotiv Epoc Headset And Medical Eeg Device**. In: Conference On Biomedical Engeenering (Biomed). Austria, 2012.

EIRA, M. S. Da. **Eye Communication System For Nonspeaking Patients**. [S.L.] Universidade Do Porto, 2014.

EKMAN, P. **The Directed Facial Action Task. Handbook Of Emotion Elicitation And Assessment,** P. 47–53, 2007.

EKMAN, P.; FRIESEN, W. V.; ELLSWORTH, P. **Emotion In The Human Face: Guidelines For Research And An Integration Of Findings**. [S.L.] Elsevier, 2013.

ELIAS, T. **Universal instructional design principles for Moodle**. The International Review of Research in Open and Distributed Learning, 11(2), 110-124, 2010.

EL-SATTAR, H. K. H. A.). **An Intelligent tutoring system for improving application accessibility of disabled learners**. In Computer Graphics, Imaging and Visualisation, 2008. CGIV'08. Fifth International Conference on (pp. 286-290). IEEE. 2008.

ENDERS, Alexandra; HALL, Marian. **Assistive technology sourcebook**., 1990.

EPOC+."**Emotiv Epoc plus**". <https://www.emotiv.com/product/emotiv-epoc-14-channel-mobile-eeg/>.Acesso em: Julho /2017.

ERHART, M., NGUYEN, A., SHIVASWAMY, R., ANDERSON, B., EMMENEGGER, C., & WEIBEL, N. **Personalized multimodal computer interfaces for the motor impaired**. In Proceedings of the 10th EAI International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare (pp. 211-214). ICST (Institute for Computer Sciences, Social-Informatics and Telecommunications Engineering). 2016.

FEITOSA, W., & BOTELHO, D. **Influência da excitação emocional e da utilidade do conteúdo no compartilhamento de informações entre consumidores online**. Revista Organizações em Contexto-online, 10(20), 243-265, 2014.

FERBER, J. Multi-Agent Systems: **An Introduction To Distributed Artificial Intelligence**. [S.L.] Addison-Wesley Reading, V. 1, 1999.

FERRAZ; Matta, C. E. M. Esud 2014 - Xi Congresso Brasileiro De Ensino Superior A Distancia. **Relato De Experiência Sobre A Inclusão De Pessoas Com Deficiência No Ensino Superior Por Meio De Educação A Distância**. Anais... In: Esud - 2014. Florianópolis/Sc: 2014. Acesso em: Mar/ 2017.

FIELDING, R. T.; KAISER, G. **The Apache Http Server Project**. Internet Computing, Ieee, V. 1, N. 4, P. 88–90, 1997.

FIMBELL, E. J. **Basic Keylogger**. 2011. <https://sites.google.com/site/basiclabbook/keyloggerbasiclabbook >. Acesso em: Julho / 2017.

FITZMAURICE, George W.; ISHII, Hiroshi; BUXTON, William AS. **Bricks: laying the foundations for graspable user interfaces**. In: Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems. ACM Press/Addison-Wesley Publishing Co., . p. 442-449, 1995.

FLIPPO, F.; KREBS, A.; MARSIC, I. **A Framework For Rapid Development Of Multimodal Interfaces**proceedings Of The 5th International Conference On Multimodal Interfaces. Anais...ACM, 2003. Disponível em: <Http://Dl.Acm.Org/Citation.Cfm?Id=958455>.Acesso em: Julho / 2017.

FPFTECH.**Tecnologias Assistivas**. <http://www.fpftech.com/tecnologias-assistivas/>. Acesso em: Maio /2017

GALITZ, Wilbert O. **The essential guide to user interface design: an introduction to GUI design principles and techniques**. John Wiley & Sons, 2007.

GAMMA, Erich et al. **Padrões de Projetos: Soluções Reutilizáveis**. Bookman editora, 2009.

GARBIN, Sander Maeda et al. **Estudo da evolução das interfaces homem-computador**. Tese de Doutorado. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. 2010.

GARCIA, Jesus Carlos Delgado; GALVÃO FILHO, Teófilo Alves. **Pesquisa nacional de tecnologia assistiva**. São Paulo: ITS Brasil/MCTI-Secis, 2012.

GARCIA-BORGOÑÓN, L. et al. **Software Process Accessibility in practice: a case study.** Procedia Computer Science, v. 27, p. 292-301, 2014.

GERVASI, Osvaldo; MAGNI, Riccardo; MACELLARI, Stefano. **A brain computer interface for enhancing the communication of people with severe impairment**. In: International Conference on Computational Science and Its Applications. Springer International Publishing, P.709-721, 2014.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5a. ed. SP: Atlas, 2010.

GILLEADE, K.; DIX, A.; ALLANSON, J. **Affective Videogames And Modes Of Affective Gaming: Assist Me, Challenge Me, Emote Me**. 2005.

GIULIA. **Projeto Giulia – Mãos que falam**. < http://www.projetogiulia.com.br/>. Acesso em: Julho/2017.

GLANCE, D. G.; Forsey, M.; Riley, M. **The Pedagogical Foundations Of Massive Open Online Courses**. First Monday, V. 18, N. 5, 2013.

GNECCO, B. B. Et Al. **Desenvolvimento De Interfaces Naturais De Interação Usando O Hardware Kinect**. Tendências Em Realidade Virtual E Aumentada. Niteroi-Rj: Sociedade Brasileira De Computação-Sbc, P. 37–46, 2012.

GOLDBERG, Benjamin; BRAWNER, Keith W.; HOLDEN, Heather K. **Efficacy of measuring engagement during computer-based training with low-cost electroencephalogram (EEG) sensor outputs**. In: Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting. Sage CA: Los Angeles, CA: SAGE Publications, P. 198-202, 2012.

GONZALEZ-SANCHEZ, J. Et Al. **Abe: An Agent-Based Software Architecture For A Multimodal Emotion Recognition Frameworksoftware Architecture** (Wicsa), 2011 9th Working Ieee/Ifip Conference On. Anais...IEEE, 2011. Disponível em: <Http://Ieeexplore.Ieee.Org/Xpls/Abs_All.Jsp?Arnumber=5959690>.Acesso em: Julho /2017.

GOULART, R. R.; GIRAFFA, L. M. M. **Arquiteturas De Sistemas Tutores Inteligentes**. Relatório Técnico-Pucrs, V. 11, 2001.

GRAUMAN, K. Et Al. **Communication Via Eye Blinks And Eyebrow Raises: Video-Based Human-Computer Interfaces**. Universal Access In The Information Society, V. 2, N. 4, P. 359–373, 2003.

GREEN, D., & PEARSON, J. M. **Development of a web site usability instrument based on ISO 9241-11**. Journal of Computer Information Systems, 47(1), 66-72, 2006.

GRGURIC, A., GIL, A. M. M., HULJENIC, D., CAR, Z., & PODOBNIK, V. **A Survey on User Interaction Mechanisms for Enhanced Living Environments**. In ICT Innovations 2015 (pp. 131-141). Springer International Publishing. 2016.

GRIFFITH, A. **An Exploration Of The Open Eeg Project.** Chg Wright S Biodata Systems, 2006.

GRIOL, D., GARCÍA, J., & MOLINA, J. M. **Combining heterogeneous inputs for the development of adaptive and multimodal interaction systems**. 2013.

GRUENSTEIN, A., MCGRAW, I., & BADR, I. **The WAMI toolkit for developing, deploying, and evaluating web-accessible multimodal interfaces**. In Proceedings of the 10th international conference on Multimodal interfaces (pp. 141-148). ACM. 2008.

GRUPOA-BLOG. **Educação a distância e necessidades especiais: a inclusão pela tecnologia.** http://www.desafiosdaeducacao.com.br/educacao-distancia-necessidades-especiais-inclusao-pela-tecnologia/. Acesso em : Maio/2017.

GUILLAUMIN, M.; VERBEEK, J.; SCHMID, C. **Multimodal Semi-Supervised Learning For Image Classificationcomputer Vision And Pattern Recognition** (Cvpr), 2010. IEEE Conference On. Anais...IEEE, 2010. p. 902-909.Disponível em: Http://Ieeexplore.Ieee.Org/Xpls/Abs_All.Jsp?Arnumber=5540120. Acesso em: Julho /2017.

GÜRKÖK, H.; NIJHOLT, A. **Brain–Computer Interfaces For Multimodal Interaction: A Survey And Principles**. International Journal Of Human-Computer Interaction, V. 28, N. 5, P. 292–307, 2012.

GÜRKÖK, H.; POEL, M.; ZWpIERS, J. **Classifying Motor Imagery In Presence Of Speechneural Networks** (Ijcnn), The 2010 International Joint Conference On. Anais...IEEE, 2010. V. 28, N. 5, P. 292–307, 2010. Disponível em: <Http://Ieeexplore.Ieee.Org/Xpls/Abs_All.Jsp?Arnumber=5595733>.Acesso em: Julho /2017.

GURKOK, Hayrettin; NIJHOLT, Anton; POEL, Mannes. **Brain-computer interface games: Towards a framework. Handbook of Digital Games and Entertainment Technologies**, p. 133-150, 2017.

HAKEEM, A.; SHAH, M. **Ontology And Taxonomy Collaborated Framework For Meeting Classificationpattern Recognition**, 2004. Icpr 2004. Proceedings Of The 17th International Conference On. Anais...IEEE, 2004. Disponível em: <Http://Ieeexplore.Ieee.Org/Xpls/Abs_All.Jsp?Arnumber=1333743>.Acesso em: Julho / 2017.

HANJALIC, A.; XU, L.-Q. **Affective Video Content Representation And Modeling**. Multimedia, Ieee Transactions On, V. 7, N. 1, P. 143–154, 2005.

HARRISON, B. L. Et Al. **Squeeze Me, Hold Me, Tilt Me! An Exploration Of Manipulative User Interfaces.**Proceedings Of The Sigchi Conference On Human Factors In Computing Systems. Anais...Acm Press/Addison-Wesley Publishing Co., 1998. Disponível em: <Http://Dl.Acm.Org/Citation.Cfm?Id=274647>. Acesso em: Julho / 2017

HARRY, Mikel J.; SCHROEDER, Richard. **Six sigma: the breakthrough management strategy revolutionizing the world's top corporations.** Broadway Business, 2005.

HEILMAN, K. H. **The neurobiology of emotional experience**. The neuropsychiatry of limbic and subcortical disorders, 133-142. 1997.

HENRY, Shawn Lawton. **Just ask: integrating accessibility throughout design**. Lulu.com, 2007.

HENRY, Shawn Lawton.**Managing Accessibility In Technology: Bringing Together People, Processes, and Techniques For Successful Implementation**.2001. http://www.uiaccess.com/bookcontents.html. Acesso em: Julho / 2017.

HENRY, Shawn Lawton; ABOU-ZAHRA, Shadi; BREWER, Judy. **The role of accessibility in a universal web**. In: Proceedings of the 11th Web for All Conference. ACM, p. 17, 2014.

HEWETT Et Al. Acm Sigchi **Curricula For Human-Computer Interaction: Front Page And Full Table Of Contents**. Disponível em: <Http://Old.Sigchi.Org/Cdg/>. Acesso em: Junho/ 2017.

HICKEL, Melita. **A Educação a Distância e as possibilidades de inclusão (ões).** In: Anais do 17º Congresso Internacional de Educação a Distância ABED. 2011.

HILL, P. Four Barriers **That Moocs Must Overcome To Build A Sustainable Model**. Recuperado El, V. 1, 2012.

HOLLINGSWORTH, J. E.; WEIDE, B. W. **Micro-Architecture Vs. Macro-Architecture.**Proceedings Of The Seventh Annual Workshop On Software Reuse. Anais...Citeseer, 1995. Disponível em: <Http://Citeseerx.Ist.Psu.Edu/Viewdoc/Download?Doi=10.1.1.55.3904&Rep=Rep1&Type=Pdf>. Acesso em: Julho/2017.

HUANG, Ching-Tang et al**. A wearable yarn-based piezo-resistive sensor**. Sensors and Actuators A: Physical, v. 141, n. 2, P. 396-403, 2008.

HUANG, T. S. Et Al. **Human-Centered Computing: Toward A Human Revolution**. Computer, V. 40, N. 5, P. 0030–34, 2007.

IBGE."**Resultado do Censo Demográfico Brasileiro de 2010**". Disponível em: http://censo2010.ibge.gov.br/. Acesso em: Julho /2017.

IDEO. **Service consulting for product innovation and design**. < https://www.ideo.com/ >. Acesso em: Julho /2017.

INFOWORLD. **The State Of Cloud Computing: An Infoworld Special Report**. 2012.

ISHII, Hiroshi et al. **Radical atoms: beyond tangible bits, toward transformable materials.** interactions, v. 19, n. 1, P. 38-51, 2012.

ISHII, Hiroshi. **The tangible user interface and its evolution**. Communications of the ACM, v. 51, n. 6, P. 32-36, 2008.

ISHII, Hiroshi; ULLMER, Brygg. **Tangible bits: towards seamless interfaces between people, bits and atoms**. In: Proceedings of the ACM SIGCHI Conference on Human factors in computing systems. ACM, P. 234-241, 1997.

ISO, A.-N. IEC 9126. **Engenharia De Software-Qualidade De Produto**. https://www.iso.org/. 2003. Acesso em: Julho / 2017.

ISO/TR 16982. **Ergonomics of Human-System Interaction–Usability Methods Supporting Human-Centred Design**. 2002.

ISOTANI, S.; TSUTSUMI, M.; BRANDÃO, L. De O. **O Uso Do Computador No Ensino De Geometria Para Deficientes Auditivos**. Anais Do III Fórum De Informática Aplicada A Pessoas Portadoras De Necessidades Especiais, P. 637–642, 2004.

JADHAV, N., MANTHALKAR, R., & JOSHI, Y. **Effect of meditation on emotional response: An EEG-based study**. Biomedical Signal Processing and Control, 34, 101-113. 2017.

JAIMES, Alejandro & SEBE, Nicu. "**Multimodal Human–Computer Interaction: A survey**." Computer Vision and Image Understanding 108.1, P.116-134, 2007.

JARVIS. **Site oficial do Aplicativo**. < https://kripytonianojarvis.com/>.Acesso em: Julho / 2017.

JOHNSON, L. Et Al. **Nmc Horizon Report: 2014** K. 2014.

JOHNSON, R. E. **Components, Frameworks, Patternsacm Sigsoft Software Engineering Notes.** Anais...ACM, 1997.Disponível em: <Http://Dl.Acm.Org/Citation.Cfm?Id=258378>. Acesso em: Julho / 2017

JUNG, C. F. **Metodologia para pesquisa & desenvolvimento: aplicada a novas tecnologias, produtos e processos.** Rio de Janeiro/RJ: Axcel Books do Brasil Editora, 2004.

JUNG, C. F. **Disciplina Metodologia Científica e Tecnológica** - Cursos de Engenharia, Tecnologia e Sistemas Metodologia Científica - Pesquisa e Desenvolvimento, 2009. Disponível em: http://www.jung.pro.br/moodle/course/view.php?id=9. Acesso em: Julho / 2017.

JUNIOR, V. dos R. I. **Um Framework Para Desenvolvimento De Interfaces Multimodais** Em Aplicações De Computação Ubíqua. [S.L.] Instituto De Ciências Matemáticas E De Computação, 2007.

KALTENBRUNNER, M. **Reactivision And Tuio: A Tangible Tabletop Toolkitproceedings** Of The ACM International Conference On Interactive Tabletops And Surfaces. Anais...ACM, 2009. Disponível em: <Http://Dl.Acm.Org/Citation.Cfm?Id=1731906>. Acesso em: Julho / 2017.

KAMMERSGAARD, J. **Four Different Perspectives On Human–Computer Interaction**. International Journal Of Man-Machine Studies, V. 28, N. 4, P. 343–362, 1988.

KBAR, G., ABIDI, M. H., HAMMAD MIAN, S., AL-DARAISEH, A. A., & MANSOOR, W. **A University-Based Smart and Context Aware Solution for People with Disabilities** (USCAS-PWD). Computers, 5(3), 18, 2016.

KBAR, G., BHATIA, A., & ABIDI, M. H. **Smart unified interface for people with disabilities at the work place.** In Innovations in Information Technology (IIT), 2015 11th International Conference on (pp. 172-177). IEEE, 2015.

KBAR, G., BHATIA, A., ABIDI, M. H., & ALSHARAWY, I. **Assistive technologies for hearing, and speaking impaired people: a survey**. Disability and Rehabilitation: Assistive Technology, 12(1), 3-20, 2017.

KERR, B. **A Challenge To Connectivismonline Connectivism Conference**. Retrieved On January. Anais..., 2007.

KESSLER, R., BACH, M., & HEINRICH, S. P. **Two-Tactor Vibrotactile Navigation Information for the Blind: Directional Resolution and Intuitive Interpretation**. IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering, 25(3), 279-286, 2017.

KHAN, S. **The One World Schoolhouse: Education Reimagined**. [S.L.] Twelve, 2012.

KHRIB, M. K.; JEMN, M.; NASRAOUI, O. **Automatic Recommendations For E-Learning Personalization Based On Web Usage Mining Techniques And Information Retrieval**advanced Learning Technologies, 2008. Icalt'08. Eighth IEEE International Conference On. Anais...IEEE, 2008disponível em: <Http://Ieeexplore.Ieee.Org/Xpls/Abs_All.Jsp?Arnumber=4561676>. Acesso em: Julho / 2017.

KOLB, A. Y. **The Kolb Learning Style Inventory—Version 3.1** 2005.Technical Specifications. Boston, Ma: Hay Resource Direct, V. 200, 2005.

KOLOWICH, S. **How "Open" Are Moocs?**". Inside Higher Ed, V. 8, 2012.

KOTHARI, C. R. **Research methodology: Methods and techniques.** New Age International. 2004.

KRAHNSTOEVER, N. Et Al. **A Real-Time Framework For Natural Multimodal Interaction With Large Screen Displays**proceedings Of The 4th IEEE International Conference On Multimodal Interfaces. Anais...IEEE Computer Society, 2002. Disponível em: <Http://Dl.Acm.Org/Citation.Cfm?Id=847776>. Acesso em: Julho / 2017.

KUNO, Y.; SHIMADA, N.; SHIRAI, Y. **Look Where You're Going** [Robotic Wheelchair]. Robotics & Automation Magazine, IEEE, V. 10, N. 1, P. 26–34, 2003.

KURT VANLEHN. **Affective Meta Tutor** – Arizona State University - ASU, Julho 2017. Disponível em: Http://Amt.Asu.Edu. Acesso em: Julho/2017

LABIUTIL. **Laboratório de Utilizabilidade da Informática - UFSC**. http://www.labiutil.inf.ufsc.br/hiperdocumento/unidade2_1_2.html. Acesso em: Julho / 2017.

LANE, L. **Three Kinds Of Moocs**. Lisa's (Online) Teaching Blog, 2012.

LANG, P. J. **The Emotion Probe: Studies Of Motivation And Attention**. American Psychologist, V. 50, N. 5, P. 372, 1995.

LAUREATE.**Laureate International Universities**. <http://www.laureate.net/>. Acesso em: Julho / 2017.

LEADERSHIP." **XPC 4440**". < http://www.leadership.com.br/>. Acesso em : Julho/ 2017.

LEAPMOTION." **Leap Motion Controller** ". <https://www.leapmotion.com>. Acesso em: Julho / 2017.

LEE. "**Laboratório de Epidemiologia e Estatística da Faculdade de Medicina da USP - Universidade de São Paulo**
".<.http://www.lee.dante.br/pesquisa/amostragem/di_1_pro_est.html>. Acesso em: Julho / 2017.

LENOVO."**Lenovo Desktop Line**".< http://www.lenovo.com>. Acesso em : Julho / 2017.

LIDWELL, William; HOLDEN, Kritina; BUTLER, Jill. **Universal principles of design, revised and updated: 125 ways to enhance usability, influence perception, increase appeal, make better design decisions, and teach through design**. Rockport Pub, 2010.

LIMA, Claudia Regina Uchoa de. **Acessibilidade tecnológica e pedagógica na apropriação das tecnologias de informação e comunicação por pessoas com necessidades educacionais especiais**. 2003.

LIN, Y. Y., PARK, K., & MAKEDON, F. **From dialogue management to pervasive interaction based assistive technology**. In Proceedings of the 3rd International Conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments (p. 28). ACM. 2010.

LINDERMAN, Kevin et al. **Six Sigma: a goal-theoretic perspective**. Journal of Operations management, v. 21, n. 2, p. 193-203, 2003.

LOBATO, F. H.; OLIVEIRA, J. B. F. De; SILVA, T. A. Dos S. **Modelo De Acessibilidade Em Governo Eletrônico**. 2012.

LOCK, J., CIELNIAK, G., & BELLOTTO, N. **Portable navigations system with adaptive multimodal interface for the blind**. AAAI. 2017.

LOGITECH."**Logitech HD Webcam C270**". <https://www.logitech.com/pt-br/product/hd-webcam-c270>. Acesso em: Julho /2017.

LOGOTHETIS, N. K. **What We Can Do And What We Cannot Do With Fmri**. Nature, V. 453, N. 7197, P. 869–878, 2008.

LOPES, E. C. **Determinando A Posição E A Orientação Da Mão Através De Imagens De Vídeo**. 2005.

LOPES, Kathya Augusta Thomé et al. **Resgate da autonomia de pessoa com deficiência física por meio do acesso à informática possibilitada pela utilização de um mouse ocular**. da revista em português inglês, v. 9, n. 1-2, 2010.

LOPES, M. Et Al. **Multi-Armed Bandits For Intelligent Tutoring Systems**. Arxiv Preprint Arxiv:1310.3174, 2013.

LUJÁN-MORA, Sergio; MASRI, Firas.**A combined agile methology for the evalution of accessibility**. In: IHCI 2011, IADIS International Conference on Interfaces and Human Computer Interation 2011, p.423-428, Rome (Italy), July 24-26, 2011.

LUJÁN-MORA, Sergio; MASRI, Firas**. Integration of web accessibility into agile methods.** In: Proceedings of the 14th International Conference on Enterprise Information Systems (ICEIS 2012). p. 123-127, 2012.

LUEPHATTANASUK, N.; SUCHATO, A.; PUNYABUKKANA, P. **Accessible Qti Presentation For Web-Based E-Learning**proceedings Of The International Cross-Disciplinary Conference On Web Accessibility. Anais..ACM, 2011. Disponível em: <Http://Dl.Acm.Org/Citation.Cfm?Id=1969323>. Acesso em: Julho /2017.

LUNA, Iviane Ramos de et al. **NFC technology acceptance for mobile payments: a brazilian perspective**. Revista brasileira de gestão de negócios, v. 19, n. 63, p. 82-103, 2017.

LWANGA, S. K., LEMESHOW, S., & WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Sample size determination in health studies: a practical manual**. 1991.

MACHADO, A. M. A. **Introdução ao conceito de design inclusivo - aplicações práticas em desenho urbano e equipamentos sociais/saúde**, 2006. Disponível em: <Http://Www4.Seg-Social.Pt/Documents/10152/18931/Design_Inclusivo>. Acesso em: 8 Jun/ 2017.

MAMPUSTI, Ella T. et al. **Measuring academic affective states of students via brainwave signals.** In: Knowledge and Systems Engineering (KSE), 2011 Third International Conference on. IEEE, p. 226-231, 2011.

MARTÍN, Yod-Samuel; YELMO, Juan C. **Guidance for the development of accessibility evaluation tools following the Unified Software Development Process**. Procedia Computer Science, v. 27, p. 302-311, 2014.

MARTINS, Livia Cristina Gabos; PENTEADO, Bruno Elias. **A Method Proposal for Implementing Accessibility in Desktop Applications for Visually Impaired Users**. In: ICEIS (4). p. 287-290, 2011.

MATTAR, J. **Aprendizagem Em Ambientes Virtuais: Teorias, Conectivismo E Moocs**. São Paulo: Teccogs-Puc/Sp, N. 7, P. 21–40, 2013.

MAYER, R. E.; DAPRA, C. S. **An Embodiment Effect In Computer-Based Learning With Animated Pedagogical Agents**. Journal Of Experimental Psychology: Applied, V. 18, N. 3, P. 239, 2012.

MAZOUE, James G. **The MOOC model: Challenging traditional education**. 2014.

MCAULEY, A. Et Al. **Massive Open Online Courses: Digital Ways Of Knowing And Learning.** Charlottetown, Pe: University Of Prince Edward Island, 2010.

MCNEILL, D. **Hand And Mind: What Gestures Reveal About Thought**. [S.L.] University Of Chicago Press, 1992.

MESSA, W. C. **Utilização de ambientes virtuais de aprendizagem - ava: a busca por uma aprendizagem significativa**. V. 9, N. Revista Brasileira De Aprendizagem Aberta E A Distância, P. 49, 2010.

MEYER, S.; RAKOTONIRAINY, A. **A Survey Of Research On Context-Aware Homes.** Proceedings Of The Australasian Information Security Workshop Conference On Acsw Frontiers 2003-Volume 21. Anais...Australian Computer Society, Inc., 2003. Disponível em: <Http://Dl.Acm.Org/Citation.Cfm?Id=828005>.Acesso em: Julho /2017.

MICROSOFT." **Sistema Operacional Windows 10** Pro".<https://www.microsoft.com>. Acesso em : Julho /2017.

MIKOŁAJEWSKA, E., & MIKOŁAJEWSKI, D. **E-learning in the education of people with disabilities**. Adv Clin Exp Med, 20(1), P.103-109, 2011.

MIRANDA-CORREA, J. A., ABADI, M. K., SEBE, N., & PATRAS, I. **AMIGOS: A dataset for Mood, personality and affect research on Individuals and GrOupS**. arXiv preprint arXiv:1702.02510, 2017.

MOGGRIDGE, Bill; ATKINSON, Bill. **Designing interactions**. Cambridge, MA: MIT press, 2007.

MOLDOVEANU, M. **The Neurophysiology Of E-Learning: Designing The Mind-Brain-Body-Optimized Mooc**. 2013.

MÓNICA FARIA, B., VASCONCELOS, S., PAULO REIS, L., & LAU, N. **Evaluation of distinct input methods of an intelligent wheelchair in simulated and real environments: a performance and usability study**. Assistive Technology, 25(2), 88-98. 2013.

MORENO, R., & MAYER, R. **Interactive multimodal learning environments**. Educational Psychology Review, 19(3), 309-326, 2007.

MORTAZAVI, B., & ALISHIRVANI, N. **Multimodal User Interface, Enabling of Assistive Robots**. Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège, 85, 446-453, 2016.

MOSTAFAVI, M. A., NOREAU, L., EDWARDS, G., FOUGEYROLAS, P., HUBERT, F., VINCENT, C., & ROUTHIER, F. **Urban Accessibility in Action: Development of a Geospatial assistive technology for navigation of people with motor disabilities**. Géocongrès, October, 2014.

MUNTEANU, C., IRANI, P., OVIATT, S., AYLETT, M., PENN, G., PAN, S., ... & NAKADAI, K. **Designing Speech and Multimodal Interactions for Mobile, Wearable, and Pervasive Applications**. In Proceedings of the 2016 CHI Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems (pp. 3612-3619). ACM. 2016.

NAG.**Nucleo de Acessibilidade da Faculdade Guararapes**. .< https://www.faculdadeguararapes.edu.br/v2/hotsite/nag/13> Acesso em :Julho/2017.

NARAYAN, M. Et Al. **Staging Transformations For Multimodal Web Interaction Management**proceedings Of The 13th International Conference On World Wide Web. Anais...Acm, 2004. Disponível em: <Http://Dl.Acm.Org/Citation.Cfm?Id=988702>.Acesso Em: 13 Mar/ 2016.

NBR, ABNT. 9241-11. **Requisitos ergonômicos para trabalho de escritório com computadores: Parte 11—Orientação sobre usabilidade**. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Rio de Janeiro: sn, P. 21, 2002.

NETO, Americo Talarico. **Uma abordagem para projeto de aplicações com interação multimodal na Web** Tese de Doutorado. Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação. 2011.

NICKEL, E. M. **Sistematização da implementação de tecnologia assistiva para o contexto educacional**. 264 f. Thesis (Ph.D. in Production Engineering). Graduate Program in Production Engineering from the Federal University of Santa Catarina. Florianópolis. 2012.

NICOLAOU, M. A., GUNES, H., & PANTIC, M. **Continuous prediction of spontaneous affect from multiple cues and modalities in valence-arousal space**. IEEE Transactions on Affective Computing, 2(2), 92-105, 2011.

NIELSEN, J. **Why you only need to test with 5 users**. https://www.nngroup.com/articles/why-you-only-need-to-test-with-5-users/. 2000. Acesso Em: Julho/2017.

NIGAY, L.; COUTAZ, J. **A Design Space For Multimodal Systems: Concurrent Processing And Data Fusion**proceedings Of The Interact'93 And Chi'93 Conference On Human Factors In Computing Systems. Anais...ACM, 1993.disponível em: <Http://Dl.Acm.Org/Citation.Cfm?Id=169143>. Acesso Em: Julho / 2017.

NIJBOER, F. **Technology transfer of brain-computer interfaces as assistive technology: Barriers and opportunities**. Annals of physical and rehabilitation medicine, v. 58, n. 1, p. 35-38, 2015.

NORMAN, D. A. **The Design Of Everyday Things: Revised And Expanded Edition**. [S.L.] Basic Books, 2013.

NORMAN, D. A.; Shallice, T. **Attention To Action**. [S.L.] Springer, 1986.

NORMAN, D. **The Next Ui Breakthrough: Command Lines**. Interactions, V. 14, N. 3, P. 44–45, 2007.

NTP-POOL.**south-america.pool.ntp.org**. < http://www.pool.ntp.org/zone/south-america>. Acesso em: Maio / 2017.

NUNES, F. B. Et Al. **Ambientes virtuais de aprendizagem e ambientes imersivos: um estudo de caso utilizando tecnologias de computação móvelanais** Do Simpósio Brasileiro De Informática Na Educação. Anais...2013. Disponível em: <Http://Www.Researchgate.Net/Profile/Gleizer_Voss/Publication/268078497_Ambientes_Virtuais_De_Aprendizagem_E_Ambientes_Imersivos_Um_Estudo_De_Caso_Utilizando_Tecnologias_De_Computao_Mvel/Links/546161270cf2c1a63bff853f.Pdf>. Acesso em: Julho /2017.

NUNES, M. Et Al. **Animated Pedagogical Agent In The Intelligent** Virtual Teaching Environment. Interactive Educational Multimedia, V. 4, P. 53–60, 2002.

NUZHDIN, Yuri O. et al. **The Expectation Based Eye-Brain-Computer Interface: An Attempt of Online Test**. In: Proceedings of the 2017 ACM Workshop on An Application-oriented Approach to BCI out of the laboratory. ACM, P. 39-42, 2017.

NWANA, H. S. **Software Agents: An Overview**. The Knowledge Engineering Review, V. 11, N. 03, P. 205–244, 1996.

OLIVEIRA, A. de. **Projeto de Pesquisa para Desenvolvimento de Tese de Doutorado - Intrfaces Adaptativas Pne X Ead**, 2012.

OLIVEIRA, A."**Acessibilidade para PNE em MOOC-INTELIGENTE uma Abordagem Multimodal**". <https://goo.gl/rxMjpC>. Exame de Qualificação e Proposta de Tese, 2016. Acesso em: Maio / 2017.

OMS.Organização Mundial da Saúde. **Relatório mundial sobre a deficiência**. Sedpcd São Paulo, 2012

OPENREDU."**Rede Social Educacional**". <http://www.openredu.com/ & http://openredu.cin.ufpe.br/>. Acesso em: Julho / 2017.

OVIATT, S. **Multimodal Interactive Maps: Designing For Human Performance**. Human-Computer Interaction, V. 12, N. 1, P. 93–129, 1997.

OVIATT, S. **Ten Myths Of Multimodal Interaction**. Communications Of The Acm, V. 42, N. 11, P. 74–81, 1999b.

OVIATT, S. **Mutual Disambiguation Of Recognition Errors In A Multimodel Architecture**proceedings Of The Sigchi Conference On Human Factors In Computing Systems. Anais...ACM, 1999c. Disponível em: <Http://Dl.Acm.Org/Citation.Cfm?Id=303163>.Acesso em: Julho / 2017.

OVIATT, S. **Designing The User Interface For Multimodal Speech And Pen-Based Gesture Applications: State-Of-The-Art Systems And Future Research Directions**. Human-Computer Interaction, V. 15, N. 4, P. 263–322, 2000.

OVIATT, S., & COHEN, P. **Perceptual user interfaces: multimodal interfaces that process what comes naturally**. Communications of the ACM, 43(3), 45-53, 2000.

OVIATT, S., COHEN, P., WU, L., DUNCAN, L., SUHM, B., BERS, J., ... & FERRO, D. **Designing the user interface for multimodal speech and pen-based gesture applications: state-of-the-art systems and future research directions**. Human-computer interaction, 15(4), 263-322, 2000.

OVIATT, S. "**Multimodal Interfaces**". In The Human-Computer Interaction Handbook: Fundamentals, Evolving Technologies and Emerging Applications, J.JACKO AND A. SEARS, Eds. Lawrence Erlbaum Assoc.,Mahwah, NJ, 2003, chap.14, 286-304, 2003.

OVIATT, S. **Advances in robust multimodal interface design**. IEEE Computer Graphics and Applications, 23(5), 62-68, 2003.

OVIATT, S., COULSTON, R., & LUNSFORD, R**When do we interact multimodally?: cognitive load and multimodal communication patterns**. In Proceedings of the 6th international conference on Multimodal interfaces (pp. 129-136). ACM. 2004.

OVIATT, S."**Multimodal Interfaces".Chap. 14 in Human-Computer Interaction Handbook: Fundamentals, Evolving Technologies, and Emerging Applications,** L. Erlbaum Assoc. Inc., , pp. 286-304, 2007.

OVIATT, S. **Multimodal Interfaces. The Human-Computer Interaction Handbook: Fundamentals, Evolving Technologies And Emerging Applications**, V. 14, P. 286–304, 2003a.

OVIATT, S**Computer interfaces can stimulate or undermine students' ability to think.** In Revolutionizing education with digital ink (pp. 19-26). Springer International Publishing. . 2016.

OWANO, N. **MYO armband to muscle into computer (w/ video).** Phys.org, 2013. Disponível em:<http://phys.org/news/2013-04-myo-armband-muscle-video.html>.Acesso em: Julho / 2017.

OWANO, N. **Thalmic Labs' Alpha users explore Myo with Oculus**. Phys.org, 2014. Disponível em: <http://phys.org/news/2014-02-thalmic-labs-alpha-users-explore.html>.Acesso em: Julho /2017.

OXFORD. **Oxford Dictionary On-Line.**https://en.oxforddictionaries.com/definition/method, acesso em: Julho /2017.

PALADINI, Edson Pacheco. **Gestão da qualidade: teoria e prática**. 2010.

PAN, H.; LIANG, Z.-P.; HUANG, T. S. **Exploiting The Dependencies In Information Fusioncomputer Vision And Pattern Recognition**, 1999. Ieee Computer Society Conference On. Anais...Ieee, 1999.Disponível em: <Http://Ieeexplore.Ieee.Org/Xpls/Abs_All.Jsp?Arnumber=784713>.Acesso em: Julho / 2017.

PANTIC, M. Et Al. **Affective Multimodal Human-Computer Interaction**proceedings Of The 13th Annual Acm International Conference On Multimedia. Anais..ACM, 2005. Disponível Em: <Http://Dl.Acm.Org/Citation.Cfm?Id=1101299>.Acesso em: Julho /2017.

PANTIC, M.; ROTHKRANTZ, L. J. **Toward An Affect-Sensitive Multimodal Human-Computer Interaction.** Proceedings Of The Ieee, V. 91, N. 9, P. 1370–1390, 2003.

PAPPANO, L. The Year Of The Mooc. Education Life. The New York Times, 2012.

PARK, H. D. **IT Accessibility Enhancement in Smart Home Network Systems.** International Information Institute (Tokyo). Information, 18(5 (A)), 1695. 2015.

PARKES, Amanda; POUPYREV, Ivan; ISHII, Hiroshi. **Designing kinetic interactions for organic user interfaces.** Communications of the ACM, v. 51, n. 6, p. 58-65, 2008.

PAVLOVIC, V. Et Al. **Visual Interpretation Of Hand Gestures For Human-Computer Interaction: A Review.** Pattern Analysis And Machine Intelligence, Ieee Transactions On, V. 19, N. 7, P. 677–695, 1997.

PAWLOWSKI, J. M.; Hoel, T. **Towards A Global Policy For Open Educational Resources: The Paris Oer Declaration And Its Implications**. White Paper, Version 0.2, Jyväskylä, Finland, 2012.

PEDROSO, Marcelo Caldeira. **Uma metodologia de análise estratégica da tecnologia.** Gestão & Produção, v. 6, n. 1, p. 61-76, 1999.

PEREIRA, A. S.; GEYER, C. F. R. **Um Agente Para Seleção De Estratégias De Ensino Em Ambientes Educacionais Na Internet**. Rita, V. 6, N. 2, P. 89–105, 1999.

PEREIRA, A. T. C.; SCHMITT, V.; DIAS, M. **Ambientes Virtuais De Aprendizagem. Ava-Ambientes Virtuais De Aprendizagem Em Diferentes Contextos**. Rio De Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda, 2007.

PEREIRA, C. B. **Pessoas Com Necessidades Especiais**. Revista Virtual Da Acbo-Issn 2316-7262, V. 4, N. 2, 2015.

PÉREZ, G., AMORES, G., & MANCHÓN, P. **Two strategies for multimodal fusion.** Proceedings of Multimodal Interaction for the Visualization and Exploration of Scientific Data, Trento, Italy, 26-32. 2005.

PETERMAN, R. **Uma Abordagem Sobre Interface Cérebro Computador E Suas Aplicações Na Computação.** Paranavaí: Unipar, 2010.

PHAM, T. D., & TRAN, D**Emotion recognition using the emotiv epoc device.** In International Conference on Neural Information Processing (pp. 394-399). Springer Berlin Heidelberg. 2012.

PICARD, R. W. **Affective Computing: Challenges**. International Journal Of Human-Computer Studies, V. 59, N. 1, P. 55–64, 2003.

PICARD, R. W.; PICARD, R. **Affective Computing**. [S.L.] Mit Press Cambridge. V. 252,, 1997.

PLATAFORMA BRASIL. "**Plataforma Brasil do Ministério da Saúde**". http://aplicacao.saude.gov.br/plataformabrasil/login.jsf. Acesso em: Julho /2017.

PORTA, M. Vision-based user interfaces: methods and applications. International Journal of Human-Computer Studies, 57(1), 27-73, 2002.

PORTER, A., MUZTOBA, M., & OGRAS, U. Y. **Human-machine communication for assistive IoT technologies.** In Proceedings of the Eleventh IEEE/ACM/IFIP International Conference on Hardware/Software Codesign and System Synthesis (p. 31). ACM. 2016.

POTAMIANOS, G. Et Al. **Audio-Visual Automatic Speech Recognition: An Overview**. Issues In Visual And Audio-Visual Speech Processing, V. 22, P. 23, 2004.

PRENSKY, M. **Digital Natives, Digital Immigrants Part 1**. On The Horizon, V. 9, N. 5, P. 1–6, 2001.

PRODANOV, C. C., & FREITAS, E. C. D. **Metodologia do trabalho científico**. Novo Hamburgo: Feevale. 2013.

PYZDEK, Thomas; KELLER, Paul A. **The six sigma handbook**. McGraw-Hill Education, 2014.

QUEIROZ, R. A. B. De; MARAR, J. F.; COSTA, D. N. **Face: Um Sistema Inteligente Para Detecção De Faces Humanas Em Imagens Digitalizadas.** Unopar Científica Ciências Exatas E Tecnológicas, V. 5, N. 1, 2014.

RABELO, R. J. **Notas De Aula Do Prof. Ricardo Rabelo Para Disciplina Inteligência Artificial Aplicada À Controle E Automação**. UFSC, 2015. Disponível Em: Http://User.Das.Ufsc.Br/~Rabelo/ .Acesso em: Julho / 2017

REESE, G. Et Al. **Managing & Using Mysql: Open Source Sql Databases For Managing Information & Web Sites**. [S.L.] O'reilly Media, Inc., 2002.

REINO, L. S. A. **Redes Sociais E Marketing Digital, O Caso Do Firula's Café**. [S.L.] Universidade Federal Do Maranhão [Www. Bocc. Ubi. Pt/Pag/Reino-Lucas-Redes-Sociais-Emarketing-Digital. Pdf], 2012.

REZENDE, Denis Alcides. **Engenharia de software e sistemas de informação**. Brasport, 2005.

REZENDE, Denis Alcides; DE ABREU, Aline França. **Planejamento estratégico da tecnologia de informação alinhado ao planejamento estratégico de empresas**. Revista de Administração Mackenzie, v. 3, n. 2, 2008.

ROSE, D. H., MEYER, A., & HITCHCOCK, C. **The Universally Designed Classroom: Accessible Curriculum and Digital Technologies.** Harvard Education Press. 8 Story Street First Floor, Cambridge, MA 02138. 2005.

ROSEMBERG, CARLOS. **Modelo genérico de experiencia do usuario (MEX)**.< https://pt.slideshare.net/carlbberg/mex-modelo-genrico-de-experincia-do-usurio>. Acesso em: Julho / 2017.

ROTH, P.; PUN, T. **Design And Evaluation Of Multimodal System For The Non-Visual Exploration Of Digital Pictures.Interact**. Anais...2003. Disponível em: <Http://Www.Idemployee.Id.Tue.Nl/G.W.M.Rauterberg/Conferences/Interact2003/Interact2003-P607.Pdf>. Acesso em: Julho /2017.

RUBIN, Jeffrey; CHISNELL, Dana**. Handbook of usability testing: how to plan, design and conduct effective tests.** John Wiley & Sons, 2008.

RUDOWSKY, I. **Intelligent Agents.** The Communications Of The Association For Information Systems, V. 14, N. 1, P. 48, 2004.

RUSSELL, J. A., & PRATT, G. **A description of the affective quality attributed to environments. Journal of personality and social psychology**, 38(2), 311. 1980.

RUSSELL, S.; NORVIG, P.; **Intelligence, A. A Modern Approach. Artificial Intelligence**. Prentice-Hall, Egnlewood Cliffs, V. 25, 1995.

SALBER, D. Et Al. **Four Easy Pieces For Assessing The Usability Of Multimodal Interaction**: The Care Propertiesciteseer, 1995. Disponível em: <Http://Citeseerx.Ist.Psu.Edu/Viewdoc/Download?Doi=10.1.1.76.8635&Rep=Rep1&Type=Pdf>.Acesso em: Julho /2017.

SALOMONI, P. Et Al. **Profiling Learners With Special Needs For Custom E-Learning Experiences, A Closed Case?** Proceedings Of The 2007 International Cross-Disciplinary Conference On Web Accessibility (W4a). Anais...ACM, 2007.Disponível Em: <Http://Dl.Acm.Org/Citation.Cfm?Id=1243462>.Acesso em: Julho / 2017.

SANTOS, J. C. F. **Aprendizagem Significativa e o Papel Do Professor**. Porto Alegre: Mediação, 2008.

SANTOS, W. R. Dos; TOCSECK, J.; GIMENES, S. S. **A Utilização Dos Recursos Ead Como Apoio Ao Ensino Presencial Na Educação Básica.** Revista Brasileira De Ensino De Ciência E Tecnologia, V. 7, N. 1, 2014.

SASSAKI, Romeu Kazumi. **Terminologia sobre deficiência na era da inclusão**. Mídia e deficiência. Brasília: andi/Fundação banco do brasil, p. 160-165, 2003.

SAX, B.; SONWALKAR, N. **Adaptive Individualization: The Next Generation Of Online Education.** On The Horizon, V. 16, N. 1, P. 44–47, 2008.

SCHALK, G.; MELLINGER, J. **A Practical Guide To Brain–Computer Interfacing With Bci2000: General-Purpose Software For Brain-Computer Interface Research, Data Acquisition, Stimulus Presentation, And Brain Monitoring.** [S.L.] Springer Science & Business Media, 2010.

SCHAPIRA, E.; SHARMA, R. **Experimental Evaluation Of Vision And Speech Based Multimodal Interfacesproceedings** Of The 2001 Workshop On Perceptive User Interfaces.

Anais...Acm, 2001.Disponível em: <Http://Dl.Acm.Org/Citation.Cfm?Id=971481>.Acesso em: Julho / 2017.

SCHRÖDER, M. **The Semaine Api: Towards A Standards-Based Framework For Building Emotion-Oriented Systems.** Advances In Human-Computer Interaction, V. 2010, P. 2, 2010.

SEATH, Ian J. Simple, improvement...Seath's Blog. **Defining a Process with SIPOC What is SIPOC?** 2009.https://ianjseath.files.wordpress.com/2009/04/sipoc.pdf. Acesso em :Abril / 2017.

SEI. **Software Engineering Institute**.Carnegie Mellon University http://www.sei.cmu.edu. Acesso em : Julho/2017

SEITZ, S. J.; LORD, C. G.; TAYLOR, C. A. **Beyond Pleasure: Emotion Activity Affects The Relationship Between Attitudes And Behavior**. Personality And Social Psychology Bulletin, 2007.

SERRANO, M. Et Al. **The Openinterface Framework: A Tool For Multimodal** Interaction.Chi'08 Extended Abstracts On Human Factors In Computing Systems. Anais...ACM, 2008. Disponível em: <Http://Dl.Acm.Org/Citation.Cfm?Id=1358881>. Acesso em: Julho / 2017.

SETZ. **Multimodal Emotion And Stress Recognition, Doctoral Dissertation.** [S.L.] Eth Zurich, 2012.

SHAHEEN, S., COHEN, A., & MARTIN, E. **Smartphone App Evolution and Early Understanding from a Multimodal App User Survey.** In Disrupting Mobility (pp. 149-164). Springer International Publishing. 2017.

SHARMA, Rajeev; PAVLOVIC, V. I & HUANG, T. S. "**Toward Multimodal Human-Computer Interface.**" Proceedings of the IEEE 86.5 853-869, 1998.

SHEN, J., & PANTIC, M. **A software framework for multimodal humancomputer interaction systems.** In Systems, Man and Cybernetics, 2009. SMC 2009. IEEE International Conference on (pp. 2038-2045). IEEE. 2009.

SHEN, J., SHI, W., & PANTIC, M. **HCI^2 Workbench: A development tool for multimodal human-computer interaction systems.** In Automatic Face & Gesture Recognition and Workshops (FG 2011), 2011 IEEE International Conference on (pp. 766-773). IEEE. 2011.

SHEN, L., WANG, M., & SHEN, R. **Affective e-Learning: Using" Emotional" Data to Improve Learning in Pervasive Learning Environment**. Educational Technology & Society, 12(2), 176-189. 2009.

SIEMENS, G. **Massive Open Online Courses: Innovation In Education**. Open Educational Resources: Innovation, Research And Practice, V. 5, 2013.

SIEMENS, G. **Moocs Are Really A Platform** [Web Log Post]. [S.L: S.N.].

SIEMENS, G.; CONOLE, G. **Special Issue-Connectivism: Design And Delivery Of Social Networked Learning. International** Review Of Research In Open Anddistance Learning, V. 12, N. 3, 2011.

SILVA, G. M. Da; SOUZA GAMA, A. De. **Tecnologia Assistiva: Headmouse, Uma Alternativa Para As Pessoas Com Mobilidade Reduzida.** Caderno De Estudos Tecnológicos, V. 2, N. 1, P. 62–79, 2014.

SIMÕES, Jorge Falcato; BISPO, Renato. **Design Inclusivo: acessibilidade e usabilidade em produtos, serviços e ambientes. Manual de apoio às ações de formação do projeto de Design** Inc, 2006.

SIMPSON, R. Et Al. **The Smart Wheelchair Component System**. Journal Of Rehabilitation Research And Development, V. 41, N. 3b, P. 429–442, 2004.

SKINNER, B. F. **Science And Human Behavior**. [S.L.] Simon And Schuster, 1953.

SOMMERVILLE, I. **Construction by configuration: Challenges for software engineering research and practice. In Software Engineering, 2008**. ASWEC 2008. 19th Australian Conference on (pp. 3-12). IEEE. 2008.

SONWALKAR, N. **Massive Open Online Courses (Mooc): Current Trends.** Webinar, National Distance Learning Week, Usdla, 2012.

SONWALKAR, N. **Technology For Adaptive Learning: From One Size-Fits-All To Adaptive Individualization, Educause Center For Applied Research (Ecar)**. Research Bulletin, V. 7, 2005.

SONWALKAR, N. **The First Adaptive Mooc: A Case Study On Pedagogy Framework And Scalable Cloud Architecture—Part Imoocs Forum**. Anais...Mary Ann Liebert, Inc. 140 Huguenot Street, 3rd Floor New Rochelle, Ny 10801 Usa, 2013.Disponível Em: <Http://Online.Liebertpub.Com/Doi/Abs/10.1089/Mooc.2013.0007>. Acesso em: Julho / 2017.

SONWALKAR, N. **The Paradigm Shift For Adult Education: From Educational Slavery To. Online Education And Adult Learning: New Frontiers For Teaching Practices**: New Frontiers For Teaching Practices, P. 150, 2009.

SONWALKAR, N.; AGARWAL, A. **'Sustainability Of Massive Open Online Courses (Moocs) In Higher Education**keynote Presentation, Symposium At University Of Massachusetts, Boston. Anais.2012.

SONWALKAR, N.; FLORES, J. G.; GARDNER, M. **Designing For Quality And Measuring Quality In Online Learning**. [S.L.] Usdla Research Report (Prepared For Bill And Melinda Gates Foundation), 2010.

SREEKANTH, N. S., VARGHESE, N., PRADEEPKUMAR, C. H., VAISHALI, P., PRASAD, R. G., SUPRIYA, N. P., & NARAYANAN, N. K. **Multimodal interface for effective man machine interaction. In Media Convergence Handbook-Vol. 2** (pp. 261-281). Springer Berlin Heidelberg. 2016.

STANCIULESCU, A. Et Al. **A Transformational Approach For Multimodal Web User Interfaces Based On Usixml** proceedings Of The 7th International Conference On Multimodal Interfaces. Anais.ACM, 2005. Disponível em: <Http://Dl.Acm.Org/Citation.Cfm?Id=1088508>.Acesso em: Julho / 2017.

STEPHANIDIS, C. **User interfaces for all: New perspectives into human-computer interaction.** User Interfaces for All-Concepts, Methods, and Tools, 1, 3-17. 2001.

STEPHENSON, N. **In The Beginning... Was The Command Line**. [S.L.] Avon Books New York, Ny, 1999.

SUTCLIFFE, A., FICKAS, S., SOHLBERG, M. M., & EHLHARDT, L. A. **Investigating the usability of assistive user interfaces. Interacting with computers**, 15(4), 577-602. 2003.

SUTTON, A. J., ABRAMS, K. R., JONES, D. R., JONES, D. R., SHELDON, T. A., & Song, F. **Methods for meta-analysis in medical research**. 2000.

TALK."**Talk Typer**".<https://talktyper.com/pt/index.html>.Acesso em: Julho /2017.

TCLOCK 64. **TCLOCK REDUX DOWNLOAD**. < https://github.com/White-Tiger/T-Clock> Acesso em: Maio /2017.

TECMUNDO. **Tecnologia a favor das pessoas portadoras de necessidades especiais**. <https://www.tecmundo.com.br/software/2789-tecnologia-a-favor-das-pessoas-portadoras-de-necessidades-especiais.htm>.Acesso em: Julho /2017.

TEVAH, R. T. **Implementação De Um Sistema De Reconhecimento De Fala Contínua Com Amplo Vocabulário Para O Português Brasileiro**. [S.L.] Universidade Federal Do Rio De Janeiro, 2006.

TOBII." **Tobii EyeX**". < https://tobiigaming.com/product/tobii-eyex/>.Acesso em: Julho / 2017.

TOMARI, M. R. M., KOBAYASHI, Y., & KUNO, Y. **Development of smart wheelchair system for a user with severe motor impairment**. Procedia Engineering, 41, 538-546. 2012.

TOMARI, R., KOBAYASHI, Y., & KUNO, Y. **Enhancing wheelchair manoeuvrability for severe impairment users**. International Journal of Advanced Robotic Systems, 10(2), 92. 2013.

TOUCHLESS."**Touchless For Windows**".< https://apps.leapmotion.com/apps/touchless-for-windows/windows>.Acesso em : Julho / 2017.

TSCHINKEL, Brian et al. **Keylogger keystroke biometric system**. Pace University, white plains, 2011.

TURK, M., & ROBERTSON, G. **Perceptual user interfaces (introduction**). Communications of the ACM, 43(3), 32-34. 2000.

UIACCESS-UT. **Accessibility in User-Centered Design:Usability Testing**. http://www.uiaccess.com/accessucd/ut.html.Acesso em: Abril /2017.

UNESCO. Unesco. Intitucional. **Informações sobre Educação**.Disponível Em: <Http://En.Unesco.Org/>.Acesso em Julho / 2017.

VARIA, J.; MATHEW, S. **Overview Of Amazon Web Services**. Jan-2014, 2013.

VAN DE LAAR, Bram et al. **Experiencing BCI control in a popular computer game**. IEEE Transactions on Computational Intelligence and AI in Games, v. 5, n. 2, p. 176-184, 2013.

VÉLIZ, S., ESPINOZA, V., SAUVALLE, I., ARROYO, R., PIZARRO, M., & GAROLERA, M. **Towards a participative approach for adapting multimodal digital**

books for deaf and hard of hearing people. International Journal of Child-Computer Interaction, 11, 90-98. 2017.

VERHAGEN, P. **Connectivism: A New Learning Theory**. [S.L: S.N.].

VERTEGAAL, Roel; POUPYREV, Ivan. **Organic user interfaces**. Communications of the ACM, v. 51, n. 6, p. 26-30, 2008.

VIANNA, Maurício et al. **Design thinking**. Inovação em negócios, 2012.

VICARI, R. M. **Tutor Inteligente Para A Programação Em Lógica: Idealização, Projecto E Desenvolvimento**. 1989.

VICARI, R. M.; GIRAFFA, L. M. **Fundamentos Dos Sistemas Tutores Inteligentes**. Barone, D.; Et Alii. Sociedades Artificiais: A Nova Fronteira Da Inteligência Nas Máquinas. Porto Alegre: Bookman, 2003.

VIGOTSKI, L. S. A **Formação Social Da Mente: O Desenvolvimento Dos Processos Psicológicos Superiores**. [S.L.] Martins Fontes, 2003.

VLIBRAS."**Tradutor ON-LINE de textos de Português para LIBRAS**".<http://www.vlibras.gov.br/>.Acesso em : Julho/2017.

W3C, W. **E-Learning Accessibility**. [S.L: S.N.]. Disponível em: <Https://Www.W3.Org/Wai/Rd/Wiki/E-Learning_Accessibility>.Acesso em: Julho /2017

W3C-MMI. **W3C Multimodal Interaction Framework**, 2003.Disponível em: <Http://Www.W3.Org/Tr/Mmi-Framework/>.Acesso em: Julho /2017.

W3C-WAI. **Web Accessibility Initiative (WAI)**. https://www.w3.org/WAI/.Acesso em :Julho / 2017.

WEBBER, C. Et Al. **The Baghera Project: A Multi-Agent Architecture For Human Learningworkshop-Multi-Agent Architectures For Distributed Learning Environments**. In Proceedings International Conference On Ai And Education. San Antonio, Texas. Anais...2001.Disponível em: <Http://Julita.Usask.Ca/Mable/Webber.Pdf>.Acesso em: Julho / 2017.

WEISER, M. **The Computer For The Twenty-First Century**. 1991.

WITKIN, H. A. Et Al. **Field-Dependent And Field-Independent Cognitive Styles And Their Educational Implications**. Ets Research Bulletin Series, V. 1975, N. 2, P. 1–64, 1975.

WOOLDRIDGE, M. **An Introduction To Multiagent Systems**. [S.L.] John Wiley & Sons, 2009.

WOOLF, B.; BURELSON, W.; ARROYO, I. **Emotional Intelligence For Computer Tutorsworkshop On Modeling And Scaffolding Affective Experiences To Impact Learning** At 13th International Conference On Artificial Intelligence In Education. Anais.2007. Disponível em: Http://Althea.Cs.Umass.Edu/Ckc/Publications/Pubs1/Woolf%20burelson%20june13bb%20affect%20work.Pdf. Acesso em: Julho / 2017

WU, Yongjun; GOLWELKAR, Abhijeet; WOODS, John W. **INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION**. 2004.

YAMANE, E. E. **Modelagem E Implementação De Uma Ferramenta De Autoria Para Construção De Tutores Inteligentes**. 2006.

YUVARANI, M. M., VINOTHKUMAR, M. S., PRABU, M. R., & RAJKUMAR, M. T. **Shrug and Voice Recognition System For Dumb And Hearing Impards**. Int J Res Advent Technol, 2, 36-39. 2009.

ZAMBALDE, A. L.; SILVA, E. PÁDUA. **CIP O documento científico em ciência da computação–suas partes e sua redação: estudo e análise em uma instituição federal de ensino superior (IFES)**. Belo Horizonte/MG: DCC-UFMG, 2005.

ZHUHADAR, L., CARSON, B., DADAY, J., THRASHER, E., & NASRAOUI, O. **Computer-Assisted Learning Based on Universal Design, Multimodal Presentation and Textual Linkage**. Journal of the Knowledge Economy, 7(2), 373-387. 2016.

ZOUHAIER, L., HLAOUI, Y. B., & AYED, L. J. B. **Automatic Generation of UIs for Disabled Users using Context-aware Techniques and Reasoning. In KEOD** (pp. 413-418). 2013.

APÊNDICE A – TCLE (Termo de Consentimento)

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

(PARA MAIORES DE 18 ANOS OU EMANCIPADOS - Resolução 466/12)

Convidamos o (a) Sr.(a)_____ para participar como voluntário (a) da pesquisa "**Avaliação de Método de Interação Multimodal Adaptativo a Pessoas com Necessidades Especiais**", que está sob a responsabilidade do (a) pesquisador Prof. ANTÚLIO DE OLIVEIRA, CPF -166.320.604-04, residente na Rua Engenheiro Domber 51, Casa Amarela – Recife – PE – 52051-370; (081) 99977.77.77 ou (81) 2126.4162; e-mail: ao@cin.ufpe.br.Também participam da equipe desta pesquisa as pesquisadoras: Profa.Anna Katarina Barbosa da Silva, CPF 035.363.184-10 e a Profa. Claudia Accioly de Seixas – CPF– 328.609.195-20, telefone de ambas para contato:(081) 3461-5555 e está sob a orientação de: Prof. Dr. Fernando da Fonseca de Souza, telefone: (81) 2126.2430, e-mail: fdfd@cin.ufpe.br.

Caso este Termo de Consentimento contenha informações que não lhe sejam compreensíveis, as dúvidas podem ser tiradas com a pessoa que está lhe entrevistando e apenas ao final, quando todos os esclarecimentos forem dados, caso concorde com a realização do estudo pedimos que rubrique as folhas e assine ao final deste documento, que está em duas vias, uma via lhe será entregue e a outra ficará com o pesquisador responsável.

Caso não concorde, não haverá penalização, bem como será possível retirar o consentimento a qualquer momento, também sem nenhuma penalidade.

INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA

Descrição da pesquisa:

Esta pesquisa tem o objetivo de avaliar a *facilidade de uso* de novos dispositivos de interação da pessoa com o computador, podendo ser utilizado vários deles ao mesmo tempo (multimodalidade) sem que isso dificulte a realização de tarefas na utilização do sistema.

O participante ao iniciar sua sessão de avaliação irá responder a uma entrevista (questionário) com os pesquisadores que têm o interesse de identificar qual é a maneira como ele faz uso regularmente de um computador e o que ele espera no uso de novos dispositivos.

Em seguida será solicitado que o participante execute uma tarefa padrão no computador, utilizando o teclado ou mouse.

Depois será apresentado pelos pesquisadores ao participante um conjunto de opções de novos dispositivos de interação e após a compreensão de cada um deles o participante escolherá entre dois e três dispositivos que entenda ser melhora para o seu uso. Feita a escolha, o participante será orientado detalhamento em como utilizar estes novos equipamentos realizando alguns testes interativos antes do início da realização da mesma tarefa padrão executado anteriormente.

Por fim, o participante irá responder a uma pesquisa (questionário) com os pesquisadores sobre a sua satisfação no uso das novas interações.

O tempo total previsto para realização da avaliação por cada participante é de cinqüenta (50) minutos, onde ele poderá interromper a sua participação a qualquer momento sem que haja qualquer tipo de penalização, constrangimento ou críticas à sua pessoa.

Riscos diretos: o risco para o voluntário durante a participação na avaliação é considerado como um risco de grau mínimo, visto que o participante irá realizar uma atividade que não apresenta qualquer dano maior do que os existentes em sua vida cotidiana no uso equipamentos de

informática. Eventualmente, qualquer participante no decorrer da avaliação poderá se sentir em desconforto ou apresentar sinais de cansado, e assim, caso julgue necessário, poderá interromper a sua participação a qualquer instante, sem que isso ofereça qualquer tipo de dano físico, moral ou psicológico. Como medida cautelar de segurança e de apoio ao participante, durante a realização de cada sessão avaliativa, estarão presentes e disponíveis para o seu suporte, um (1) especialista em Tecnologias Assitivas, uma (1) Psicopedagoga e uma Psicóloga Clínica, além de um (1) ou dois (2) intérpretes Libras / Braille para o auxílio no processo de comunicação. Em caso de dano pessoal, diretamente causado pelos procedimentos propostos neste estudo (com nexo causal comprovado), o participante tem direito a tratamento médico na instituição, bem como indenizações legalmente estabelecidas.

Benefícios diretos e indiretos para os voluntários: é esperado que com a realização dessa atividade experimental o participante obtenha um ganho direto, ao constatar a diferença entre o uso de equipamentos convencionais e o emprego de novos equipamentos com interação multimodal, cujo modelo de uso (método) tem a condição de ser replicado e utilizado por mais pessoas, tornando-se assim disponível para a sociedade um novo recurso de Tecnologia Assistiva.

Todas as informações desta pesquisa serão confidenciais e serão divulgadas apenas em eventos ou publicações científicas, não havendo identificação dos voluntários, a não ser entre os responsáveis pelo estudo, sendo assegurado o sigilo sobre a sua participação. Os dados coletados nesta pesquisa: Entrevistas (Questionários) e Arquivos de Log de Execução da Tarefa de Teste, ficarão armazenados em Arquivos de Backup protegidos por Senha, sob a responsabilidade do Pesquisador Responsável, no endereço acima informado, pelo período de mínimo 5 anos.

Nada lhe será pago e nem será cobrado para participar desta pesquisa, pois a aceitação é voluntária, mas fica também garantida a indenização em casos de danos, comprovadamente decorrentes da participação na pesquisa, conforme decisão judicial ou extra-judicial. Se houver necessidade, as despesas para a sua participação serão assumidas pelo pesquisador responsável (ressarcimento de transporte e alimentação).

Em caso de dúvidas relacionadas aos aspectos éticos deste estudo, você poderá consultar o Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da UFPE no endereço: **(Avenida da Engenharia s/n – 1º Andar, sala 4 - Cidade Universitária, Recife-PE, CEP: 50740-600, Tel.: (81) 2126.8588 – e-mail: cepccs@ufpe.br).**

_____

(assinatura do pesquisador)

CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO DA PESSOA COMO VOLUNTÁRIO (A)

Eu,_____, CPF_____, abaixo assinado, após a leitura (ou a escuta da leitura) deste documento e de ter tido a oportunidade de conversar e ter esclarecido as minhas dúvidas com o pesquisador responsável, concordo em participar do estudo_“**Avaliação de Método de Interação Multimodal Adaptativo a Pessoas com Necessidades Especiais**”, como voluntário (a). Fui devidamente informado (a) e esclarecido (a) pelo (a) pesquisador (a) sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes de minha participação. Foi-me garantido que posso retirar o meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer natureza de penalidade.

Local e data _____

Assinatura do participante: _____

Impressão digital (opcional)

Presenciamos a solicitação de consentimento, esclarecimentos sobre a pesquisa e o aceite do voluntário em participar. (02 testemunhas não ligadas à equipe de pesquisadores):

Nome:	Nome:
Assinatura:	Assinatura:

APÊNDICE B – Perfil do Usuário (Formulário 01)

FORMULÁRIO 01

EXPERIMENTO MULTIMODALIDADE PARA ACESSIBILIDADE

PERFIL DO USUÁRIO – QUESTIONÁRIO DEMOGRÁFICO/EXPLORATÓRIO SEMI-ESTRUTURADO

ALUNO Nº ___

AVALIADOR Nº ____

DATA:__/__/__ HORA:___:___

LOCAL DO EXPERIMENTO:_____

NOME DO ALUNO (A) _____

ÁREA DE CONHECIMENTO NO ENSINO SUPERIOR: HUMANAS - EXATAS – BIOLOGICAS

CURSO: _____

PERÍODO:_____

NATUREZA DA NECESSIDADE ESPECIAL:

□ SEM NECESSIDADE ESPECIAL

□ VISÃO : AUSÊNCIA DE VISÃO – BAIXA VISÃO

□ FALA : AUSÊNCIA DA FALA - LIMITAÇÃO DA FALA

□ AUDIÇÃO : AUSÊNCIA DE AUDIÇÃO – BAIXA AUDIÇÃO

□ FISICO : MOTORA – NEUROLÓGICA - MUSCULAR

□ CEREBRAL: COGNIÇÃO – ATENÇÃO – MEMÓRIA – INTELECTUAL

□ SOCIO/EMOCIONAL/COMPORTAMENTAL:_____

□ SÍNDROME:_____

□ OUTRO:_____

APÊNDICE C – Formulário 02&03 (Pu-Peou-Sus)

FORMULÁRIO 02

EXPERIMENTO MULTIMODALIDADE PARA ACESSIBILIDADE – QUESTIONÁRIO

ALUNO Nº _____

AVALIADOR Nº _____

DATA:____/____/____ HORA:____:____

A) FACILIDADE DE USO PERCEBIDA PELO USUÁRIO

1) Aprender a utilizar a MULTIMODALIDADE no computador seria fácil para mim.

CONCORDO ! : : : : NEUTRO : : : : ! DISCORDO

3 2 1 0 -1 -2 -3

2) Eu acho que seria fácil de utilizar a MULTIMODALIDADE naquilo que quero fazer no computador.

CONCORDO ! : : : : NEUTRO : : : : ! DISCORDO

3 2 1 0 -1 -2 -3

3) Minha interação com a MULTIMODALIDADE nas atividades realizadas no computador seria simples e descomplicado.

CONCORDO ! : : : : NEUTRO : : : : ! DISCORDO

3 2 1 0 -1 -2 -3

4) Eu escolheria a MULTIMODALIDADE por ser flexível de usar nas atividades realizadas no computador.

CONCORDO ! : : : : NEUTRO : : : : ! DISCORDO

3 2 1 0 -1 -2 -3

5) Seria fácil para mim me tornar habilidoso na utilização da MULTIMODALIDADE.

CONCORDO ! : : : : NEUTRO : : : : ! DISCORDO

3 2 1 0 -1 -2 -3

6) Eu alcançaria mais facilidade de uso ao utilizar a MULTIMODALIDADE nas minhas atividades realizadas no computador.

CONCORDO ! : : : : NEUTRO : : : : ! DISCORDO

3 2 1 0 -1 -2 -3

FORMULARIO 03

EXPERIMENTO MULTIMODALIDADE PARA ACESSIBILIDADE – ESCALA DE USABILIDADE DO SISTEMA (SUS)

ALUNO Nº _____

AVALIADOR Nº _____

DATA:____/____/____ HORA:_____:_____

A) USABILIDADE PERCEBIDA PELO USUÁRIO

1) Eu usaria a MULTIMODALIDADE em minhas atividades realizadas no computador frequentemente.

DISCORDO ! 1 ! 2 ! 3 ! 4 ! 5 ! CONCORDO

2) Eu achei que a MULTIMODALIDADE aplicada em minhas atividades realizadas no computador muito complexa.

DISCORDO ! 1 ! 2 ! 3 ! 4 ! 5 ! CONCORDO

3) Eu achei a MULTIMODALIDADE muito fácil de usar.

DISCORDO ! 1 ! 2 ! 3 ! 4 ! 5 ! CONCORDO

4) Eu acho que para usar a MULTIMODALIDADE em minhas atividades realizadas no computador precisaria de um suporte técnico para ter a habilidade de usar a solução.

DISCORDO ! 1 ! 2 ! 3 ! 4 ! 5 ! CONCORDO

5) Eu achei que as funcionalidades da MULTIMODALIDADE estavam bem integradas.

DISCORDO ! 1 ! 2 ! 3 ! 4 ! 5 ! CONCORDO

6) Eu identifiquei muitas falhas ao usar a MULTIMODALIDADE nas minhas atividades realizadas no computador.

DISCORDO ! 1 ! 2 ! 3 ! 4 ! 5 ! CONCORDO

7) Eu acho que a maioria das pessoas que irão utilizar a MULTIMODALIDADE irá aprender usá-la muito rapidamente.

DISCORDO ! 1 ! 2 ! 3 ! 4 ! 5 ! CONCORDO

8) Eu achei que a MULTIMODALIDADE é muito incômoda de utilizar.

APÊNDICE D – FORMULÁRIO 04 – (Observações do Pesquisador)

FORMULARIO 04

EXPERIMENTO DA MULTIMODALIDADE APLICADA A ACESSIBILIDADE – ROTEIRO DE OBSERVAÇÕES DO PESQUISADOR

ALUNO Nº _____

PESQUISADOR Nº _____

DATA:__/__/__ HORA INICIO :_____:_____- HORA FIM: _____:_____

Sucesso do teste? ☐ Parcial ☐ Total

Comportamento Verbal — Anotações

- Comentário fortemente positivo _____
- Outro comentário positivo _____
- Comentário fortemente negativo _____
- Outro comentário negativo _____
- Sugestão _____
- Pergunta _____
- Variação da expectativa _____
- Confuso _____
- Frustrado _____

Comportamento não-verbal — Anotações

- Careta/Infeliz _____
- Sorrindo/Rindo/Feliz _____
- Surpreso/Inesperado _____
- Concentrado _____
- Impaciente _____
- Variação de expectativa _____
- Inclinado próximo à tela _____
- Se remexendo na cadeira _____
- Suspirando _____
- Massageando cabeça/pescoço _____
- Movimento aleatório do mouse _____

PERCENTUAL POR ESTADO EMOTIVO APÓS CADA ETAPA (EMOTIV EPOC+)

ETAPA	Ex (%)	In (%)	Re (%)	St (%)	Fo (%)	En (%)
ATIVIDADE 01						
TREINAMENTO						
ATIVIDADE 02						

Ex – Excitação; In – Interest; Re- Relaxion; St -Stress; Fo - Focus

ANEXO A -Aprovação do Projeto de Pesquisa pelo Comitê de Ética

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE / UFPE-

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Avaliação de Método de Interação Multimodal Adaptativo à Pessoas com Necessidades Especiais

Pesquisador: ANTÚLIO DE OLIVEIRA

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 58646016.0.0000.5208

Instituição Proponente: CENTRO DE INFORMÁTICA

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DA NOTIFICAÇÃO

Tipo de Notificação: Envio de Relatório Final

Detalhe:

Justificativa: Conforme recomenda o processo segue o relatório final do projeto de pesquisa.

Data do Envio: 09/05/2017

Situação da Notificação: Parecer Consubstanciado Emitido

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 2.062.875

Apresentação da Notificação:

O pesquisador solicitou a aprovação do relatório final da pesquisa.

Objetivo da Notificação:

O pesquisador indicou a aprovação do objetivo da notificação.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

O TCLE foi apresentado no projeto inicial com Riscos e Benefícios e devidamente utilizados pelo pesquisador.

Endereço: Av. da Engenharia s/nº - 1º andar, sala 4, Prédio do Centro de Ciências da Saúde
Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 50.740-600
UF: PE **Município:** RECIFE
Telefone: (81)2126-8588 **E-mail:** cepccs@ufpe.br

informática. Eventualmente, qualquer participante no decorrer da avaliação poderá se sentir em desconforto ou apresentar sinais de cansado, e assim, caso julgue necessário, poderá interromper a sua participação a qualquer instante, sem que isso ofereça qualquer tipo de dano físico, moral ou psicológico. Como medida cautelar de segurança e de apoio ao participante, durante a realização de cada sessão avaliativa, estarão presentes e disponíveis para o seu suporte, um (1) especialista em Tecnologias Assitivas, uma (1) Psicopedagoga e uma Psicóloga Clínica, além de um (1) ou dois (2) intérpretes Libras / Braille para o auxílio no processo de comunicação. Em caso de dano pessoal, diretamente causado pelos procedimentos propostos neste estudo (com nexo causal comprovado), o participante tem direito a tratamento médico na instituição, bem como indenizações legalmente estabelecidas.

Benefícios diretos e indiretos para os voluntários: é esperado que com a realização dessa atividade experimental o participante obtenha um ganho direto, ao constatar a diferença entre o uso de equipamentos convencionais e o emprego de novos equipamentos com interação multimodal, cujo modelo de uso (método) tem a condição de ser replicado e utilizado por mais pessoas, tornando-se assim disponível para a sociedade um novo recurso de Tecnologia Assistiva.

Todas as informações desta pesquisa serão confidenciais e serão divulgadas apenas em eventos ou publicações científicas, não havendo identificação dos voluntários, a não ser entre os responsáveis pelo estudo, sendo assegurado o sigilo sobre a sua participação. Os dados coletados nesta pesquisa: Entrevistas (Questionários) e Arquivos de Log de Execução da Tarefa de Teste, ficarão armazenados em Arquivos de Backup protegidos por Senha, sob a responsabilidade do Pesquisador Responsável, no endereço acima informado, pelo período de mínimo 5 anos.

Nada lhe será pago e nem será cobrado para participar desta pesquisa, pois a aceitação é voluntária, mas fica também garantida a indenização em casos de danos, comprovadamente decorrentes da participação na pesquisa, conforme decisão judicial ou extra-judicial. Se houver necessidade, as despesas para a sua participação serão assumidas pelo pesquisador responsável (ressarcimento de transporte e alimentação).

Em caso de dúvidas relacionadas aos aspectos éticos deste estudo, você poderá consultar o Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da UFPE no endereço: **(Avenida da Engenharia s/n – 1º Andar, sala 4 - Cidade Universitária, Recife-PE, CEP: 50740-600, Tel.: (81) 2126.8588 – e-mail: cepccs@ufpe.br).**

_____

(assinatura do pesquisador)

CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO DA PESSOA COMO VOLUNTÁRIO (A)

Eu,_____, CPF_____, abaixo assinado, após a leitura (ou a escuta da leitura) deste documento e de ter tido a oportunidade de conversar e ter esclarecido as minhas dúvidas com o pesquisador responsável, concordo em participar do estudo_“**Avaliação de Método de Interação Multimodal Adaptativo a Pessoas com Necessidades Especiais**”, como voluntário (a). Fui devidamente informado (a) e esclarecido (a) pelo (a) pesquisador (a) sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes de minha participação. Foi-me garantido que posso retirar o meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer natureza de penalidade.

Local e data _____

Assinatura do participante: _____

Impressão digital (opcional)

Presenciamos a solicitação de consentimento, esclarecimentos sobre a pesquisa e o aceite do voluntário em participar. (02 testemunhas não ligadas à equipe de pesquisadores):

Nome:	Nome:
Assinatura:	Assinatura: