



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO
MESTRADO ACADÊMICO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

MAIKON IGOR DA SILVA SOARES

**ANA: UMA ASSISTENTE DE NAVEGAÇÃO ACESSÍVEL PARA AUXILIAR
PESSOAS COM TETRAPLEGIA A NAVEGAR EM CURSO DE EDUCAÇÃO A
DISTÂNCIA POR MEIO DE LINGUAGEM NATURAL**

FORTALEZA – CEARÁ

2019

MAIKON IGOR DA SILVA SOARES

ANA: UMA ASSISTENTE DE NAVEGAÇÃO ACESSÍVEL PARA AUXILIAR PESSOAS
COM TETRAPLEGIA A NAVEGAR EM CURSO DE EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA POR
MEIO DE LINGUAGEM NATURAL

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Acadêmico em Ciência da Computação do Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Ciência da Computação. Área de Concentração: Ciência da Computação

Orientador: Phd Francisco C. M. B. Oliveira

FORTALEZA – CEARÁ

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

Universidade Estadual do Ceará

Sistema de Bibliotecas

Soares, Maikon Igor da Silva.

ANA: Uma assistente de navegação acessível para auxiliar pessoas com tetraplegia a navegar em curso de educação a distância por meio de linguagem natural [recurso eletrônico] / Maikon Igor da Silva Soares. - 2019.

1 CD-ROM: il.; 4 ¼ pol.

CD-ROM contendo o arquivo no formato PDF do trabalho acadêmico com 118 folhas, acondicionado em caixa de DVD Slim (19 x 14 cm x 7 mm).

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Estadual do Ceará, Centro de Ciências e Tecnologia, Mestrado Acadêmico em Ciência da Computação, Fortaleza, 2019.

Área de concentração: Interação Humano-computador.
Orientação: Prof. Dr. Francisco C. M. B. Oliveira.

1. Pessoa com tetraplegia. 2. processamento de linguagem natural. 3. educação a distância. 4. interação humano-computador.. I. Título.

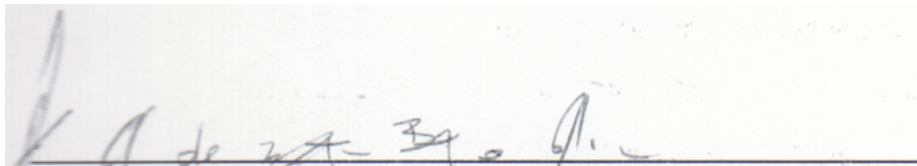
MAIKON IGOR DA SILVA SOARES

ANA: UMA ASSISTENTE DE NAVEGAÇÃO ACESSÍVEL PARA AUXILIAR PESSOAS
COM TETRAPLEGIA A NAVEGAR EM CURSO DE EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA POR
MEIO DE LINGUAGEM NATURAL

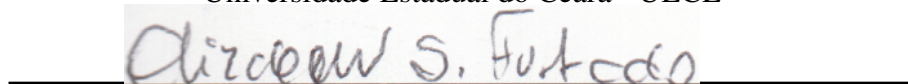
Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Acadêmico em Ciência da Computação do Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Ciência da Computação. Área de Concentração: Ciência da Computação

Aprovada em: 31 de Outubro de 2019

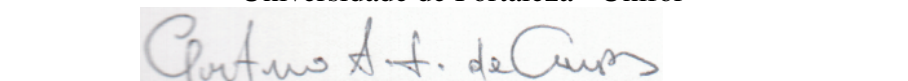
BANCA EXAMINADORA



Francisco C. M. B. Oliveira, PhD (Orientador)
Universidade Estadual do Ceará - UECE



Professora Maria Elizabeth Sucupira Furtado, PhD
Universidade de Fortaleza - Unifor



Professor Gustavo Augusto Lima de Campos, PhD
Universidade Estadual do Ceará - UECE

À minha esposa Alexandra, que sempre me motivou e me deu suporte para alcançar meus objetivos nessa árdua caminhada.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus que permitiu que tudo isso acontecesse, ao longo de minha vida e não somente nestes anos como estudante, mas que, em todos os momentos, é o maior mestre que alguém pode conhecer.

À minha esposa, pelo amor, incentivo e apoio incondicional.

A esta universidade, seu corpo docente, direção e administração que oportunizaram a janela pela qual hoje vislumbro um horizonte superior.

“Eu não quero acreditar, eu quero conhecer.”

(Carl Sagan)

RESUMO

Para interagir com computadores, usuários com tetraplegia precisam utilizar ferramentas ou dispositivos que, na maioria das vezes, demandam excessivo esforço durante uso. Na área da Educação a Distância (EaD), esses dispositivos de adaptação podem tornar-se distrações que atrapalham o processo de aprendizagem. Na literatura científica, é possível encontrar soluções como *mouse* de língua, óculos inteligentes e sistemas de visão computacional. Estes, mesmo sendo promissores, ainda demandam grande esforço ao usuário. Para enfrentar esse problema, pesquisou-se e desenvolveu-se a Assistente de Navegação Acessível (ANA), um sistema baseado em linguagem natural capaz de ouvir o aluno e ver o que está sendo apresentado na interface gráfica. Os Objetos de Aprendizagem (OAs) podem ter sua própria gramática que permite uma maior interação por voz e menos esforço em ações orientadas ao discurso. Os OAs podem responder por áudio ou executar a ação requerida na tela do usuário. Realizou-se um experimento de navegação em um ambiente virtual de aprendizagem com Pessoas com Tetraplegia (PCTs) realizando tarefas de navegação. Os resultados mostraram, estatisticamente, que a criação de uma área de trabalho compartilhada traz uma significativa redução de esforço na interação com objetos de aprendizagem de uma aula por um aluno com tetraplegia. Isso sugere que, usando a ANA, os indivíduos tiveram suas intenções atendidas pela interface de maneira muito menos esforçada, estreitando os Grandes golfos da avaliação e de execução, nos termos de Norman. Todos os participantes estavam muito entusiasmados com a ANA e sugeriram que a abordagem deveria ser amplamente adotada e poderia beneficiar a todos os alunos deficientes ou não.

Palavras-chave: Pessoa com tetraplegia. Processamento de linguagem natural. Educação a distância. Interação humano-computador.

ABSTRACT

To interact with a computer, users with tetraplegia must to use special tools/devices that, in most cases, require a great effort. In online education, these tools normally become a distraction, which might hinder learning. Solutions like tongue mouses, smart glasses and computer vision systems, although promising, still face problems of use. To face this problem, our lab researched and develeoped the Accessible Navigation Assistant (ANA), a natural language system which can hear the student and see what is being presented on the interface. With new affordance, learning objects (LO) can have their own grammar, which allows a much more natural voice interaction and less effortful discourse oriented interaction. LOs respond either by audio or performing the requested action. Tests performed with people with tetrapleggia show that the creation of such a shared workspace brings a statistically significant reduction in effort while taking on online lessons and their respective workshops. This suggests that with ANA subjects had their intentions taken care of by the interface in a much less effortful, narrowing the Gulfs of Evaluation and Execution, in Norman's terms. All subjects were very enthusiastic about ANA and suggested that the approach should be widely adopted and could benefit all students, disabled or not.

Keywords: People with tetraplegia. Natural language processing. Distance education. Human-computer interaction.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Evolução do modelo de aprendizagem	22
Figura 2 – Resultado do Post-tagger	34
Figura 3 – Exemplo de <i>n-gram tagger</i>	36
Figura 4 – Exemplo da janela da aplicação modificada para um <i>Single-switch Input Device</i>	50
Figura 5 – Posicionamento dos eletrodos	51
Figura 6 – Área de trabalho da <i>workbox</i>	52
Figura 7 – Pessoas com Deficiência (PcDs) tetraplégicos realizando as tarefas	56
Figura 8 – Números de páginas	59
Figura 9 – Tela de exercício com botões de navegação em lados opostos	60
Figura 10 – Golfo de Execução	61
Figura 11 – Golfo de Avaliação	61
Figura 12 – Infográfico de funcionamento da ANA	64
Figura 13 – Infográfico de comunicação com o serviço DialogFlow	65
Figura 14 – Tela da webaula do curso de Introdução à Logica de Programação	66
Figura 15 – Resposta processada pelo dialogflow	67
Figura 16 – Tela da do exercício do curso de introdução à logica de programação	68
Figura 17 – <i>Homepage</i> da plataforma do Laboratório de Educação a Distância para Pessoas com Deficiência (Le@d)	69
Figura 18 – Tela de escolha de aulas da plataforma do Le@d	70
Figura 19 – Texto após o processamento de POS	71
Figura 20 – Conjunto de Regras para formação da árvore de sentenças	72
Figura 21 – Árvore de sentenças	72
Figura 22 – Exemplo de código de parágrafo com a <i>tag <P></i>	74
Figura 23 – Exemplo de código de parágrafo com a <i>tag </i>	74
Figura 24 – Lista de links formando uma estrutura de <i>menu</i>	75
Figura 25 – Lista de links formando uma estrutura de abas de navegação	76
Figura 26 – Roles ícone, parágrafo e objetivo	77
Figura 27 – Roles Tópico	78
Figura 28 – Role Página	78
Figura 29 – Objetos tipo <i>quiz</i>	79

Figura 30 – Objetos tipo Figura	80
Figura 31 – Objetos tipo <i>Link</i>	81
Figura 32 – Objetos tipo Video	82
Figura 33 – Papeis da Tela Inicial	83
Figura 34 – Papeis da Lista de Aulas	84
Figura 35 – Tempo em minutos utilizado para treinamento de cada PCT	94
Figura 36 – Grafico de outliers do número de passos x ferramenta de interação	96
Figura 37 – Grafico de outliers do tempo gasto x ferramenta de interação	98
Figura 38 – Gráfico de barras do escore <i>System Usability Scale</i> (SUS) obtido de cada sujeito de pesquisa	99

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Movimentos e perdas baseados no local da lesão	26
Quadro 2 – Distribuição dos artigos por descritores e bases de dados	45
Quadro 3 – Distribuição dos artigos por descritores e bases de dados	46
Quadro 4 – Principais problemas identificados por categoria	58
Quadro 5 – Características dos sujeitos de pesquisa	91
Quadro 6 – Número de passos por tarefa sem ANA	97
Quadro 7 – Número de passos por tarefa com ANA	97
Quadro 8 – Tempo em segundos para realização de cada tarefa Sem ANA.	98
Quadro 9 – Tempo em segundos para realização de cada tarefa com ANA	98
Quadro 10 – Resumo das hipóteses de pesquisa e suas validações	101

LISTA DE ALGORITMOS

Algoritmo 1 – Marcador unigrama	35
Algoritmo 2 – Navegação na webaula	67

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACM	<i>Digital Library Association</i>
ANA	Assistente de Navegação Acessível
ASIA	<i>American Spinal Cord Injury Association</i>
AVA	Ambiente Virtual de Aprendizagem
CSS	<i>Cascade Style sheets</i>
EaD	Educação a Distância
EAD2PCD	Ensino a Distância para Pessoas com Deficiência
HTML	<i>Hyper Text Markup Language</i>
IEEEEx	<i>IEEE Explore</i>
IHC	Interação Humano-Computador
Le@d	Laboratório de Educação a Distância para Pessoas com Deficiência
LILACS	Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde
LM	Lesão Medular
MEDLINE	<i>Medical Literature Analysis and Retrieval System on-line</i>
MOOC	<i>Massive Open Online Courses</i>
NLTK	<i>Natural Language Toolkit</i>
OA	Objeto de Aprendizagem
PcD	Pessoa com Deficiência
PCT	Pessoa com Tetraplegia
PLN	Processamento de Linguagem Natural
SciELO	<i>Scientific Eletronic Library Online</i>
SDK	<i>Software Developent Kit</i>
SUS	<i>System Usability Scale</i>
TA	Tecnologia Assistiva
W3C	<i>World Wide Web Consortium</i>
WCAG	<i>Web Content Accessibility Guidelines</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
2	OBJETIVOS	20
2.1	OBJETIVO GERAL	20
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	21
3.1	EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA	21
3.1.1	Ambiente Virtual de Aprendizagem	22
3.2	LESÃO MEDULAR	23
3.2.1	Escala ASIA	24
3.3	PROTOCOLO <i>THINK ALOUD</i>	26
3.4	OBJETO DE APRENDIZAGEM	27
3.5	SISTEMAS MULTIAGENTES	30
3.6	PROCESSAMENTO DE LINGUAGEM NATURAL	32
3.6.1	<i>POS-tagger</i>	33
3.6.2	Marcação <i>N-gram</i>	35
3.7	<i>CHATBOT</i>	36
3.7.1	<i>Dialogflow</i>	38
3.8	<i>SYSTEM USABILITY SCALE</i>	38
3.8.1	Aplicação do questionário	39
3.8.2	Cálculo do escore	39
3.9	CONCLUSÃO	40
4	REVISÃO DE LITERATURA	41
4.1	INTRODUÇÃO	41
4.2	OBJETIVO	41
4.3	MÉTODO	41
4.4	RESULTADOS	44
4.5	DISCUSSÃO	46
4.6	CONCLUSÃO	48
5	TRABALHOS RELACIONADOS	50
5.1	DISPOSITIVOS PARA PESSOAS COM TETRAPLEGIA UTILIZAREM COMPUTADORES	50

5.2	CONCLUSÃO	53
6	ENSAIO DE USABILIDADE	54
6.1	INTRODUÇÃO	54
6.2	METODOLOGIA	55
6.3	PROBLEMAS IDENTIFICADOS	57
6.4	DISCUSSÃO	59
6.5	CONCLUSÃO	62
7	A ASSISTENTE DE NAVEGAÇÃO ACESSÍVEL	63
7.1	INTRODUÇÃO	63
7.2	O AMBIENTE DE APRENDIZAGEM	66
7.3	FILTRO DE FALA	70
7.4	OBJETOS ENDEREÇÁVEIS PELO DISCURSO	73
7.4.1	As estruturas básicas de marcação	73
7.4.2	As estruturas com contexto	74
7.4.3	Mapeamento das Telas	76
7.4.4	Gramáticas dos Objetos	82
7.5	CONCLUSÃO	88
8	EXPERIMENTO DE VALIDAÇÃO	89
8.1	INTRODUÇÃO	89
8.2	O ESTUDO	89
8.2.1	Análise da Navegação	89
8.3	DESENHO DO EXPERIMENTO	90
8.4	DESENHO DO EXPERIMENTO	90
8.4.1	Hipótese Geral	90
8.4.2	Hipóteses Específicas	90
8.4.3	Participantes	91
8.4.4	Método	92
8.5	ANÁLISE DA APRENDIZAGEM DA FERRAMENTA	93
8.6	ANÁLISE DO GOLFO DE EXECUÇÃO	95
8.7	ANÁLISE DO TEMPO GASTO NAS TAREFAS	97
8.8	ANÁLISE DE USABILIDADE COM SUS	98
8.9	CONCLUSÃO	100
9	CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS	102

9.1	LIMITAÇÕES	103
9.2	TRABALHOS FUTUROS	103
	REFERÊNCIAS	104
	APÊNDICE	110
	APÊNDICE A – Entidades dos objetos endereçáveis pelo discurso . . .	111
	ANEXO	116
	ANEXO A – SUS	117

1 INTRODUÇÃO

Promover acessibilidade e inclusão de pessoas com deficiência nos diversos ambientes de ensino e aprendizagem, além de ser um passo importante no exercício da cidadania, traz dignidade às Pessoa com Deficiência (PcD). A popularização da *Internet* permite distribuir conteúdos educativos em larga escala, o que faz da Educação a Distância (EaD) um grande aliada na criação de oportunidades de desenvolvimento de habilidades para essa população.

O papel que as tecnologias assistivas exercem no suporte a pessoas com doenças crônicas degenerativas e traumáticas é de grande relevância no dia a dia. Quando se reporta ao atendimento a pessoas com Lesão Medular (LM), essa relevância aumenta na medida em que se observa que, além dos benefícios descritos na literatura, as tecnologias são também uma ferramenta essencial ao processo de ressocialização e de busca do exercício da cidadania.

O autor desta dissertação trabalhou no Laboratório de Educação a Distância para Pessoas com Deficiência (Le@d), atuando como desenvolvedor de *software* e pesquisador na área de Interação Humano-Computador (IHC). O Le@d pesquisa e desenvolve tecnologias e conteúdo de educação a distância aplicados à formação de pessoas com deficiência física e pessoas com deficiência auditiva. Os materiais e Objeto de Aprendizagem (OA) construídos anteriormente foram validados e testados por equipes de testadores de *software*, todos PcD física e auditiva. Dessa forma, os artefatos criados são aprimorados com o foco no usuário final, para que o aluno receba um material de qualidade, adaptado às suas necessidades de aprendizagem (??). Contudo, a necessidade de levar educação de qualidade e formação profissional a uma maior quantidade de pessoas com deficiência nos trouxe ao desafio de criar uma forma de interação que possibilite Pessoas com Tetraplegia (PCTs) a estudarem de forma autônoma e com o esforço reduzido.

A investigação inicial apresenta um conjunto de questões de partida:

- a) O que está publicado na literatura científica, nos últimos cinco anos, sobre tetraplegia e tecnologia assistiva?
- b) Quais tipos de interação melhor resolvem o problema abordado?
- c) Quais teorias de IHC podem ser aplicadas para enfrentar a problemática abordada?

Uma busca na literatura foi realizada nas bases de dados: Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde (LILACS), *Medical Literature Analysis and Retrieval System on-line* (MEDLINE), *Scientific Eletronic Library Online* (SciELO), *Digital Library Association* (ACM) e *IEEE Explore* (IEEEEx). O resultado da apuração dos artigos encontrados nas bases

citadas sobre a problemática aqui abordada aponta que existe uma lacuna na produção de conhecimento sobre tecnologias assistivas a PCT na EaD que ainda é incipiente a produção do conhecimento sobre esta temática em periódicos nacionais e internacionais.

Para interagir com computadores, pessoas com LM do tipo tetraplegia precisam de dispositivos especiais, como órteses e bastonetes na boca, normalmente montados por um cuidador e instalados em um ambiente adaptado à sua realidade. Além disso, esse tipo de equipamento pode gerar desconforto ao usuário, tornando a interação incômoda, frustrante e trabalhosa. Colocando nos termos de Norman e Draper (1986), este é um problema do golfo de execução: o usuário tetraplégico deve fazer grandes esforços para que o computador entenda suas intenções.

As pessoas esperam que outras pessoas vejam o que elas veem (MONK, 2003). Quando a restrição de locabilidade é levantada, a produção de discurso e o esforço de compreensão são grandemente reduzidos. Vamos usar o exemplo da vela de ?? (??) para ilustrar o conceito. Imagine duas pessoas sentadas à mesa conversando. Há uma vela na mesa. O conversante A pergunta ao familiar B: "Por favor, poderia acender a vela para mim?". Uma vez que ambos estão vendo a vela, o conversante B não precisa de mais detalhes para entender a intenção de A. Ambos estão compartilhando o mesmo espaço de trabalho. O esforço de comunicação é mínimo, pois eles são fisicamente co-presentes (??).

Com nossa abordagem, tentamos replicar o cenário anterior. Desenvolvemos a Assistente de Navegação Acessível (ANA), um agente inteligente para auxiliar um aluno PCT em uma aula de EaD. A criação de um espaço de trabalho compartilhado entre aluno e assistente permite a interação do discurso com objetos (objetos de aprendizagem ou apenas *widgets* regulares). Dessa forma, diferente de outros assistentes ou *chatbots* comuns, a ANA é capaz de ver o que o usuário vê. Os OAs podem ter sua própria gramática, o que acrescenta consideravelmente mais contexto e contribui ainda mais para diminuir o esforço comunicativo. Por exemplo, imagine um OA que implementa um *quiz* sendo exibido. O aluno, olhando para a tela, diria: "A resposta é a letra B", como resposta ao início do objeto. A ANA, por sua vez, marcará o *radio box* correspondente a alternativa B, solicitado pelo usuário, sem a necessidade de o aluno manusear *mouse* ou teclado para isso.

Outra maneira de mostrar os benefícios de nossa abordagem é: em muitas circunstâncias, os usuários precisam se acostumar à interação, e isso pode levar algum tempo. Nesse caso particular, a tarefa de navegação torna-se um segundo empecilho para o aprendiz. Múltiplas tarefas não são desejáveis, especialmente para educação *on-line*, pois elas competem pelos

recursos atencionais do usuário. Com o tempo, a navegação se torna automática e a "competição" diminui. Argumentamos que, com a ANA, o tempo para atingir o desempenho máximo do usuário será muito menor do que com outras interações semelhantes, pois é baseada na interação do discurso natural.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Esta pesquisa tem como objetivo geral investigar como agentes conversacionais multimodais impactam na interação de tetraplégicos em ambientes virtuais de aprendizagem.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Esta pesquisa tem os seguintes objetivos específicos:

1. Desenvolver um assistente de *software* para auxiliar alunos com tetraplegia a navegarem em um ambiente EaD por meio de processamento de linguagem natural;
2. Verificar o golfo de execução de estudantes com tetraplegia na execução de uma lição EaD utilizando a ANA na plataforma Ensino a Distância para Pessoas com Deficiência (EAD2PCD);
3. Verificar o golfo de execução de estudantes com tetraplegia na execução de uma lição EaD utilizando seus meios de adaptação padrão (vareta, órtese etc);
4. Verificar a aceitação da ferramenta criada pela comunidade de pessoas com tetraplegia.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo serão apresentados os fundamentos para a realização da pesquisa. Serão abordados os problemas em relação ao aprendizado de pessoas com tetraplegia, além de conceitos acerca das áreas multidisciplinares envolvidas neste trabalho.

3.1 EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA

De acordo com Abbad (2014), no mundo inteiro a EaD é uma modalidade voltada à aprendizagem de adultos. Essa modalidade está associada aos princípios de aprendizagem aberta, aprendizagem ao longo de toda vida ou educação permanente.

As tecnologias de aprendizagem eletrônica (*e-learning*) têm desempenhado um papel importante no desenvolvimento e expansão dos sistemas de educação *on-line*. Além disso, muitas universidades têm estado envolvidas na criação e desenvolvimento de ferramentas *on-line*. Na Europa, elas promovem e apoiam a iniciativa de Cursos Online Maciços Abertos (do inglês, *Massive Open Online Courses* (MOOC)) (WIAK; SZUMIGAJ, 2013).

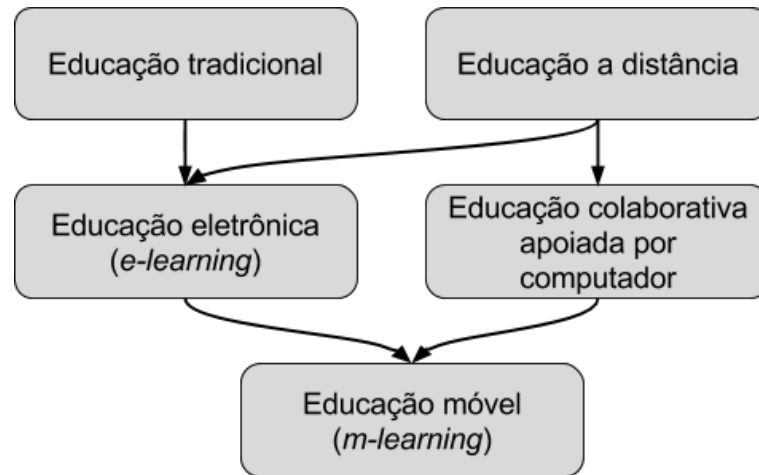
Durante a última década, uma atenção especial tem sido dada na integração de tecnologias de *Internet* a serem implementadas no processo de ensino e aprendizagem no ensino superior. Tecnologias de educação pela *web* agora estão sendo amplamente aplicadas para o ensino e aprendizagem, aumentando a quantidade de utilizadores. Além disso, o número de instituições as quais este sistema é aplicado com êxito está crescendo constantemente (WIAK; SZUMIGAJ, 2013).

No Brasil, a EAD está sendo adotada na educação, nos programas de qualificação e formação profissional e na educação corporativa. Escolas de governo na Europa, no Canadá e no Brasil estão adotando a educação a distância, em todas as suas formas, na oferta de cursos para servidores públicos e comunidade (ABBAD, 2014).

Por meio de tecnologias inovadoras oferecidas por dispositivos móveis recentes, surge um novo modelo de aprendizado chamado aprendizagem móvel (*m-learning*), e oferece às pessoas a oportunidade de aprender a qualquer hora, em qualquer lugar. Isso pode ser possível com o uso de dispositivos móveis, como *smartphones* e *tablets*. A aprendizagem móvel é uma extensão da educação a distância, apoiada por dispositivos móveis equipados com tecnologias sem fios. Trata-se de um modelo e processo emergente de aprendizagem que exige novas formas de ensino, aprendizagem, conteúdos e dinâmicas entre atores. A Figura 1 apresenta uma perspectiva sobre a evolução dos modelos de aprendizagem, sendo o *m-learning* o último

passo na evolução inerente. Este recebe contribuições do *e-learning* e da educação colaborativa apoiada por computador (PEREIRA; RODRIGUES, 2013).

Figura 1 – Evolução do modelo de aprendizagem



Fonte: Adaptado de Pereira e Rodrigues (2013)

3.1.1 Ambiente Virtual de Aprendizagem

De acordo com Almeida (2003), Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA) relaciona-se a sistemas computacionais destinados ao suporte de atividades mediadas pelas tecnologias de informação e comunicação, podendo integrar diferentes mídias e recursos, apresentando as informações de forma organizada, possibilitando interações entre pessoas e OAs, visando atingir determinados objetivos.

Gomes (2005) explica que, apesar de existirem várias conceituações sobre os OAs, elas apresentam em comum a ideia de que estes são "uma entidade educacional reutilizável", ou seja, um recurso com fim educativo que pode ser reaplicado no processo de aprendizagem sempre que for necessário.

A acessibilidade em materiais digitais significa que qualquer pessoa, incluindo PcD, usando qualquer tipo de tecnologia virtual (gráficas, textuais, especiais para cegos ou para sistemas de computação móvel) seja capaz de visitar e interagir com esses conteúdos, compreendendo claramente as informações neles apresentadas (DIAS, 2007).

O Le@d projetou o próprio AVA acessível, denominado Plataforma de EAD2PCD, e, por meio dele, criou-se sete cursos de ensino a distância relacionados a Tecnologia da Informação (TI) que são ofertados para o público PcD: Introdução à lógica de programação (70h), Programação orientada a objetos com java (120h), Desenvolvimento de aplicativos

para plataforma *web* com java e banco de dados (150h), Desenvolvimento de aplicativos para plataforma JEE com JSF e JPA (140h), Desenvolvimento de aplicativos móveis com Android (160h), Banco de Dados Oracle (120h) e Gestão de Projetos - preparação para a certificação PMP e CAPM (130h). Cada curso é composto por nove OAs: conteúdo textual, conteúdo dinâmico digital, videoaula, *podcast*, exercício, oficina, fórum, *chat* e avaliação. Todos os cursos oferecem mais de 1.400 atividades práticas *online*.

A Plataforma EAD2PCD tem recursos de acessibilidade para surdos, pessoas com deficiência física e pessoas com baixa visão. Os cursos também são oferecidos gratuitamente para aqueles em situação de vulnerabilidade social (baixa renda, vivendo em áreas de alta taxa de criminalidade) sob um programa apoiado pelo governo (??).

Além do ambiente acessível pelo navegador, a plataforma possui um aplicativo móvel para *smartphones* e *tablets* com sistema operacional Android. O aplicativo oferece diversas funcionalidades de acessibilidade para o mesmo público de PcD citado anteriormente. Com o aplicativo móvel, o aluno pode continuar a ler o conteúdo e realizar suas atividades nos locais que lhe forem mais convenientes (ARAUJO *et al.*, 2016).

Dado esse ecossistema de EaD, propõe-se a integração de um novo objeto de aprendizagem à Plataforma EAD2PCD que permita o ensino e a avaliação das técnicas necessárias para a execução de uma tarefa manual. Dessa forma, cremos que a plataforma poderá disponibilizar novos cursos técnicos de montagem e manutenção de computadores, manutenção de celulares e eletrônica, por exemplo.

3.2 LESÃO MEDULAR

A medula espinhal é a porção do Sistema Nervoso Central que se alonga no canal raquidiano. Essa estrutura é responsável pela condução dos impulsos sensitivos desde os órgãos receptores periféricos até o cérebro, e pelos impulsos motores do encéfalo aos órgãos efetores. Também gera respostas autônomas e involuntárias frente aos estímulos que são denominadas reflexos medulares. Esse entendimento explica a perda da mobilidade e da sensibilidade, além da disfunção vesical, intestinal e sexual que derivam da lesão da medula.

Esta condição clínica pode ter diversas origens. No entanto, suas consequências surgem com a morte de neurônios da medula e com a perda de comunicação entre os axônios que têm origem no cérebro e nas suas conexões. É, dentre as lesões, a mais devastadora que afeta o ser humano. Caracteriza-se por ser uma grave síndrome incapacitante, com alterações de

motricidade, sensibilidade e função autonômica da medula espinhal abaixo e ao nível da lesão. É um evento de dimensões catastróficas, não só para o paciente e para a sua família, mas também para a sociedade em geral, constituindo-se um grande desafio à reabilitação (CARVALHO *et al.*, 2014).

A LM é uma agressão à medula espinhal e pode resultar em perda parcial ou total das funções motoras e/ou sensitivas, comprometendo os sistemas urinário, intestinal, respiratório, circulatório, sexual e reprodutivo. Esse comprometimento ocorre em consequência da morte dos neurônios da medula e da quebra de comunicação entre os axônios que se originam no cérebro e nas suas conexões. Resulta em perda da locomoção e na exigência de repouso prolongado, entre outras complicações (SILVA *et al.*, 2015).

A *National Spinal Cord Injury Care Systems Systems* (2017) estima uma incidência de 40 casos por milhão de habitantes anualmente, isto é, as estatísticas norte-americanas indicam incidência de 12.000 novos casos por ano, dos quais 80% são pessoas jovens e nas fases mais produtivas das suas vidas. A incidência desse tipo de lesão é variada nos diferentes países. No Brasil, essa condição não é sujeita a notificação, assim sendo, a incidência ainda, é desconhecida, mas estima-se que surjam 10 mil novos casos a cada ano (BRASIL, 2017). Nos países em desenvolvimento, 25.5 novos casos em 1 milhão de habitantes/ano são notificados. A incidência global anual seria de 12.1 a 57.8 casos em um milhão de habitantes (LEE *et al.*, 2014)

As necessidades de assistência as pessoas com lesão medular tipo tetraplegia são contínuas, e requer abordagens integral e holística por parte dos profissionais que a desempenham. Estas incluem cuidado direto em procedimentos técnicos e no auxílio às atividades rotineiras, momentos de escuta, criação de vínculos e valorização das subjetividades, das relações afetivas e da espiritualidade, além da acessibilidade. Tais abordagens tornam-se essenciais à manutenção qualidade de vida destas pessoas (MARCHI; SILVA; MAI, 2012).

3.2.1 Escala ASIA

A determinação do nível da lesão e o grau de comprometimento motor e sensorial é o principal requisito para determinar o prognóstico funcional de um paciente. São várias as maneiras de classificar as LM, no entanto, a mais utilizada universalmente é *American Spinal Cord Injury Association* (ASIA) (ASSOCIATION, 2017). Proposta pela associação americana, esta reúne médicos e demais profissionais da área da saúde engajados no tratamento e cuidado de pessoas com LM.

A escala ASIA baseia-se na determinação do nível sensitivo e do nível motor, que são obtidos por meio do exame da sensibilidade e da motricidade, respectivamente. Para se determinar o nível sensitivo, a ASIA considera dois componentes da sensibilidade superficial, isto é, a tátil e dolorosa. Nesta avaliação se examina os pontos chaves dos 28 dermatômos à direita e 28 dermatômos à esquerda da superfície corporal. No que se refere ao nível motor, se avalia os miótomos, estes grupos musculares devem ser examinados bilateralmente para se determinar a inervação majoritária, isto é, a raiz nervosa envolvida na função motora.

A ASIA determina o comprometimento funcional, classificando a LM em completa e incompleta, a saber: AIS A – lesão completa, não existe função motora ou sensitiva abaixo do nível da lesão; AIS B – lesão incompleta, não há função motora abaixo do nível da lesão, porém com sensibilidade preservada; AIS C – lesão incompleta, há preservação da função sensitiva e motora abaixo do nível da lesão, no entanto a força muscular tem o grau inferior a 3; AIS D – lesão incompleta, existe preservação da função sensitiva e motora abaixo do nível da lesão, com força muscular maior ou igual a 3; AIS E – as funções sensitivas e motoras são normais.

Segundo Torrecilha *et al.* (2014), lesão medular é definida como qualquer comprometimento na medula espinal que acarrete déficit na função motora, sensitiva, visceral, além das funções sexuais do indivíduo. De acordo com a ASIA, a ausência total das funções sensitiva e/ou motora e/ou autonômica abaixo do nível da lesão, inclusive nos níveis sacrais, caracteriza a lesão completa, enquanto a preservação de alguma função sensitiva e/ou motora e/ou autonômica abaixo do nível da lesão, inclusive nos segmentos sacrais, caracteriza a lesão incompleta.

A tetraplegia, ou quadriplegia, ocorre quando as vias motoras e sensitivas que percorrem a medula espinal em direção à periferia, e vice-versa, no nível da coluna cervical, entre a primeira e a sétima vértebras cervicais são interrompidas por um acidente ou em virtude de algumas doenças neurológicas. Os sinais e sintomas incluem: a paralisia dos membros superiores e inferiores; grande gradação na perda dos movimentos, desde a perda de forças, até uma imobilidade completa dos membros, ocasionando incontinência urinária e fecal; e a impotência, obrigando os pacientes ao uso de dispositivos especiais. A musculatura respiratória também pode ser mais ou menos afetada, ocasionando dificuldades respiratórias. Com isso, os músculos do paciente se atrofiam visivelmente. Para ter uma melhor ideia sobre o impacto que uma lesão medular pode ter, a tabela 1 a seguir mostra uma visão geral do nível de perda que uma pessoa lesionada pode ter de acordo com a região afetada na medula.

A Tabela 1 mostra que pessoas com lesão alta, C1 a C4, não tem controle sobre a respiração, fala e troncos. Sendo assim, provavelmente, precisam do auxílio de equipamentos

Quadro 1 – Movimentos e perdas baseados no local da lesão

Local da Lesão	Capacidades Motoras
C1 – C4 (Lesão cervical alta)	Paralisia nos braços, nas mãos, no tronco e nas pernas; Falta de controle sobre respiração voluntária; Dificuldades na fala.
C5 (Lesão cervical baixa)	Não levanta os braços ou dobra os cotovelos; Paralisia total de pulsos, mãos, tronco e pernas; Respiração enfraquecida.
C6 (Lesão cervical baixa)	Paralisia nas mãos, no tronco e nas pernas; Capaz de dobrar os pulsos para trás; Capaz de falar e usar o diafragma; Sem controle sobre intestino/bexiga.
C7 (Lesão cervical baixa)	Estica os braços e movimentam o ombro; Sem controle sobre intestino/bexiga.
C8 (Lesão cervical baixa)	Algum movimento das mãos; Capaz de agarrar e soltar objetos.
T1 – T5 (Lesão torácica alta)	Funções de braços e mãos normais; Tronco e pernas afetados; Capaz de dirigir um carro adaptado.

Fonte: Adaptado de (ASSOCIATION, 2017)

médicos, como tubos de oxigênio para sobreviver, e necessitam do auxílio de uma terceira pessoa para todas as outras ações. Deste modo, pessoas com esse tipo de lesão não se encaixam no público-alvo desta pesquisa. Por tanto, esta pesquisa é voltada a prover acessibilidade a pessoas com tetraplegia com nível de lesão abaixo de C5, e que tenham as funções de fala e cognição sem danos. Vale ressaltar que pessoas que não são tetraplégicas e que possam falar, também podem tirar proveito dessa tecnologia, apesar de não serem o público-alvo desta pesquisa.

3.3 PROTOCOLO *THINK ALOUD*

O termo "verbalização em voz alta", do inglês *Think Aloud*, refere-se a um protocolo de coleta de dados empírica em que o usuário testador é requisitado a executar uma lista de tarefas em um determinado cenário de testes, devendo verbalizar tudo o que se passa em sua mente no momento da execução destas tarefas (JÄÄSKELÄINEN, 2010).

Dessa forma, o indivíduo geralmente verbaliza seus pensamentos sem a necessidade de descrever ou explicar o que está fazendo – ele verbaliza as informações que prendem sua atenção ao executar uma tarefa ou gerar uma resposta (ERICSSON; SIMON, 1984). Para esses autores, o protocolo *think aloud* resgata pensamentos sobre assuntos que estão na memória de curto prazo. Todos os processos cognitivos passam através da memória de curto prazo; sendo assim, o pensamento consciente das pessoas pode ser relatado no momento em que é processado. Os processos cognitivos que geram verbalizações, o que podemos chamar de "pensamento em voz alta", são um subconjunto dos processos cognitivos que geram o

comportamento ou ação (ERICSSON; SIMON, 1984).

Para Jaspers *et al.* (2004), o protocolo *think aloud* pode ser uma fonte única de informação sobre os processos cognitivos, ou seja, gera dados diretos sobre os processos de pensamento contínuo durante o desempenho de uma tarefa. De uma forma geral, o método consiste em:

1. coletar o protocolo *think aloud* de uma forma sistemática;
2. analisar os protocolos a fim de obter um modelo de processo cognitivo que ocorre na solução de um problema.

Esses protocolos são utilizados como dados brutos e requerem uma substancial análise e interpretação para compreensão da maneira como os sujeitos desempenham suas tarefas (JASPERS *et al.*, 2004).

Apesar de suas inúmeras vantagens, alguns pesquisadores apresentam certas preocupações na utilização do método *think aloud*. Yang (2003), por exemplo, defende que, em sua forma mais pura, a análise dos dados pode ser demasiada complexa e mecânica.

Já para Wade, Buxton e Kelly (1999), pessoas com nível cognitivo mais elevado têm melhor capacidade mental para verbalizar seus pensamentos; já os sujeitos que são menos capazes terão maiores dificuldades de relatar o que têm em mente, e, portanto, os dados do *think aloud* podem subestimar seus conhecimentos e habilidades.

Para essa pesquisa, durante a execução do protocolo, é capturada, em formato de vídeo, a tela do computador do usuário no cenário de teste especificado, bem como o áudio e a imagem do rosto. Deste modo, é possível capturar e avaliar não somente a execução da tarefa em si, mas ainda as reações corporais expressadas pelo testador. Estas reações expressam sentimentos como alegria, frustração, dúvida ou reprovação ao executar uma determinada tarefa.

Esse teste de usabilidade devolve vários tipos de *feedbacks* a partir do usuário final. Suas dúvidas e frustrações verbalizadas servem de insumo para que um *design* de interação possa identificar erros ou barreiras que atrapalhem ou inviabilizem o uso do *software*. O tempo de realização de cada tarefa também é um importante fator na identificação de percalços e entraves na interação com um sistema computacional.

3.4 OBJETO DE APRENDIZAGEM

Os Objetos de Aprendizagem (OA), também conhecidos como objetos instrucionais, são recursos digitais marcados com metadados que são autocontidos e podem ser utilizados na

educação presencial ou a distância (WILEY *et al.*, 2000). O termo foi difundido em meados dos anos 2000 com o objetivo ser um facilitador pedagógico do ensino e aprendizado presencial e também a distância, além de poder ser reutilizado em outros sistemas de gerenciamento de conteúdo ou plataformas de EaD (CARNEIRO; SILVEIRA, 2014). Os conteúdos digitais são criados em vários formatos, utilizam uma grande variedade de ferramentas de autoria sob a forma de objetos de aprendizagem, os quais fazem uso extenso da tecnologia e incluem mídias variadas como textos, áudio, vídeos, imagens animadas, imagens estáticas etc. Esses recursos são disponibilizados por meio de AVA, por meio de repositórios de objetos de aprendizagem livres ou proprietários, inseridos em *sites e blogs* ou por qualquer outro meio digital de difusão de informação (MACEDO, 2012). Baseado no paradigma de orientação a objetos, os OAs têm como ideia fundamental poderem ser reutilizados em diferentes contextos de ensino e aprendizagem. Além disso, são conhecidos como elementos digitais capazes de gerar aprendizado por meio da internet (WILEY *et al.*, 2000).

No cenário ideal, um OA pode ser reutilizado em diversas modalidades de ensino a distância, e até mesmo com algumas customizações, ser capaz de atender níveis de ensino diferentes. Porém, para atingir esse conceito, são necessárias certas medidas, como padronização, um bom *design* educacional, maturidade da cultura e organização da instituição que irá utilizá-lo (LITTLEJOHN, 2003). A padronização de objetos de aprendizagem é essencial para torná-los reutilizáveis. Se não houver um padrão bem definido, um professor que queira disponibilizar seu conteúdo por meio de um OA pode encontrar dificuldades em compartilhar seu conteúdo, chegando a utilizar outros existentes e, até mesmo, compartilhar com diferentes plataformas de ensino (LITTLEJOHN, 2003).

Para Macedo (2012), os objetivos principais dos objetos de aprendizagem são a recuperação, reutilização e intercambialidade dos componentes instrucionais. Essas unidades instrucionais são relativas a tópicos ou aptidões únicas, e não dependem de material externo, o que significa permanecerem individualizados, podendo ser compartilhados por sistemas diferentes. Para Devedžic (2006), a unificação de abordagens educacionais de diferentes organizações pode proporcionar uma base de conhecimento comum aos indivíduos, ampliando sua liberdade e mobilidade entre instituições.

De início, segundo ?? (?), sugere-se uma primeira divisão entre os objetos de aprendizagem em dois grandes grupos, interativos, e não interativos. O primeiro grupo é formado por objetos com conteúdo estático, o qual não há, de forma direta, a interação do aluno. Já o segundo é formado por objetos em que a interação com o aluno é fundamental. Tal interação é

responsável por alterar o estado do objeto, promovendo novas maneiras de se expor seu conteúdo e avaliar o aluno.

Uma taxonomia geral de tipos de objetos de aprendizagem é proposta por Wiley *et al.* (2000), classificados pelo grau de qualidade de suas apresentações, compatível com as várias teorias de *design* instrucional, para facilitar sua adaptação às necessidades dos alunos. Essa taxonomia define cinco tipos de objetos de aprendizagem:

1. Fundamental: recurso individual para exibir uma função;
2. Combinado fechado: pré-combinados, e não acessíveis individualmente para reutilização;
3. Combinado aberto: pré-combinados, mas acessíveis para reutilização;
4. Gerador de apresentação: lógica para combinar objetos que podem tanto capturá-los da *web* como serem gerados ou combinados para gerar uma apresentação;
5. Gerador instrucional: lógica e estrutura para combinar objetos de aprendizagem dos outros tipos citados, com a interação do aluno para criar estratégia de instrução.

Com a popularização da tecnologia de objetos de aprendizagem no apoio às atividades de ensino-aprendizagem, surgiram iniciativas para padronização de um modelo de empacotamento de objetos de aprendizagem, visando padronizar as especificações, construção e identificação dos objetos de aprendizagem. Dentre os modelos existentes, o SCORM, com uma abordagem mais centrada na autonomia e auto-aprendizagem, é o mais popular e com o maior número de ferramentas de suporte atualmente (DUTRA; TAROUCO, 2006).

Ainda segundo Dutra e Tarouco (2006), o SCORM é um conjunto unificado de recomendações que sugere quais serviços são necessários para disponibilizar unidades de aprendizagem (cursos, lições, aulas, dentre outras) *on-line* via *Web*, como essas unidades podem ser empacotadas, quais padrões existentes devem ser aplicados, e também a maneira como esses padrões devem ser utilizados.

Apesar de ser amplamente adotado por várias instituições de ensino, presenciais ou a distância, os OAs não apresentam apenas vantagens, existem problemas e/ou deficiências relacionadas ao seu desenvolvimento (??). Uma lista com alguns desses problemas é levantada por ?? (??) a saber:

1. Estrutura de navegação: nos OA, as estruturas de navegação não são definidas de forma clara, e os conceitos e as relações nem sempre estão representados de maneira que identifiquem a melhor forma de navegação entre eles;

2. Transcrição da mídia escrita para mídia eletrônica: no desenvolvimento do conteúdo dos OA, é muito difícil encontrar uma forma estruturada para transcrever um conteúdo escrito para um conteúdo eletrônico, possibilitando sua reutilização em diferentes contextos;
3. Deficiência pedagógica: em geral, no desenvolvimento dos OA, tem se dado mais importância a perspectiva técnica do que as perspectivas pedagógicas;
4. Integração com os AVA: no momento a comunidade acadêmica, a indústria e o governo não chegaram a um acordo sobre qual padrão utilizar no desenvolvimento de OA, embora o padrão SCORM esteja em evidência;
5. Apresentação dos OA: a definição genérica do que pode ser um OA proporciona uma grande variedade de formas e modelos de se apresentar os conteúdos educacionais, o que acaba dificultando sua reutilização.

A utilização de OA pode ser vista em um contexto maior do que simplesmente uma sequência de conteúdos (??). Mesmo com seus problemas e dificuldades, os OA conquistam espaço cada vez mais significativo, pois conferem ao processo de ensino-aprendizagem um caráter mais interativo, dinâmico e flexível (MOREIRA; CONFORTO, 2011).

3.5 SISTEMAS MULTIAGENTES

O termo agente ou agente de *software* pode ser encontrado em um grande número de tecnologias e tem sido amplamente usado, por exemplo, em aplicações de inteligência artificial, bancos de dados e sistemas operacionais. Um agente é um componente de *software* especial que tem autonomia e pode prover uma interface de interoperabilidade com sistemas arbítrios e/ou se comportar como um agente humano trabalhando para seus "clientes" ou para satisfazer sua própria agenda (BELLIFEMINE; CAIRE; GREENWOOD, 2007).

Não existe uma definição única para o conceito de agente, e isto ocorre porque os autores normalmente ligam a definição ao domínio da aplicação, às formas de cooperação e aos níveis de autonomia (FRIGO; POZZEBON; BITTENCOURT, 2004). Segundo Wooldridge (2009), agentes são sistemas computacionais com duas importantes capacidades: primeiro, eles são, pelo menos em algum ponto, capazes de realizar ações de forma autônoma decidindo, por eles mesmos, o que fazer ou não fazer para satisfazer seus objetivos; segundo, eles são capazes de interagir com outros agentes, não simplesmente trocando dados, mas gerando engajamento de forma análoga aos engajamentos sociais que fazemos todos os dias de nossas vidas: cooperação,

coordenação, negociação, entre outros.

Já para (FRANKLIN; GRAESSER, 1996 apud FRIGO; POZZEBON; BITTEN-COURT, 2004), existem sete propriedades que devem ser observadas em um agente, a saber:

1. Posicionamento: o agente recebe sinais de entrada dos seus sensores vindos do ambiente no qual está localizado e pode executar ações contextualizadas que modifiquem o ambiente de alguma forma;
2. Autonomia: o agente deve ter a possibilidade de agir sem a intervenção direta de usuários ou de outros agentes, além de poder controlar totalmente suas ações e seu estado interno;
3. Pró-atividade: os agentes não devem apenas agir em resposta ao seu ambiente, mas devem agir oportunamente por iniciativa própria de acordo com seus objetivos;
4. Sociabilidade: os agentes devem poder interagir, quando apropriado, com outras entidades do ambiente de forma a melhor resolver seus problemas e ajudá-las nas suas atividades;
5. Adaptabilidade: os agentes devem poder mudar o seu comportamento devido a uma experiência anterior;
6. Receptividade: os agentes devem poder perceber o seu ambiente e responder adequadamente a mudanças que ocorram nele;
7. Mobilidade: os agentes podem estar aptos a transportar-se de uma máquina para outra.

Rojas *et al.* (2018) define as características de sistemas multiagentes como um conjunto de agentes autônomos que são geralmente heterogêneos e independentes, que trabalham juntos, integrando capacidades e compartilhando recursos para alcançar uma funcionalidade esperada. Para eles, esse tipo de sistema tem a capacidade de interagir em um ambiente comum e tem a capacidade de coordenação, compartilhamento de conhecimento e negociação para alcançarem seus objetivos e resolverem um problema específico. É possível identificar um sistema multiagente como uma sociedade de agentes semiautônomos que interagem uns com os outros.

No caso desta pesquisa, um conjunto de agentes foi incorporado aos objetos de aprendizagem da plataforma "ead2pcd", permitindo que, por meio do processamento de linguagem natural e da criação de objetos endereçáveis pelo discurso, uma área de trabalho compartilhada seja criada. Deste modo, os agentes podem atuar nos objetos endereçáveis na mesma tela que o

usuário está vendo, gerando assim, uma interação incorporada que pode reduzir o esforço da elaboração do comportamento com o objetivo de exibir intenções.

3.6 PROCESSAMENTO DE LINGUAGEM NATURAL

Em uma definição simples, o Processamento de Linguagem Natural (PLN) é composto por teorias e técnicas que visam resolver o problema de comunicação com computadores por linguagem natural. Na ciência da computação, um dos objetivos desse campo de pesquisa é projetar *softwares* que permitam que seus usuários interajam com o computador utilizando, para isso, conversação em diálogos naturais. Claro que, para se alcançar esse objetivo, é necessário um número de passos iniciais. No nível mais raso, é necessário projetar os sistemas de modo que possam analisar as sentenças e extrair seu conteúdo conceitual. Em um nível mais avançado, pode-se analisar grandes blocos de texto com estruturas coesas entre si, nos forçando a resolver problemas de semântica e pragmática, o que vai além de analisar sentenças isoladas.

PLN é um termo amplo para abranger a manipulação computacional de uma linguagem natural. Nesse contexto, linguagem natural se refere à linguagem usada na comunicação diária das pessoas como o inglês, espanhol, ou, no caso dessa pesquisa, o português do Brasil. Em um extremo, pode ser tão simples quanto contar frequências de palavras para comparar diferentes estilos de escrita. No outro extremo, a PLN envolve "compreensão" de expressões humanas completas, pelo menos até o ponto de ser capaz de dar respostas úteis a elas (BIRD; KLEIN; LOPER, 2009).

O termo PLN não deve ser confundido com *speech recognition*. Este endereça o problema de identificar sinais acústicos como fonemas de um determinado idioma. Em sistemas mais modernos, como os *chatbots*, o método de *speech recognition*, em geral, devolve um bloco de texto representando alguma fala que foi identificado a partir de uma entrada de voz do usuário, e essa etapa precede o PLN.

Segundo Andrade (), PLN é uma área interdisciplinar na qual se incluem a Informática, Matemática, Ciência da Informação, Psicologia e Linguística. Estudam-se a representação e interpretação automática do dado não estruturado, ou melhor explicando, da informação falada ou escrita por humanos. Essa é uma área em que os pesquisadores são orientados na busca por entendimento de como humanos geram, fazem uso e compartilham informação, direcionando seus esforços para a construção de *softwares* que possam manipular a linguagem natural o mais próximo da interpretação humana. Nas palavras de Turban *et al.* (2010), PLN refere-se

ao processamento da linguagem humana e sua forma de interação entre homem e máquina, independentemente do idioma em que está seja descrito.

Prolongando um pouco mais esses conceitos, Cambria e White (2014) defende que o PLN consiste de uma gama de técnicas computacionais, teoricamente motivadas, para análise do discurso humano. O autor ainda relata que a pesquisa sobre PLN evoluiu desde a era dos cartões perfurados, em que a análise de uma sentença poderia levar até sete minutos, até a era do Google e outros, em quais milhões de páginas da *web* podem ser processadas em menos de um segundo. O PLN permite que os computadores executem uma ampla gama de tarefas relacionadas com a linguagem natural em todos os níveis, desde a análise e *POS-tagging* até a sistemas de tradução de diálogos (YOUNG *et al.*, 2018).

3.6.1 *POS-tagger*

A marcação de parte da fala é uma das etapas de desambiguação mais fundamentais em qualquer sistema de processamento de linguagem natural (SHRIVASTAVA; BHATTACHARYYA,), e foi utilizada nessa pesquisa para criação do filtro de fala, que será apresentado na seção 7.3. É o processo de atribuir parte correta do discurso a cada palavra de um dado texto de entrada, dependendo do contexto. Essa técnica pode ser utilizada na resolução de vários problemas de PLN como rotulagem de sequência, reconhecimento de fala, fragmentação etc. Ao longo dos anos, as precisões de *POS-tagging* melhoraram de forma constante, aparecendo para estabilizar em um nível de precisão que se aproxima de acordo com o inter-revisor humano (LIN *et al.*, 2012).

Na escola, estudamos a diferença entre substantivos, verbos, adjetivos e advérbios. Essas “classes de palavra” não são apenas a invenção ociosa de gramáticos (BIRD; KLEIN; LOPER, 2009), mas são categorias úteis para muitas tarefas de processamento de linguagem. *Tagger* é uma técnica de PLN que processa uma sequência de palavras e anexa a ela sua classe. A parte do discurso, ou *part of speech (POS)*, explica como uma palavra é usada em uma frase. Existem oito partes principais da fala – substantivos, pronomes, adjetivos, verbos, advérbios, preposições, conjunções e interjeições.

Cada palavra, nesse contexto, é chamada de *token*, e, no processo *POS-tagger*, cada *token* será marcado como dessas partes. A Figura 2 mostra o resultado do processamento de *POS-tagger* na frase: “Domingo eu quero ir à praia”.

Figura 2 – Resultado do Post-tagger

```
[('Domingo', 'NOUN'), ('eu', 'PRON'), ('quero', 'VERB'), ('ir', 'VERB'), ('à', 'PREP'), ('praia', 'NOUN')]
```

Fonte: Elaborado pelo autor

O resultado traz, na forma de um vetor na linguagem de programação *python*, a quebra de cada palavra em um *token* seguido de sua classe gramatical, em que:

- NOUM: significa nome;
- PRON: significa pronome;
- VERB: significa verbo;
- PREP: significa preposição.

Nota-se que o *token* "à"(letra a com crase), segundo as regras gramaticais do português do Brasil, poderia ser classificado tanto como preposição, como artigo ou como preposição + artigo. Esse tipo de nuance do idioma sempre será um desafio para as técnicas de PLN.

Para que o computador seja capaz de classificar as palavras de acordo com suas classes gramaticais, é necessário que haja um treinamento baseado em algoritmos de aprendizagem de máquina. A base desse treinamento precisa conter palavras que tenham sido previamente classificadas, para que assim se possa aplicar no algoritmo e gerar um modelo. Abordagens estatísticas empregam várias técnicas matemáticas e frequentemente usam textos grandes em *corpus* para desenvolver modelos aproximados generalizados de fenômenos linguísticos baseados em exemplos reais desses fenômenos fornecidos pelo corpo de texto (LIDDY, 2001).

A Floresta Sintá(c)tica compõe-se de um conjunto de textos em português do Brasil – frases – sintaticamente analisados, em forma de árvore, revisadas por linguistas. De forma a serem usadas por uma comunidade mais vasta do que os próprios compiladores apenas, eventualmente para efeitos de avaliação conjunta, as árvores foram sendo tornadas publicamente acessíveis na *web* (AFONSO, 2012).

O autor Afonso (2012) fala que um dos objetivos da criação de um "*treebank*", ou seja, um conjunto de textos previamente marcados segundo suas classes, era congrega a todos os interessados na análise computacional do português do Brasil, de forma a que a Floresta Sintá(c)tica pudesse refletir um consenso entre as possibilidades de análise, ou pelo menos permitir uma escolha informada. Assim, uma das esperanças acalentadas pelo presente projeto

era a de que este desse origem à discussão e cooperação entre os vários atores, além da criação dos próprios objetos (árvores) e da obtenção de documentação que reflita progresso em sintaxe computacional da língua portuguesa. Este *corpus* de texto, por ser o mais completo no idioma português do Brasil, foi escolhido para ser usado no treinamento do *POS-tagger* desta pesquisa. A próxima subseção mostrará os métodos utilizados para criação do marcador.

3.6.2 Marcação *N-gram*

Hariyanti, Aida e Kameda (2019) define que Unigrama é um n-grama mais simples (com $n = 1$), que é um modelo de linguagem probabilístico para estimar a próxima palavra em uma sequência de n palavras. Sem considerar a palavra anterior, calcula a probabilidade da próxima palavra e também atribui as probabilidades a sequências inteiras. As probabilidades podem ser estimadas a partir de um corpus de treinamento. Quando o Unigrama encontra uma palavra que não existe no *corpus* de treinamento, atribui a ela uma *tag* padrão, como mostrado no Algoritmo 1. Além disso, dada uma *string* $W = w_1, w_2, \dots, w_N$, em que N é o número de *tokens* de palavras, um modelo de unigrama pode ser representado pela seguinte fórmula:

$$P(w_1 \dots w_n) = \prod_{i=1}^n P(w_i)$$

Algoritmo 1: Marcador unigrama

Entrada: sequência de palavras (W), corpus (C)

Saída: sequência de palavras classificadas (TW)

início

para cada w_i em $W_1 \dots W_n$ **faça**

se $P(w_i)$ em $C == \emptyset$. **então**

 | $TW(w_i) = \text{“NOME”}$

fim se

senão

 | $TW(w_i) = P(w_i)$ em C

fim se

fim para

retorna TW

fim

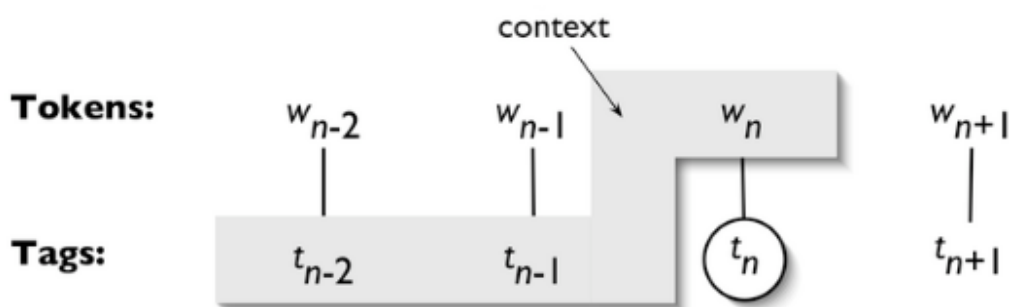
Quando executamos uma tarefa de processamento de idiomas baseada em unigramas, estamos usando um item de contexto. No caso da marcação, consideramos apenas o *token* atual, isoladamente de qualquer contexto maior. Dado tal modelo, o melhor que podemos fazer é

marcar cada palavra com sua *tag a priori* mais provável. Isso significa que marcaríamos uma palavra com a mesma *tag*, independentemente de aparecer em um outro contexto.

Os autores Hasan, UzZaman e Khan (2007) explicam que um *tagger* unigram (*n*-gram, $n = 1$) é um algoritmo de marcação estatística simples. Para cada *token*, ele atribui a *tag* mais provável para o texto desse *token*. Por exemplo, ele atribuirá a *tag* "jj" a qualquer ocorrência da palavra "frequente", uma vez que "frequente" é usado como um adjetivo (por exemplo, "uma situação frequente") com mais frequência do que é usado como verbo (por exemplo, "eu frequento esse café"). Antes que um *tagger* unigram possa ser usado para marcar dados, ele deve ser treinado em um *corpus* de treinamento. Ele usa o *corpus* para determinar quais *tags* são mais comuns para cada palavra. O unigram *tagger* atribuirá a *tag* padrão "NOM" a qualquer *token* que não foi encontrado nos dados de treinamento.

Um *tagger* *n*-gram é uma generalização de um *tagger* unigrama cujo contexto é a palavra atual junto com as *tags* de *part of speech* dos $n-1$ *tokens* anteriores, como mostrado na Figura 3. A *tag* a ser escolhida, "tn", é circulado e o contexto é sombreado em cinza. No exemplo de um *tagger* de *n*-gram mostrado na Figura 3, temos $n = 3$; isto é, consideramos as *tags* das duas palavras precedentes além da palavra atual. Um *tagger* de *n*-gramas escolhe a *tag* que é mais provável no contexto fornecido. Desta forma, a marcação *n*-gram traz melhores resultados na marcação de parte de fala.

Figura 3 – Exemplo de *n*-gram *tagger*



Fonte: Adaptado de Bird, Klein e Loper (2009)

3.7 CHATBOT

Chatbots são programas de computador que interagem com os usuários usando linguagem natural. Essa tecnologia iniciou por volta do ano de 1960 com o objetivo de "enganar" usuários inadvertidos, fazendo-os pensar que estavam conversando com humanos. No

entanto, *chatbots* não são desenvolvidos apenas com a intenção de simular conversas entre humanos (SHAWAR; ATWELL, 2007). Segundo Batacharia *et al.* (2009), a necessidade de agentes conversacionais tornou-se mais aguda com o advento dos computadores pessoais, com o desejo de se comunicar e o desejo dos fabricantes em oferecer interfaces de linguagem natural.

Segundo a definição dada por Galitsky (2019), um *chatbot* é um sistema de computador que provê uma interface entre usuários humanos e um *software* utilizando a fala ou escrita em linguagem natural com os mesmos objetivos de uma comunicação primitiva. Sistemas de conversação interagem com usuários, contando com comunicação em linguagem natural, em que o uso da linguagem vai além de comandos predeterminados previamente. Galitsky (2019) ainda afirma que a forma de conversar com um *chatbot* é similar a forma como os humanos conversam entre si: natural, intuitiva, robusta e eficiente.

Chatbots estão emergindo como uma área cada vez mais importante para a comunidade de IHC, pois eles fornecem um novo meio para os usuários interagirem com os provedores de serviços. Devido seu caráter conversacional, os *chatbots* são potenciais ferramentas eficazes para se envolver com os clientes e, muitas vezes, desenvolvido com interesses comerciais no nicho do seu desenvolvedor. No entanto, os *chatbots* também representam oportunidades para um impacto social positivo. *Chatbots* podem tornar serviços mais acessíveis e disponíveis (FØLSTAD *et al.*, 2018).

Um *chatbot* pode ou não imitar uma conversa humana (GALITSKY, 2019). A interação com um *chatbot* pode se dar de diversas maneiras. Seja por texto escrito ou falado, geralmente a interação parte do usuário que espera que o robô o entenda e lhe forneça uma resposta satisfatória, mesmo que essa resposta seja um redirecionamento a uma página ou a exibição de um texto padrão. O desafio de projetar uma interação começa a ficar maior quando necessita-se que esta ocorra de diversas formas ou meios; a esse tipo de interação chamamos de multimodal. Nas palavras de Jaimes e Sebe (2007), para os nossos interesses, um sistema de IHC multimodal é simplesmente algo que responda aos estímulos de entrada de um usuário em mais de uma modalidade ou canal de comunicação.

Atualmente, para uma comunicação efetiva, *chatbots* se comunicam com os usuários por meio de múltiplas modalidades como texto, vídeo, áudio e visão. Os agentes de conversacionais vem se tornando cada vez mais populares recentemente devido a sua maior capacidade cognitiva graças às evoluções nas técnicas de inteligência artificial (SHUM; HE; LI, 2018).

3.7.1 *Dialogflow*

O DialogFlow (2019) é uma ferramenta *web* e gratuita que permite criar interfaces de conversação, fornecendo um mecanismo de entendimento de linguagem natural para processar e entender a entrada de linguagem natural. Utilizando seu *Software Development Kit* (SDK), é possível criar uma integração com diversas linguagens de programação, bem como utilizar seus serviços de *webhook* para lançar chamadas externas a várias outras aplicações. Um agente *dialogflow* é capaz de processar a entrada do usuário em uma informação estruturada para que se possa retornar uma resposta apropriada.

Para isso é necessário utilizar estruturas chamadas de "*Intents*" que definem como mapear as entradas do usuário em respostas apropriadas. Uma *intent* é composta pelos componentes:

- Frases de treinamento: define frases de exemplo do que os usuários podem dizer. O *Dialogflow* usa essas frases de treinamento e as expande para muitas outras frases semelhantes para criar um modelo de linguagem que corresponda às entradas do usuário. Por meio de treinamento e aprendizado de máquina, o *Dialogflow* cria um modelo de linguagem para melhor corresponder às entradas do usuário.
- Ações e parâmetros: para melhorar o modelo de linguagem de uma intenção, pode-se anotar suas frases de treinamento com entidades ou categorias de dados que se deseja que o *Dialogflow* corresponda. Isso permite dizer à ferramenta que se deseja um tipo específico de entrada e não apenas corresponder à entrada literal do usuário. O *Dialogflow* extrai entidades correspondidas como parâmetros das frases de treinamento.
- Respostas: Define uma resposta de texto, fala ou visual ao usuário, o que geralmente avisa os usuários de maneira que eles saibam o que dizer em seguida ou que a conversa está terminando. Para enviar respostas, você pode usar o manipulador de resposta ou o atendimento de chamadas interno do *Dialogflow* para processar os dados extraídos e retornar uma resposta de volta ao *Dialogflow*.

3.8 *SYSTEM USABILITY SCALE*

Usabilidade não é uma qualidade que existe em qualquer sentido real ou absoluto (BROOKE *et al.*, 1996). ?? (??) dizem que usabilidade é um conceito chave na interação entre humanos computadores e enfatiza a preocupação em desenvolver sistemas que apresentem facilidade de aprendizagem e na utilização. Para Nielsen (1994), usabilidade é um atributo de

qualidade que avalia a facilidade de uso de uma interface, sendo definida por cinco componentes:

- Capacidade de aprendizagem: a facilidade de utilizar o sistema pela primeira vez;
- Eficiência: rapidez para executar as tarefas;
- Memorização: o processo de lembrar como utilizar o sistema, após um tempo sem utilizar;
- Erros: ausência de erros apresentados pelo sistema;
- Satisfação: *design* agradável.

O *System Usability Scale* (SUS) é uma escala desenvolvida por Brooke *et al.* (1996) composta por dez itens, cada um com cinco opções de respostas em escala *likert* capaz de dar uma visão global da avaliação subjetiva de usabilidade a partir dos usuários do sistema. O SUS é uma tecnologia independente e já foi testado em *hardware*, *software* de consumo, *sites*, *smartphones* e unidade de resposta audíveis, ou URAs, como é conhecida no *telemarketing*. Tornou-se um padrão da indústria com referências em mais de 600 publicações (SAURO, 2011). O autor sugere que as questões ímpares e pares tenham teor positivo e negativo respectivamente, intercalando-se, a fim de evitar respostas automáticas tendendo aos extremos ou ao centro.

3.8.1 Aplicação do questionário

Para Brooke *et al.* (1996), um questionário de usabilidade deve ser aplicado quando o entrevistado teve a oportunidade de experimentar o sistema avaliado. Porém, é importante que a aplicação ocorra imediatamente após a experiência de uso, antes que quaisquer *debriefing* ocorra. Não é interessante que o entrevistado tenha um longo tempo para pensar em uma resposta e, caso o sujeito não tenha plena certeza do que responder, deve ser considerado uma resposta ao centro da escala *likert*.

3.8.2 Cálculo do escore

O resultado obtido em uma aplicação do SUS se dá a partir da soma das pontuações de cada questão, sendo que o valor das questões negativas é obtido a partir da subtração do valor da posição de 5 (o máximo na escala), e já o valor das questões positivas é obtido diminuindo 1 do valor da posição na escala. O valor da soma das respostas é então multiplicado por 2,5, para que as repostas passem de 0 a 40 para scores de 0 a 100. A escala SUS vai de 0 a 100, e não deve ser interpretada como porcentagem (SIMÃO *et al.*, 2017).

3.9 CONCLUSÃO

Esse capítulo apresentou os fundamentos para a realização da pesquisa. Foram abordadas os problemas em relação ao aprendizado de pessoas com tetraplegia, além de conceitos acerca das áreas multidisciplinares envolvidas neste trabalho.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 INTRODUÇÃO

No atual contexto, uma das preocupações partilhadas pelos os envolvidos no cuidado às pessoas com deficiência tem sido a inclusão das mesmas, visto que essas pessoas ainda enfrentam, no seu cotidiano, vários entraves ou obstáculos que limitam ou impedem o acesso, a liberdade de movimento, a circulação com segurança e a possibilidade de as pessoas se comunicarem ou terem acesso à informação. Essas barreiras na comunicação e na informação são entendidas como qualquer entrave ou obstáculo que dificulte ou impossibilite a expressão ou o recebimento de mensagens por intermédio dos dispositivos, meios ou sistemas de comunicação, sendo ou não de massa, bem como aqueles que dificultem ou impossibilitem o acesso à informação.

Diante do exposto, conhecer o estado da arte acerca da temática Tetraplegia e Tecnologia Assistivas torna-se relevante uma vez que busca propiciar maior inclusão, entendida como o processo estabelecido dentro de uma sociedade mais ampla que busca satisfazer necessidades relacionadas com qualidade de vida, desenvolvimento humano, autonomia de renda e equidade de oportunidades e direitos para os indivíduos e grupos sociais que, em alguma etapa da sua vida, se encontram em situação de desvantagem com relação a outros membros da sociedade.

4.2 OBJETIVO

Analisar, na literatura nacional/internacional, o estado da arte atual e as tendências das pesquisas acerca da temática Tetraplegia e Tecnologias Assistivas. Oferecer subsídios para a criação de ferramentas para a educação a distância.

4.3 MÉTODO

O estudo consiste em uma revisão integrativa, que tem como propósito reunir conhecimentos acerca das temáticas, Tetraplegia e Tecnologias Assistivas (TAs). Este método de pesquisa possibilita a busca, a avaliação crítica e a síntese de múltiplos estudos publicados e permite fazer conclusões gerais a respeito de uma particular área de estudo conhecimento sobre determinado assunto (SOARES; HOGA *et al.*, 2014; MENDES; SILVEIRA; GALVÃO, 2008)

O uso deste método permite conhecer as lacunas no conhecimento e explicitar as

áreas que carecem de mais pesquisas. É uma prática que vem sendo difundida, pois possibilita a síntese das pesquisas disponíveis, relativas a um determinado problema, com a finalidade de direcionar a prática fundamentada em conhecimento científico (URSI; GAVÃO, 2006), além de promover a atualização profissional e elucidar diferenças entre estudos.

É, portanto, um tipo de estudo com coleta de dados realizada a partir de fontes secundárias, por meio de levantamento bibliográfico e baseado na experiência vivenciada pelos autores por ocasião da realização de uma revisão integrativa. O propósito inicial deste método de pesquisa é obter um profundo entendimento de um determinado fenômeno baseando-se em estudos anteriores. Nesse direcionamento, Whitemore e Knafl Whitemore e Knafl (2005) apontam ser necessário seguir padrões de rigor metodológico, clareza na apresentação dos resultados, de forma que o leitor consiga identificar as características reais dos estudos incluídos na revisão.

Para operacionalização desta revisão, desenvolveu-se os passos a seguir: definição do objetivo da revisão integrativa; delimitação dos critérios para a seleção da amostra; estabelecimento das informações a serem extraídas dos artigos selecionados; análise dos resultados; apresentação; e discussão dos resultados. Neste estudo utilizou-se o modelo proposto por Mendes, Silveira e Galvão (2008), que envolve seis etapas, que serão apresentadas a seguir.

A primeira etapa envolve a identificação do tema e seleção da hipótese ou questão de pesquisa para a elaboração da revisão integrativa. Esta é considerada como norteadora para a condução de uma revisão integrativa bem elaborada. A definição da pergunta norteadora é a fase mais importante da revisão, visto que determina quais serão os estudos incluídos, os meios adotados para a identificação e as informações coletadas de cada estudo selecionado. Esta deve ser elaborada de forma clara e específica, e relacionada a um raciocínio teórico, incluindo teorias e raciocínios já aprendidos pelo pesquisador. Nessa etapa formulou-se a questão norteadora: O que está publicado na literatura científica, nos últimos cinco anos, sobre tetraplegia e tecnologia assistiva?

Na segunda estabelece-se os critérios para inclusão e exclusão de estudos/ amostragem ou busca na literatura. Nessa etapa, o revisor deve refletir sobre este ponto, pois uma alta demanda de estudos pode inviabilizar a construção da revisão ou introduzir vieses nas etapas seguintes. Para o levantamento dos artigos na literatura, realizou-se uma busca *online* de periódicos nacionais e internacionais sobre tetraplegia e tecnologia assistiva. A busca dos artigos se deu por meio das bases de dados: LILACS, MEDLINE, SciELO, ACM e IEEEEx. Os descritores utilizados foram nas línguas portuguesa e inglesa: “Lesão Medular ou *Spinal Cord*

Injury”, “Tetraplegia”, “Tecnologia Assistiva ou *Assistive Thecnology*”, “Ferramenta Assistiva ou *Assistive Tool*”, “Tecnologia Educativa ou *Educational Technology*”, “Educação a Distância ou *Distance Education*”, “Inclusão Digital ou *Digital Inclusion*” e Recursos Tecnológicos ou *Technology Resources*”. Também foram usadas as combinações “Tetraplegia e Tecnologia Assistiva ou *Tetraplegia and Assistive Technology*”, “Tetraplegia e Ferramenta Assistiva ou *Tetraplegia and Assistive Tool*”, “Tetraplegia e Tecnologia Educativa ou *Tetraplegia and Educational Technology*”, “Tetraplegia e Educação a Distância ou *Tetraplegia and Distance Education*”, “Tetraplegia e Inclusão Digital ou *Tetraplegia and Digital Inclusion*” e “Tetraplegia e Recursos Tecnológicos ou *Tetraplegia and Technology Resources*”.

Os critérios de inclusão definidos para a seleção dos artigos foram: artigos publicados nas línguas portuguesa, inglesa e espanhola; e artigos na íntegra que retratassem a temática referente à revisão integrativa e artigos publicados e indexados nos referidos bancos de dados nos últimos cinco anos, isto é, de 2012 a 2016. Os estudos encontrados em mais de uma base de dados foram considerados somente uma vez. Os dados foram coletados durante o mês de abril de 2017 pelos autores do estudo.

Na terceira etapa define-se as informações a serem extraídas dos estudos selecionados/categorização dos estudos; esta consiste na definição das informações que seriam extraídas dos estudos selecionados, utilizando-se um instrumento para reunir e sintetizar as informações-chave. Para extração e análise dos dados dos estudos selecionados, utilizou-se um instrumento adaptado do modelo criado por Ursi e Gavão (2006). Este abrangeu os dados de identificação: título do artigo, título do periódico, autores, país e ano de publicação; instituição sede do estudo; tipo de publicação; características metodológicas do estudo; objetivo ou questão de investigação; procedimento da coleta de dados; amostra; tamanho (n); características sociodemográficas, diagnóstico e critérios de inclusão/exclusão dos sujeitos; tratamento dos dados; análise; principais resultados e conclusões/implicações.

Na quarta etapa avalia-se os estudos incluídos na revisão integrativa; esta é análoga à análise dos dados em uma pesquisa convencional, na qual há o emprego de ferramentas apropriadas. Para garantir a validade da revisão, os estudos selecionados devem ser analisados detalhadamente. A análise deve ser realizada de forma crítica, procurando explicações para os resultados diferentes ou conflitantes nos diferentes estudos.

Essa etapa é permeada pelas recomendações dos estudiosos da revisão integrativa que apontaram as questões que podem ser utilizadas na avaliação crítica dos estudos selecionados. Desse modo, foram analisados os seguintes aspectos: questão da pesquisa; a metodologia do

estudo está adequada; os sujeitos selecionados para o estudo estão corretos; o que a questão da pesquisa responde; a resposta está correta e quais pesquisas futuras serão necessárias.

A quinta etapa é o momento da interpretação dos resultados. Nessa etapa, a partir da interpretação e síntese dos resultados, comparam-se os dados evidenciados na análise dos artigos ao referencial teórico. Além de identificar possíveis lacunas do conhecimento, é possível delimitar prioridades para estudos futuros. Contudo, para proteger a validade da revisão integrativa, o pesquisador deve salientar suas conclusões e inferências, sugestões pertinentes para futuras pesquisas direcionadas para a melhoria da assistência à saúde, bem como explicitar os vieses.

Por fim, a sexta envolveu a apresentação da revisão integrativa; essa etapa deve ser clara e completa para permitir ao leitor avaliar criticamente os resultados. Deve conter, então, informações pertinentes e detalhadas, baseadas em metodologias contextualizadas. Deve contemplar a descrição das etapas percorridas pelos revisores e os principais resultados evidenciados da análise dos artigos incluídos. É um trabalho de extrema importância, já que produzirá impacto devido ao acúmulo do conhecimento existente sobre a temática pesquisada.

4.4 RESULTADOS

Foram encontrados um total geral de 12.815 artigos relacionados aos oito descritores nas cinco bases de dados supracitadas. Nas bases de dados da área da saúde, a saber, a LILACS evidenciou 750 artigos, a MEDLINE encontrou 433, e a SciELO obteve um total de 1.043. Relativamente nas bases de dados da área da computação, na ACM, encontrou-se 10.306 e no IEEEEx, um total de 283. Quanto as combinações nas bases de dados, MEDLINE evidenciou cinco (5), na SciELO somente um, no IEEEEx, apenas um. Nas bases LILACS e ACM, nenhum artigo foi evidenciado para todas as combinações.

Ao utilizar o descritor “Lesão Medular ou *Spinal Cord Injury*”, antes de adicionar os critérios de inclusão, a busca resultou em 2.793 artigos, sendo na base eletrônica de dados LILACS, 539, na MEDLINE 339, na SciELO 48, na ACM 1.865 e na IEEEEx 2 artigos. Para o descritor “Tetraplegia”, foram encontrados 138 artigos, dos quais 38 na LILACS, na MEDLINE 79, na SciELO 18, na ACM 1 e na IEEEEx 2.

No que se refere ao descritor “Tecnologia Assistiva ou *Assistive Thecnology*”, ao todo foram encontrados 255 artigos assim distribuídos: na LILACS 17, na MEDLINE 13, na SciELO 42, na ACM 15 e na IEEEEx 168. Referente ao descritor “Ferramenta Assistiva ou *Assistive Tool*”, obteve-se 218 artigos, estando 1 na LILACS, nenhum na base MEDLINE, na

SciELO 2, na ACM 268 e na IEEEEx 7.

Acerca do descritor “Tecnologia Educativa ou *Educational Technology*”, encontrou-se um total de 1.534 artigos, assim distribuídos: na LILACS 54, nenhum na MEDLINE, na SciELO 337, na ACM 1.123 e na IEEEEx 30. Para “Educação à Distância ou *Distance Education*”, 2.613 artigos foram encontrados, estando 86 na LILACS, nenhum na MEDLINE, 568 na SciELO, 1.885 na ACM e 74 na IEEEEx. Para “Inclusão Digital ou *Digital Inclusion*” foram 1.425, assim localizados: na LILACS 15, na MEDLINE 2, na SciELO 25, na ACM 1.383 e nenhum na IEEEEx. E nos descritores “Recursos Tecnológicos ou *Technology Resources*” o total foi 3.839, os quais estão assim distribuídos: nas bases LILACS e MEDLINE nenhum artigo, na SciELO 13, na ACM 3.826 e no IEEEEx nenhum.

Constatando o elevado número de periódicos com abordagens diversas que nem sempre expressavam a ideia central proposta por este estudo, optou-se por realizar o cruzamento entre os oito descritores de modo uniforme, em cada uma das bases eletrônicas já citadas, acreditando que assim se alcançaria um resultado mais relevante. Os descritores foram alternados da seguinte forma: “Tetraplegia e Tecnologia Assistiva ou *Tetraplegia and Assistive Technology*”, na base MEDLINE, obteve-se cinco e na IEEEEx um artigo, e nas bases LILACS, SciELO e ACM nenhum artigo foi encontrado. No cruzamento “Tetraplegia e Educação a Distância ou *Tetraplegia and Distance Education*” obteve-se um artigo na base SciELO e nas demais bases nenhum artigo foi evidenciado. Nos cruzamentos “Tetraplegia e Ferramenta Assistiva ou *Tetraplegia and Assistive Tool*”, *Tetraplegia and Educational Technology*”, “Tetraplegia e Inclusão Digital ou *Tetraplegia and Digital Inclusion* e “Tetraplegia e Recursos Tecnológicos ou *Tetraplegia and Technology Resources*, nenhum artigo foi evidenciado em todas as cinco bases eletrônicas. Desse modo, a amostra total do estudo foi reduzida para sete artigos.

Os resultados da busca realizada em todas as bases de dados estão demonstrados nos Quadros 2 e 3 a seguir.

Quadro 2 – Distribuição dos artigos por descritores e bases de dados

Descritores / Base de dados	LILACS	MEDLINE	SciELO	ACM	IEEE
Lesão Medular / <i>Spinal Injury Cord</i>	539	339	48	1.865	2
Tetraplegia / <i>Tetraplegia</i>	38	79	18	1	2
Tecnologia Assistiva / <i>Assistive Technology</i>	17	13	42	15	168
Ferramenta Assistiva / <i>Assistive Tool</i>	1	0	2	268	7
Tecnologia Educativa / <i>Technology Resources</i>	54	0	327	1.123	30
Educação a Distância / <i>Distance Education</i>	86	0	568	1.885	74
Inclusão Digital / <i>Digital Inclusion</i>	15	2	25	1.383	0
Recurso Tecnológico / <i>Technology Resources</i>	0	0	13	3.826	0
Total	750	433	1.043	10.306	283

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 3 – Distribuição dos artigos por descritores e bases de dados

Base de dados / Combinações	LILACS	MEDLINE	SciELO	ACM	IEEE
Tetraplegia e Tecnologia Assistiva / <i>Tetraplegia and Assistive Technology</i>	0	5	0	0	1
Tetraplegia e Ferramenta Assistiva / <i>Tetraplegia and Assistive Tool</i>	0	0	0	0	0
Tetraplegia e Tecnologia Educativa / <i>Tetraplegia and Educational Technology</i>	0	0	0	0	0
Tetraplegia e Educação a Distância / <i>Tetraplegia and Distance Education</i>	0	0	1	0	0
Tetraplegia e Inclusão Digital / <i>Tetraplegia and Distance Education</i>	0	0	0	0	0
Tetraplegia e Recursos Tecnológico / <i>Tetraplegia and Technology Resources</i>	0	0	0	0	0
Total	0	5	1	0	1

Fonte: Elaborado pelo autor

Na sequência, o Quadro 1 detalha os artigos levantados nas bases de dados MEDLINE, SciELO e IEEEEx no período 2012 a 2016, quanto aos aspectos de dados de identificação.

4.5 DISCUSSÃO

Os resultados do estudo evidenciam que a abordagem das temáticas Tetraplegia e Tecnologia Assistiva ainda é muito incipiente, uma vez que só foram detectados oito publicações as quais permitiram identificar e analisar a procedência dos artigos, o país, a língua e o ano de publicação, o objeto do estudo, objetivos, o método empregado, os procedimentos de coleta dos dados e a análise estatística, para além de analisar os principais resultados e as conclusões.

Quanto a procedência dos periódicos, verificou-se que as publicações estão concentradas nas bases de dados MEDLINE. Sobre os países de origem, três são originários dos Estados Unidos, três no Brasil, um na Austrália e um em Portugal. Destes, quatro são em língua inglesa e três em língua portuguesa. Os periódicos de publicação foram bem variados, a saber: dois foram no *J Rehabil Res Dev.*, e os demais no *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng.*, *Arch Phys Med Rehabil.*, *Rev. Paidéia*, *Revista de Enfermagem Referência* e na *Rev. bras. Educ. Fís. Esporte*. O ano de publicação denota que dois são bem recentes, de 2016; os demais são de 2014, de 2013 e três de 2012, respectivamente.

A respeito do objeto dos estudos, nota-se que houve uma variedade muito interessante, como novas tecnologias assistivas dos tipos: aplicação de um Sistema de transmissão de língua para pessoas com tetraplegia de nível alto (KIM *et al.*, 2014); efeitos de uma atadura abdominal elástica nos resultados respiratórios (WADSWORTH *et al.*, 2012); desenvolvimento um aparelho com *Sniff-Controller* e estimulação elétrica funcional (HAVIV *et al.*, 2017); conhecimento dos padrões de uso e a percepção sobre internet de pessoas com lesão medular adquirida (RODRIGUES; ARAUJO, 2012); determinação dos impactos do *Brain-computer interface technology* na capacidade de realizar atividades de vida diária (COLLINGER *et al.*, 2013); identificação das necessidades de informação de pessoas com LM, produção e validação

dos conteúdos do treino de autocuidado em pessoas com LM passíveis de transmitir em vídeo (ARAÚJO *et al.*, 2016) e a análise dos critérios de autenticidade científica de uma bateria para atletas (GORLA *et al.*, 2011). Esses achados já eram esperados, uma vez que todos tratam de aspectos relativos às tecnologias assistivas para pessoas com tetraplegia, objeto deste estudo.

Quanto aos objetivos, observa-se, em todos os artigos, que os mesmos são coerentes com o objeto do estudo e o método utilizado; assim sendo, pode-se inferir que os mesmos foram plenamente alcançados. A amostragem apresentou uma variedade em relação ao tamanho da amostra, que variou entre 11 a 57 participantes com LM tipo tetraplegia; e somente uma com 120 participantes, os quais 60 pessoas com LM internadas em unidade de reabilitação e 60 profissionais de saúde especialistas em reabilitação. Sobre a idade dos envolvidos, esta variou entre 18 a 80 anos e o gênero feminino e masculino, com uma predominância de homens, fato também relatado na literatura, portanto esperado, visto serem estes quem mais se expõem à violência urbana. Os níveis de lesão variaram de C3-C7, assim como alguns participantes com nível de torácica alta T6, a ASIA A e B.

Os métodos empregados estão em consonância com os objetivos propostos. A maioria, quatro, eram pesquisas descritivas, havendo dois estudos qualitativos, um que buscou as opiniões dos envolvidos sobre a aceitabilidade de uma nova TA, tipo Sistema de transmissão de língua em pessoas com tetraplegia e o outro de compreensão do fenômeno e um estudo randomizado. A respeito dos procedimentos para coleta de dados, utilizaram-se questionários *web*, dentre outros. Para o tratamento estatístico, dois artigos utilizaram a análise de variância (ANOVA), análise fatorial para obtenção de carga fatorial, que verificou a relação entre as questões e os fatores, análise estatística descritiva (frequências, médias e desvios padrão). Utilizaram também o *IBM SPSS Statistics 19*, Testes de *chi-square* para comparar a classificação de gênero e lesão (completa vs. incompleta). O estudo qualitativo lançou mão da análise temática e também, para a comparação das ponderações atribuídas às questões fechadas, recorreram ao teste de Mann-Whitney.

Diante do exposto anterior, pode-se inferir que o rigor metodológico relativo à clareza na identificação da trajetória metodológica (método empregado, sujeitos participantes, critérios de inclusão/exclusão, intervenção e resultados) está evidenciado em todos os artigos avaliados. Nos resultados, os estudos avaliados apresentam a existência de novas TAs que estão sendo testadas, visto que, dos setes artigos avaliados, quatro tratavam de desenvolvimento, utilização e transformações de TAs, considerando que estas constituem uma maneira de melhorar o acesso ambiental, melhorando a funcionalidade de outros dispositivos de apoio que permitem a restaura-

ção ou aumento da função. Já os demais artigos mostram: o processo de validação de conteúdo por peritos, para garantir a eficácia e segurança do instrumento audiovisual; implementação de recursos para avaliação de atletas na modalidade; e padrões de uso da internet, que refletem as transformações tecnológicas, econômicas e sociais vivenciadas pela população em geral na contemporaneidade.

Nos aspectos relativos às conclusões, considerações finais e recomendações dos autores nos textos avaliados, nota-se a explicação clara dos tópicos abordados, assim como o detalhamento das evidências encontradas na elaboração dos estudos. Somente um autor evidenciou como dificuldade ser a primeira iniciativa nacional de implementação de recursos para avaliação. Quanto às recomendações apresentadas, inclui-se: produção de novos estudos com amostragens mais abrangentes, delineamento longitudinal e inclusão de outras Tecnologias da Informação, além da internet, pesquisas com vistas ao desenvolvimento de tecnologias que substituam as já existentes; estudo mais aprofundado sobre o efeito do uso de TAs, pesquisas adicionais com critérios de inclusão mais amplos para a determinação de percentual das pessoas que poderiam beneficiar-se do uso das TAs.

A etapa da discussão dessa revisão constitui-se de extrema importância; nela foram apresentadas informações suficientes para permitir ao leitor avaliar a pertinência dos artigos avaliados na elaboração da revisão, considerando que poderá produzir impacto devido ao acúmulo do conhecimento existente sobre a temática pesquisada.

4.6 CONCLUSÃO

A proposta dessa revisão integrativa com o propósito de conhecer o que está publicado na literatura científica nacional e estrangeira sobre tetraplegia e tecnologia assistiva, nos últimos cinco anos, e propor subsídios para a criação de ferramentas para a educação a distância permite tecer algumas conclusões.

Apesar de ter-se encontrado, nas bases de dados, 138 artigos sobre Tetraplegia e 255 relativos à Tecnologia Assistiva, diante do reduzido número de artigos científicos quando se realizou as combinações tetraplegia e tecnologia assistiva, pode-se dizer que ainda, é incipiente a produção do conhecimento sobre essa temática em periódicos nacionais e internacionais. Dos setes artigos acerca da tetraplegia e Tecnologia Assistiva, somente dois foram realizados no Brasil, mostrando que há uma lacuna na produção científica brasileira.

A síntese dos resultados apresenta pesquisas relevantes com reconhecimento interna-

cional que favorece a incorporação de evidências que agilizam a transferência de conhecimento novo para a tecnologia assistiva e uma consequente melhoria do ensino a distância. Os artigos avaliados absorvem as preocupações dos pesquisadores das várias áreas do conhecimento, em especial a área da Tecnologia da Informação, com novos paradigmas que fundamentam as práticas das tecnologias assistivas e da educação a distância. É um método de pesquisa que reúne e sintetiza as evidências disponíveis na literatura, assim como realça as conclusões dos estudos, e deve, portanto, ser utilizado como etapa inicial em estudos de validação e como uma ferramenta importante para aprimorar e direcionar as pesquisas pautada em conhecimento científico.

Esse método de pesquisa ampliou o conhecimento do pesquisador, visto que conduziu a dados relevantes sobre tetraplegia e tecnologia assistiva, em diferentes lugares e momentos, mantendo-o atualizado, facilitando as mudanças na prática cotidiana, e permitiu o acesso rápido aos resultados relevantes de pesquisas que fundamentam as condutas ou a tomada de decisão, proporcionando um saber crítico.

Por fim, conclui-se que é necessário pesquisar e desenvolver tecnologia assistiva que permita que uma pessoa com tetraplegia possa estudar em um ambiente EaD. É necessário, também, analisar a maneira que esse público-alvo utiliza computadores, para que a proposta desenvolvida esteja de acordo com as reais necessidades daqueles que irão utilizar esta nova tecnologia.

5 TRABALHOS RELACIONADOS

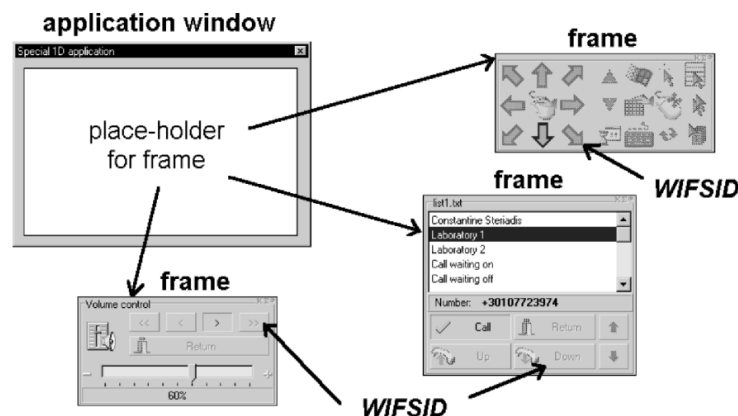
Este capítulo apresentará uma síntese de alguns trabalhos relevantes para esta pesquisa. São trabalhos que, de alguma maneira, relatam um método alternativo de interação entre PCT e um computador.

5.1 DISPOSITIVOS PARA PESSOAS COM TETRAPLEGIA UTILIZAREM COMPUTADORES

Steriadis e Constantinou (2003) propõem uma interface adaptada para tetraplégicos. Sua abordagem projeta a interação usando *widgets* para destacar elementos que podem ser clicados pelo usuário usando um dispositivo de entrada de computador único; a este método o autor chama *Widget For Single-switch Input Devices (wifsid)*. A intervenção ainda constrói um teclado virtual com previsão de palavras para diminuir o esforço do usuário. Embora seus resultados tragam uma diminuição de cliques para digitar, o usuário ainda precisa acessar as chaves e *widgets* usando o dispositivo de entrada de computador único.

A proposta apresenta uma interface em que os itens são destacados automaticamente. O destaque é pausado em cada item por um intervalo de tempo predefinido, chamado etapa de digitalização. Se uma entrada do usuário ocorrer enquanto um item é realçado, então o item específico é selecionado; caso contrário, o destaque move para o próximo item.

Figura 4 – Exemplo da janela da aplicação modificada para um *Single-switch Input Device*



Fonte: Adaptado de Steriadis e Constantinou (2003)

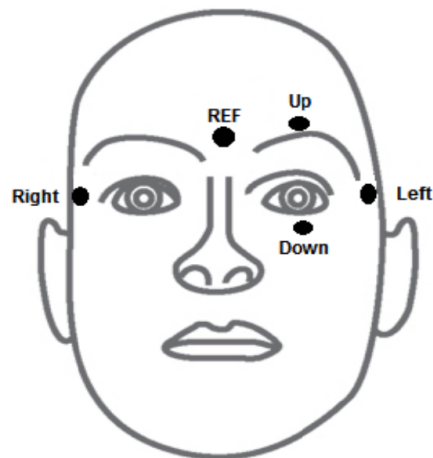
A entrada do usuário, como mostrado na Figura 4, é capturada pelo processo de

verificação, que é aplicado no *wifids* do quadro e um *feedback* visual para o usuário é realizado com os outros elementos gráficos não interativos que podem existir na interface (por exemplo, rótulos, *listboxes* etc). O usuário pode solicitar a ativação de outro quadro, selecionando o *wifid* apropriado, como faria para um usuário comum, mudando de uma janela para a outra (STERIADIS; CONSTANTINOU, 2003).

Em seu trabalho, Alqudah (2016) desenvolve um controlador de *mouse* que, conectado à face da PcD por eletrodos, pode capturar movimentos do músculo e traduzir em ações de *mouse*. Para isso, um componente de *hardware* construído com o Arduíno processa sinais obtidos a partir de eletrodos posicionados na face do usuário tetraplégico.

A ideia base da solução proposta pelo autor é inserir "Eletrodos vestíveis" na face do usuário. Esses eletrodos são ionizados, de baixo custo e oferecem acurácia suficiente para captar o movimento elétrico da face humana.

Figura 5 – Posicionamento dos eletrodos



Fonte: Adaptado de Alqudah (2016)

A localização dos eletrodos na face é ilustrada pela Figura 5. Na ilustração percebe-se cinco eletrodos. Dois deles são usados para detectar movimentos verticais (diferença entre os valores dos eletrodos *Up* e *Down*), outros dois para detectar movimentos horizontais (diferença entre os valores dos eletrodos *Right* e *Left*) e o último é usado como referência (ALQUDAH, 2016). Com a ajuda de um *software* de computador para processar os sinais, o intuito é capturar o movimento da face dos usuários e traduzi-los em movimentos do ponteiro do *mouse*.

O autor realizou experimentos com três indivíduos diferentes, todos com boa saúde na visão. Todos os usuários tiveram sucesso em movimentar o *mouse* em todas as direções e clicar em objetos utilizando os eletrodos. Com isso, o autor conclui que esse é um sistema de

adaptação de baixo custo que permite que pessoas com tetraplegia possam manipular o *mouse* de um computador utilizando eletrodos.

Middendorp *et al.* (2015) relata, em seu trabalho, o objetivo de determinar os benefícios preliminares do uso de sistemas de computador por meio rastreamento ocular entre pacientes internados com tetraplegia e verificar a viabilidade de realizar um estudo randomizado controlado e bem alimentado com esse público.

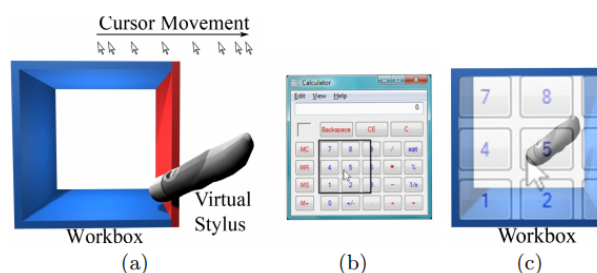
Indivíduos com tetraplegia que foram admitidos no centro de reabilitação (*Spinal Injuries Centre*) e inscritos neste estudo foram treinados e autorizados a usar o ETCS (Sistema Tobii Eyegaze C15) duas vezes por semana, por um período de 10 semanas. Módulos padronizados de treinamento foram desenvolvidos e oferecidos para todos os participantes do estudo.

Após as sessões realizadas com os seis pacientes que se enquadraram e se voluntariaram para a realização do estudo, aplicou-se três questionários: escala de ansiedade, depressão hospitalar e predisposição a dispositivos de TA. Os resultados do autor mostram que ainda é preciso evoluir os sistemas de tecnologia assistiva para melhorar o acesso ao computador por parte da comunidade de PCT.

Um dispositivo chamado de *workbox* foi desenvolvido por Asque *et al.* (2012) com a intenção de reduzir o esforço de pessoas com severas dificuldades de motoras ao mover o *mouse*. O operador seria capaz de navegar em toda a tela do computador, apenas se movendo dentro dos limites da *workbox*.

A movimentação do cursor é realizada tocando uma caneta contra as paredes da caixa e a velocidade é controlada pela pressão que o usuário realiza, como mostrado na Figura 6 (a). O quadrado ao redor do cursor na Figura 6 (b) dá uma representação da área da tela que será ampliada na janela da *workbox* e, a Figura 6 (c) janela semitransparente ampliada com a *workbox* atrás.

Figura 6 – Área de trabalho da *workbox*



Fonte: Adaptado de Asque *et al.* (2012)

Um experimento foi realizado com seis pessoas afim de comparar a navegação e cliques em alvos entre a *workbox* e um *joystick* comum. Os resultados após realizar o teste de Fitts, o autor conclui que existe uma diferença estatisticamente significativa a favor da *workbox*.

5.2 CONCLUSÃO

Esse capítulo apresentou uma síntese de alguns trabalhos relevantes que permitem acessibilidade a um PCT. Porém, não foram encontradas pesquisas que demonstrassem a redução do esforço de elaboração de intenções em um ambiente *online* de aprendizagem.

6 ENSAIO DE USABILIDADE

6.1 INTRODUÇÃO

Testes de usabilidade constituem uma importante ferramenta para ajudar *designers* e pesquisadores a tomar decisões quanto à modelagem da navegação e interação em sistemas computacionais. Quanto melhor a usabilidade de um sistema, mais rápida, fácil e efetivamente os usuários conseguem alcançar seus objetivos, os quais são dependentes da interação com o sistema.

Para desenvolver uma solução de acessibilidade para usuários PCT, é preciso entender primeiro como o público-alvo desta pesquisa enxerga a navegabilidade da plataforma avaliada, pois, concordando com Camargo e Fazani (2014), acredita-se que o processo de desenvolvimento de sistemas de informação deve focar as necessidades dos usuários finais, garantindo uma satisfação efetiva por meio do alto grau de usabilidade, acessibilidade e qualidade deste. Estamos acostumados a pensar como seria a melhor maneira de tornar sistemas acessíveis para certos tipos de usuários, mas não podemos descartar os ensinamentos que estes têm a nos fornecer.

Uma prática que pode ser utilizada para coletar, analisar e projetar informações neste processo é o Design Participativo, que abrange a participação de todos os interessados no processo de desenvolvimento do sistema como desenvolvedores, usuários, funcionários e parceiros. A participação dessas pessoas pode contribuir de forma relevante no desenvolvimento do sistema, já que elas possuem vivência real do trabalho, podendo destacar com propriedades os aspectos mais cruciais e importantes a serem considerados (CAMARGO; FAZANI, 2014).

A proposta desta etapa é avaliar uma plataforma de EaD quanto a sua usabilidade e acessibilidade para pessoas com tetraplegia, identificando falhas e dificuldades por meio de um protocolo de verbalização em voz alta. Para Marques, Conte e Barbosa (2016), a usabilidade pode ser descrita em termos de aspectos funcionais que impactam não somente na interface, mas também na interação do usuário com o sistema.

Este capítulo apresenta a aplicação de um teste de usabilidade baseado no protocolo *Think Aloud* (JÄÄSKELÄINEN, 2010) para levantar problemas de usabilidade e acessibilidade para pessoas com tetraplegia em um ambiente virtual de aprendizagem a partir da visão do usuário final. Os problemas encontrados foram categorizados, servindo de insumo em um processo contínuo de *feedback* visando à evolução do sistema avaliado, bem como identificar as melhores formas de prover acessibilidade ao público-alvo.

6.2 METODOLOGIA

Neste trabalho, utilizamos o protocolo *Think Aloud* para testar um AVA quanto a sua usabilidade por pessoas com tetraplegia. O AVA testado foi o Dell Accessible Learning, desenvolvido pelo Le@d. A plataforma de educação a distância oferece, gratuitamente, cursos na área de tecnologia da informação e comunicação, acessíveis a PcD. Os cursos oferecidos variam desde introdução à lógica de programação até cursos voltados para o desenvolvimento de sistemas utilizando a linguagem JAVA, nos níveis básico, intermediário e avançado, contemplando também desenvolvimento para dispositivos móveis que utilizem *Android* como seu sistema operacional. Além dos cursos de desenvolvimento de sistemas, são oferecidos cursos de bancos de dados e atendimento ao cliente, e também cursos do pacote de ferramentas *Google*.

O estudo de usabilidade de uma plataforma de EaD para o público-alvo desta pesquisa apresenta peculiaridades que precisam ser levadas em conta na hora de realizar esse tipo de teste. O primeiro deles está relacionado à modalidade dos cursos disponíveis. Os cursos a distância foram pensados para que o aluno possa fazê-lo de qualquer lugar, desde que tenha acesso a um computador conectado à *internet*. Pensando nesse ponto, levar os usuários para um laboratório fechado com condições ideais de conexão talvez não seja a melhor maneira de extrair os problemas reais de usabilidade do sistema. O segundo ponto é referente ao tipo de usuário. Pessoas com tetraplegia precisam utilizar equipamentos especiais que os permitam navegar utilizando um computador comum. Em geral, esse tipo de equipamento precisa ser montado por uma terceira pessoa, seja um cuidador ou um familiar, e está localizado no espaço em que o aluno tetraplégico dispõe ou prefere para utilizar seus equipamentos o que pode ir na contramão do grande benefício da internet, gerando assim uma restrição de localização.

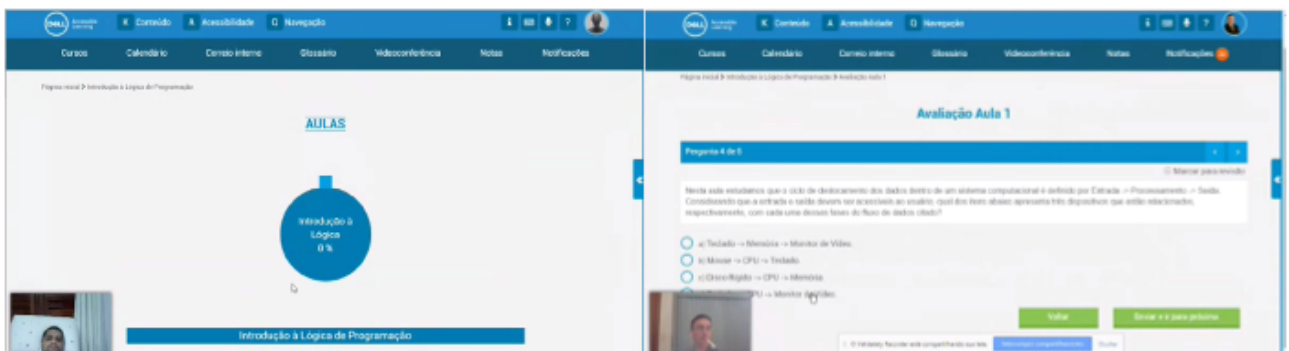
Os pontos citados nos levaram a refletir sobre uma solução que nos permitisse realizar os testes de forma remota, e, de tal forma que os usuários com tetraplegia realizassem as tarefas recomendadas no seu local habitual de trabalho, para que, dessa forma, se evite o deslocamento até um ambiente externo. Outra vantagem de uma abordagem remota é a possibilidade de podermos extrair o máximo de informações possíveis sem que o testador se sinta coagido a falar somente bem do sistema e sem que este tenha eventuais picos de ansiedade devido a estranheza a um local não habitual.

Após uma breve busca por ferramentas de teste de usabilidade na *web*, optamos por utilizar o sistema chamado Validately (2017). Essa é uma ferramenta *online* que permite a um pesquisador enviar, via sistema, um conjunto de tarefas para um testador que, por sua vez,

receberá um *weblink* por e-mail. Ao clicar no link compartilhado, será solicitado ao testador que instale uma extensão em seu navegador de Internet. Após instalar a extensão, será possível que o testador visualize as tarefas que foram enviadas pelo testador. Ao selecionar a tarefa, a extensão de navegador começará a gravar a tela e o áudio do usuário. Dentro do sistema mencionado existem duas modalidades possíveis de avaliação, uma avaliação formativa (monitorada) e sumativa, ou seja, não monitorada. No segundo, o usuário recebe as instruções, grava o vídeo sozinho realizando cada tarefa para que depois os pesquisadores possam assistir e fazer as devidas análises. Já no modo monitorado, o teste acontecerá com o monitor, que geralmente é feito pelo pesquisador, e o testador, ambos on-line em uma sala estilo videoconferência, na qual a tela do testador é compartilhada e gravada junto com as vozes de ambos. Nesse modelo, o monitor vai passando instruções para o testador que, por sua vez, realiza as tarefas em voz alta. Dessa maneira, o monitor tem uma noção, em tempo real, dos problemas identificados, mesmo assim, o vídeo da sessão fica gravado para ser analisado posteriormente.

Os testes iniciais foram realizados por quatro usuários utilizando o sistema *validately* no modo monitorado. Uma avaliação formativa é geralmente utilizada em sistemas que estão em fase de desenvolvimento. No nosso caso, o AVA avaliado já está desenvolvido, porém, o objetivo da avaliação é o desenvolvimento de uma ferramenta de acessibilidade voltada à PCT, portanto, decidiu-se executar uma avaliação formativa. Dos quatro participantes, dois são PcDs tetraplégicos e dois não PcDs. Dos dois tetraplégicos, um utiliza um bastão em sua boca para controlar o computador, enquanto o outro consegue fazer movimentos de pinça nos dedos e utiliza uma órtese nas mãos para manusear teclado e mouse. A Figura 7 mostra as telas dos usuários PcDs tetraplégicos realizando as tarefas do teste de usabilidade. O testador da esquerda realiza a tarefa de entrar no curso desejado, enquanto o da direita realiza a avaliação proposta na primeira aula do curso de Introdução à Lógica de Programação.

Figura 7 – PcDs tetraplégicos realizando as tarefas



Fonte: Elaborada pelo autor

As tarefas consistiam em fazer *login* na plataforma e em seguida navegar pelas telas do portal e no menu de acessibilidade. Navegar por uma lição do curso de Lógica de programação. Cada lição é composta por uma série de objetos de aprendizagem, tais como: videoaulas, conteúdo didático, oficinas, exercício e avaliação. Dentro da lição, o testador foi convidado a navegar nas páginas das webaulas e, ao final, realizar um exercício. Foi salientado aos testadores que a realização do exercício tinha a intenção de testar a navegabilidade e usabilidade da ferramenta e não avaliar os conhecimentos do testador ou obter uma nota. Após a realização dos testes, uma equipe de pesquisadores especialistas em IHC, *designers* e desenvolvedores assistiram aos vídeos para identificação dos problemas de usabilidade e acessibilidade reportados pelos usuários tetraplégicos ou não.

6.3 PROBLEMAS IDENTIFICADOS

Cada um dos usuários realizou as tarefas sugeridas em seu local habitual de trabalho e usando seus próprios recursos e adaptações, no caso dos testadores com tetraplegia. Como é intrínseca a modalidade desse teste de usabilidade, os testadores foram navegando e falando em voz alta tudo que vinha à cabeça na hora dos testes. A função do mediador era apenas falar aos testadores o que cada um deveria fazer. Uma vez entendida a tarefa, este passava a ser apenas um espectador da tarefa e não mais tinha o direito de falar com o testador, a menos que a tarefa tivesse sido finalizada.

Ao fim da fase de testes com usuários, o pesquisador e os designers reassistiram aos vídeos gravados a fim de identificar e catalogar os principais problemas de usabilidade reportados pelos olhares do usuário final. Os problemas encontrados com o teste *Think Aloud* no AVA testado foram classificados em três tipos:

- **Leves:** relacionados a cores, tamanhos de fonte e erros gramaticais;
- **Graves:** relacionados à adaptação a telas de menor resolução, navegação confusa, distância entre componentes relacionados e localização de informações importantes;
- **Crítico:** problemas que impossibilitam o usuário de concluir a tarefa com sucesso.

O Quadro 4 mostra os principais problemas encontrados por categoria.

O Quadro 4 mostra os problemas identificados após serem compilados e categorizados. Porém, a transcrição de alguns problemas relatados pelos testadores foi de extrema relevância para tomada de decisões futuras da pesquisa. Seguem alguns exemplos de falas literais dos testadores:

Quadro 4 – Principais problemas identificados por categoria

Leve	Grave	Crítico
Distância entre itens e botões na avaliação.	A tela não se adapta perfeitamente a uma menor resolução.	Erro 500.
Falta de indicação de item clicável.	O sistema não oferece um fluxo de navegação, deixando o usuário perdido.	Exceção não tratada ou links quebrados.
Falta de indicativos de navegação.	Grande distância dos botões de ações básicas na tela.	Botões para finalizar avaliação não funcionam.

Fonte: Elaborado pelo autor

"Fiz login e entrei na página – Curso em Andamento. Demorei certo tempo para conseguir clicar na BOLA AZUL escrita Introdução à Lógica."

(Figura 7)

"Outro fator que acho relevante, é ter a opção de aumentar a Caixa da Letra + - não só para quem tem baixa visão. A opção deveria constar para todos os públicos, pois facilita a leitura. No meu caso, a minha adaptação me deixa longe do notebook, o que dificulta enxergar."

"Tem que ter como diminuir o número de páginas, unindo alguns conteúdos pequenos que tem mais à frente. Afinal, é muito cansativo ficar passando muita página".

(Ilustrado na Figura 8)

"O Exercício da Aula 1 está ok, só chamo atenção para colocarem os ícones – VOLTAR e PRÓXIMA – para o lado esquerdo, pois eu que digito com a boca, tenho que ficar correndo meu mouse de uma ponta a outra, para marcar opção de resposta e enviar para próxima. As bilinhas dos olhos parecem que estão assistindo uma partida de tênis. Coloquem tudo para o lado esquerdo."

(Ilustrado na Figura 9)

Os resultados da aplicação do protocolo *think-aloud* juntamente com os relatos dos usuários testadores nos levaram a entender, de forma mais concisa, vários problemas de usabilidade da plataforma. Porém, nos fizeram entender que, além dos problemas de usabilidade esperados, há um esforço excessivo empregado pelos tetraplégicos devido a suas adaptações. Na sessão seguinte, será discutido sobre essa nova descoberta.

Figura 8 – Números de páginas

INTRODUÇÃO **TÓPICO 1** TÓPICO 2 GLOSSÁRIO

Tópico 1 – O Modelo Computacional de John von Neumann

OBJETIVOS

- Compreender o conceito de Modelo computacional;
- Entender o relacionamento entre os componentes do modelo de Von Neumann.

Neste tópico, conheceremos a arquitetura de um computador a partir de um modelo computacional, conhecendo seus componentes e suas respectivas funções.

<< < 1 de 7 Todas as páginas > >>

Fonte: Elaborada pelo autor

6.4 DISCUSSÃO

Além dos problemas expostos no Quadro 4, a aplicação do protocolo *think aloud* evidenciou um excessivo esforço empregado pelos PCTs na realização das tarefas a eles requisitadas. O PCT que utiliza órtese e consegue fazer movimentos de pinça precisa utilizar um *touchpad*; por ter a mobilidade e coordenação motora severamente comprometida, este, por vezes, "erra o alvo" por conta da dificuldade de posicionar o apontador do *mouse* sobre o elementos da interface gráfica com o qual este têm a intenção de interagir. Além dessa dificuldade, para acertar o alvo, o aluno precisa fazer certa força para clicar utilizando os botões do *touchpad* e isso demanda ainda mais esforço. Esse esforço em navegar tira o foco da tarefa, pois o aluno precisa interagir muito mais com seus dispositivos de interação que com os alvos desejados na interface do sistema.

O PCT que utiliza um bastão na boca, por sua vez, necessita manipular o teclado para mover o cursor do *mouse*. Para isso, ele precisa teclar várias vezes com seu bastão para mover o cursor de um ponto a outro da tela e realizar um simples clique em um botão, por exemplo. Esse

Figura 9 – Tela de exercício com botões de navegação em lados opostos

The image shows a screenshot of a web-based exercise interface. At the top, the word "Exercício" is displayed in a blue font. Below this, a blue navigation bar contains the text "Anterior Pergunta 1 de 5" on the left and "Próxima" on the right. The main content area has a light gray background and contains a white box with the text "O ciclo de processamento da informação segue a seguinte ordem:". Below this box are four radio button options:

- a) Processamento -> Entrada -> Saída
- b) Entrada -> Processamento -> Saída
- c) Saída -> Processamento -> Entrada
- d) Entrada -> Saída

Fonte: Elaborada pelo autor

conjunto de ações, além de tornar a tarefa demorada e cansativa, pode gerar um alto nível de frustração, uma vez que o usuário pode errar o alvo repetidas vezes, pois, diferentemente dos usuários de órteses, este realiza muitos passos para alcançar um objetivo no sistema.

Percebeu-se, então, que tanto o usuário de órtese quando o de bastão na boca enfrentaram a dificuldade de ter que executar um elevado número de passos para alcançar um único objetivo no sistema.

Em seu trabalho, Norman *et al.* (1988) defende que, para desenvolver uma interface adequada, necessita-se entender as ações do usuário. Então definiu um conjunto de etapas pelas quais usuários de sistemas computacionais passam em cada ação para levar a cabo uma dada tarefa numa aplicação. As etapas descritas por Norman são as seguintes:

1. Formular um objetivo;
2. Formular uma intenção;
3. Especificar uma ação;
4. Executar a ação;
5. Perceber o resultado da ação executada no seu contexto;
6. Interpretar o resultado;
7. Validar o resultado.

Durante esse processo, é frequente que haja uma diferença entre as intenções do utilizador (etapa 2) e as ações possíveis no sistema (etapa 3). A essa diferença, Norman chamou “golfo de execução”.

Existe também, na utilização de um sistema, um esforço por parte do usuário para interpretar o resultado depois da execução da ação (etapa 6) e avaliar até que ponto corresponde ao objetivo inicial (etapa 7). Essa situação denomina-se “golfo da avaliação”. As Figuras 10 e 11 ilustram os golfos de execução e avaliação, respectivamente.

Figura 10 – Golfo de Execução



Fonte: Adaptado de Lucas (2014)

Figura 11 – Golfo de Avaliação



Fonte: Adaptado de Lucas (2014)

O “golfo de execução” e o “golfo de avaliação” relembram a importância de projetar os sistemas de modo a que ajudem o utilizador, de forma simples, a superar as eventuais dificuldades existentes na sua utilização. Para isso, é necessário que, em cada um dos estados,

o sistema apresente um bom modelo conceitual, baseado em bons mapeamentos e retornos (*feedbacks*) (CASTRO; TAVARES, 2005).

Com base nas teorias de Norman *et al.* (1988) e nos resultados das observações dos PCTs realizando uma aula em uma plataforma EaD, pudemos perceber que se faz necessário o desenvolvimento de um modelo de interação multimodal que facilite a diminuição do esforço de elaboração do comportamento incorporado com o objetivo de exibir intenções.

A partir disso, acredita-se que um agente de navegação inteligente propiciado por uma interface multimodal baseada em processamento de linguagem natural situada pode gerar um alívio cognitivo por parte do aprendiz, e, assim, reduzir os golfos de execução e avaliação enquanto este estuda em um ambiente de EaD.

6.5 CONCLUSÃO

O protocolo *Think Aloud* constitui uma importante ferramenta para descobrir falhas de usabilidade em um projeto de software, permitindo a análise de *feedbacks* do usuário de forma detalhada e efetiva. A aplicação do teste com usuários tetraplégicos permitiu encontrar problemas que, uma vez corrigidos, permitirão uma melhoria na usabilidade e acessibilidade a uma vasta gama de usuários, não apenas PcDs. A observação de alunos PCT realizando uma aula EaD nos permitiu perceber uma real necessidade de acessibilidade no público-alvo e, assim, levantar a hipótese geral dessa pesquisa de mestrado.

7 A ASSISTENTE DE NAVEGAÇÃO ACESSÍVEL

7.1 INTRODUÇÃO

A promoção da acessibilidade e inclusão de pessoas com deficiência nos diversos ambientes de ensino e aprendizagem, além de ser um passo importante no exercício da cidadania, traz dignidade às PcD. A popularização da *internet* permite que conteúdos educacionais sejam distribuídos em grande escala, o que faz da Educação a Distância uma grande aliada na criação de oportunidades de desenvolvimento de habilidades para essa população. Os tetraplégicos precisam de dispositivos especiais como órteses e hastes na boca, normalmente montados por um cuidador e instalados em um ambiente adaptado à sua realidade. Além disso, esse tipo de equipamento pode gerar desconforto para o usuário, podendo tornar a interação complicada, frustrante e trabalhosa. Colocando os termos de Norman *et al.* (1988), esse é um problema de golfo de execução: o usuário tetraplégico deve fazer grandes esforços para que o computador entenda suas intenções.

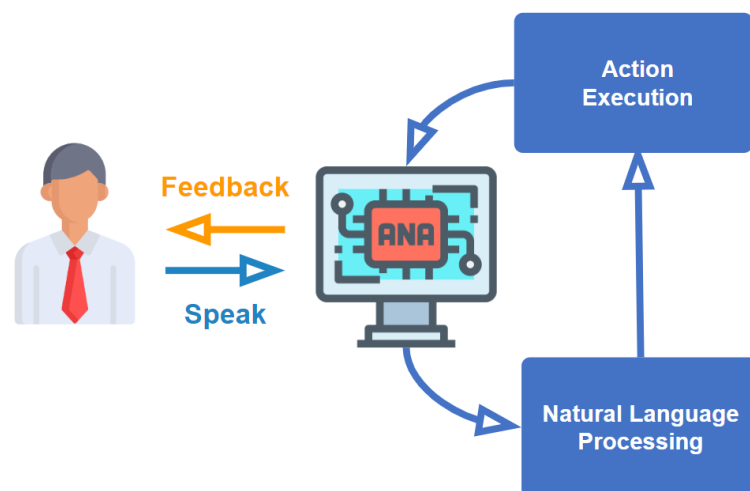
Como dito anteriormente no Capítulo introdutório desta dissertação (1), com a ANA, tentamos replicar o cenário das velas de ??). A criação de um espaço de trabalho compartilhado entre aluno e assistente permite a interação do discurso com objetos (objetos de aprendizado ou apenas *widgets* regulares). Desta forma, diferente de outros assistentes comuns ou *chatbots*, a ANA é capaz de ver o que o usuário vê. A tela é o ambiente de trabalho compartilhado, e tanto a ANA como o usuário leem e escrevem na tela, assim, os elementos podem ser endereçados pelo discurso. Os OAs podem ter sua gramática, o que acrescenta consideravelmente mais contexto e contribui ainda mais para diminuir o esforço comunicativo. A ANA auxilia o usuário em várias funções de navegação e interação. Com ela é possível navegar por páginas e tópicos em uma webaula, responder a questionários, clicar em botões, interagir com vídeos, ouvir leituras de texto e descrição de imagens e clicar em *hiperlinks*. Por exemplo, imagine que um OA que implementa um teste está sendo exibido. O aluno, olhando para a tela, diria: "A resposta é a letra B", como resposta à questão apresentada.

A ANA permite que um aluno envie comandos para o computador na forma de fala. Essa fala é processada em um comando conhecido pelo agente e, em seguida, a ação é executada no sistema. O *feedback* das ações executadas podem se retornados ao aluno de diversas formas, por exemplo: áudio, destaque de texto, modificando o estado de um conjunto de caixas de seleção ou exibindo uma nova página, ou seja, de forma multimodal. A Figura 12 ilustra esse processo

de interação. Para ouvir o usuário, o sistema possui um agente de reconhecimento de voz, que ouve o microfone conectado ao computador do usuário. Depois que a fala é coletada, o agente atuador é chamado para exibir o que foi reconhecido na tela. Paralelamente a esse processo, conforme ilustrado na Figura 13, o agente de reconhecimento de fala sintetiza a fala no texto; depois disso, a mensagem é filtrada, a informação principal é extraída e o “lixo é eliminado”. Então, o texto resultante é enviado para o agente de processamento de linguagem natural para procurar um padrão de comando segundo as intenções e entidades mapeadas.

O agente PLN faz uso do serviço de DialogFlow (2019). Esse serviço fornece uma gama de recursos para criar um *chatbot*. O serviço *web* recebe um corpus de texto chamado *user says* e por meio de aprendizado de máquina, traduz em um intenção ou retorna um erro caso não seja possível encontrar uma intenção que corresponda ao texto de entrada. Para melhor ilustrar esse processo, vamos imaginar a seguinte situação. Um aluno está navegando em uma web aula, esse objeto de aprendizagem é dividido em tópicos, que por sua vez, é subdividido em páginas, o aluno decide ler o conteúdo da terceira página do segundo tópico. Para isso o aluno fala: “Olá ANA, vá para a página 3 do tópico 2”. A fala do aluno é captada pela ANA, e transformada em texto, neste momento o filtro de fala é chamado e o texto resultante é passado ao módulo de processamento de linguagem; Fazendo uso do DialogFlow, a intenção de abrir uma página de um tópico é encontrada com os parâmetros, *pagina='3'* e *topico='2'*. Esse resultado é, então, enviado ao módulo de execução que, por sua vez, altera a tela do usuário alterando o tópico atual para o tópico 2 e mostrando o conteúdo da página 3.

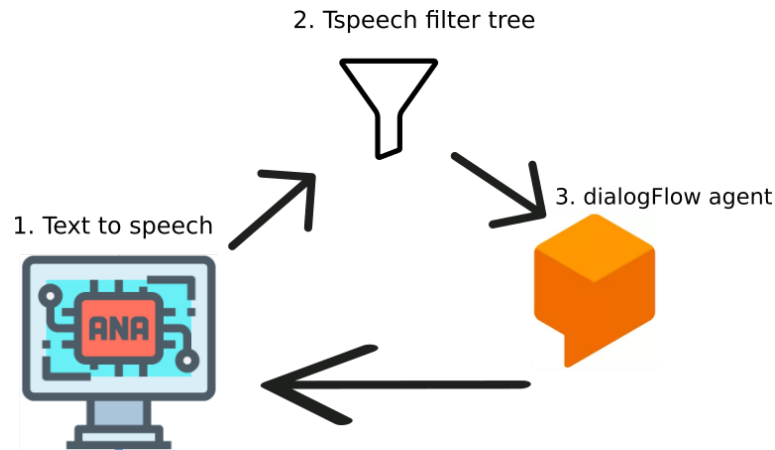
Figura 12 – Infográfico de funcionamento da ANA



Fonte: Elaborado pelo autor

No contexto web, as estruturas *Hyper Text Markup Language* (HTML) não represen-

Figura 13 – Infográfico de comunicação com o serviço DialogFlow



Fonte: Elaborado pelo autor

tam necessariamente o papel real do componente no sistema, uma lista de links, por exemplo, pode renderizar a partir de guias de navegação de amenização até um nível mais alto de abstração. Para o usuário final do sistema, a abstração pode alcançar níveis mais distantes e as guias de navegação podem ter outros significados, como “Tópicos de uma aula” ou diferentes tipos de ferramentas. No AVA no qual a ANA foi inserida, os objetos de interação da tela foram catalogados de acordo com seus papéis. Esses objetos podem ser: “ícones“, “tópicos”, “páginas”, “quiz” ou outros, de acordo com a necessidade de interação da tarefa.

Outra maneira de mostrar os benefícios de nossa abordagem é que, em muitas circunstâncias, os usuários precisam aprender como a interação acontece, e isso pode levar algum tempo. Utilizando a ANA, o aluno vai entendendo como pode conversar com o agente, por exemplo, no objeto webaula, o aluno pode navegar entre os tópicos, mas se disser ao agente: “Vá para a página introdução”, pode receber um aviso da ANA informando que não compreendeu o que o aluno desejava. Assim, o aluno deverá entender que sua frase não está correta e deverá refazer o pedido, de forma mais coerente, uma vez que ele aprende os termos coerentes, e expressa melhor suas intenções a navegação vai ficando mais fluida e automática. Nesse caso particular, a tarefa de navegação torna-se um segundo para o aprendizado. As múltiplas tarefas simultâneas não são desejáveis, especialmente para a educação *on-line*, pois eles competem pelos recursos de atenção do usuário/aluno. Com o tempo, a navegação se torna automática e a “concorrência” diminui. Argumenta-se que, com a ANA, o usuário se acostuma com a interação de forma rápida, porque ela é baseada na interação por linguagem natural.

7.2 O AMBIENTE DE APRENDIZAGEM

Oliveira *et al.* (2016) propuseram um AVA acessível. Seu laboratório oferece, gratuitamente, cursos de capacitação profissional em tecnologia da informação, especialmente programação de computadores. Além disso, este AVA oferece, até hoje, cursos para PcD com surdez ou cegueira. No entanto, para aumentar o número de usuários que podem se beneficiar de uma melhor formação profissional, decidiu-se enfrentar o desafio de fornecer acessibilidade à PcD com tetraplegia. A Figura 14 mostra a tela inicial para a introdução ao curso de Lógica de Programação. Cada lição contém vários Objetos de Aprendizagem, que, juntos, oferecem todo o conteúdo do curso de forma interativa. Alguns OAs são: webaula, fóruns, *workshops*, exercícios e avaliação. Destes, o *WebAula* contém todas as informações teóricas e alguns exercícios de fixação e são subdivididos em tópicos com algumas páginas de conteúdo em cada tópico, por isso é o principal OA e porta de entrada para todos os outros.

A Figura 14 mostra a tela da ferramenta aprendizagem Webaula do curso de lógica de programação. A ANA auxilia o usuário em várias funções de navegação e interação. Com o ANA, é possível navegar por páginas e tópicos em uma Webaula, responder a questionários, clicar em botões, interagir com vídeos, ouvir leituras de texto e clicar em *hiperlinks*.

Figura 14 – Tela da webaula do curso de Introdução à Lógica de Programação



Fonte: Elaborado pelo autor

Para navegar à página 3 do tópico 2 em uma Webaula, por exemplo, é preciso que um tetraplégico clique no tópico em que se deseja e navegue usando as setas de navegação na parte inferior da tela. Usando a ANA, o usuário pode ir para a página desejada apenas dando

um único comando, "Abra a página 3 do tópico 2". A Figura 15 mostra a resposta retornada pelo dialogFlow ao receber como entrada o texto do exemplo acima. Percebe-se que a intenção encontrada é "TopicoSlide", ela significa que o aluno deseja navegar a uma página específica de um tópico específico. Esta intenção é seguida de parâmetros, estes seguem os atributos pagina e topico, e o parâmetro "numbers" que é representado por um vetor de numérico contendo os números do tópico e a página, respectivamente. De posse dessas informações, o Algoritmo ?? mostra como se dá o fluxo dessa navegação.

Figura 15 – Resposta processada pelo dialogflow

CONTEXTS		RESET CONTEXTS
topicoaction		
INTENT		
TopicoSlide		
ACTION		
topico:pagina		
PARAMETER	VALUE	
topico	tópico	
pagina	página	
navegacao	abrir	
numbers	['3', '2']	
videoAction		

Fonte: Elaborado pelo autor

Algoritmo 2: Navegação na webaula

Entrada: Intenção identificada pelo Dialogflow

Saída: vazio

início

```

parametros ← Intencao.parameters
numero – topico ← parametros.numbers[0]
numero – pagina ← parametros.numbers[1]
topico = root.goToTopic(topico)
topico.goToPage(pagina)

```

fim

Outra importante ferramenta dentro do AVA são os exercícios. Esta ferramenta permite que o aluno pratique o que aprendeu, teste seus conhecimentos e o prepara para obter

uma nota após realizar a avaliação da aula que está estudando. Esta ferramenta se apresenta ao usuário na forma de questões de múltipla escolha, como ilustrado na Figura 16, contendo uma única questão sendo mostrada por vez. Cada questão é composta por um enunciado e quatro alternativas dispostas entre os itens A, B, C e D. Para marcar uma alternativa, um usuário com tetraplegia necessita utilizar sua adaptação para que possa levar o ponteiro do *mouse* sobre a opção desejada; feito isso, este deve clicar para selecionar a alternativa desejada. Após selecionar uma alternativa, o aluno deve clicar nas setas de navegação para que a tela do AVA mostre a próxima questão. Novamente o usuário com tetraplegia necessita utilizar sua adaptação, mover o apontador do *mouse* até as setas de navegação, clicar para que seja mostrada a questão seguinte. Com a nova questão na tela, todo o processo de seleção de opção e navegação entre as questões se inicia novamente.

Figura 16 – Tela da do exercício do curso de introdução à logica de programação

Fonte: Elaborado pelo autor

Podemos notar que este processo é desnecessariamente lento e custoso para todos os tipos de usuário, mas é especialmente custoso para pessoas com tetraplegia. Tal custo extra pode gerar uma fadiga, muscular e mental, comprometendo a boa continuidade do aluno no curso. Utilizando a ANA, o aluno, olhando para a tela, pode dizer à assistente: "A resposta é a opção C" ou simplesmente "Opção B". A assistente irá entender a intenção do aluno, selecionar a

alternativa desejada enquanto o aluno observa o *feedback* visual do que aconteceu na tela. Para navegar até a questão seguinte, o aluno pode dizer, por exemplo: "Vá para a próxima questão", ou se ainda desejar visitar uma questão que não seja a próxima ou anterior, dizer "Vá para a questão X", em que "x" representa o número da questão desejada.

Todas as ferramentas de aprendizagem disponíveis podem ser localizadas dentro de uma aula que pertence a um curso no qual o aluno deve estar matriculado. Portanto, para acessar essas ferramentas, o aluno precisa percorrer um caminho desde o login, passando pela *homepage* da plataforma, escolher seu curso, entrar na aula desejada, e, somente depois disso ver os OAs para começar a estudar. É interessante, que todo esse caminho esteja acessível de forma tal que o aluno possa, também com esforço reduzido, chegar aos materiais didáticos desejados.

A Figura 17 mostra a *homepage* do usuário, tela que este verá logo após efetuar o *login*. Na imagem podemos perceber um *menu* lateral na esquerda, seguida de uma lista lateral de cursos em que o aluno está matriculado (localizada ao centro), seguido, logo abaixo de algumas informações extras. Vale ressaltar que, para o aluno com tetraplegia, o mesmo problema de navegação se repete. O aluno PCT deverá posicionar o mouse sobre um dos itens desejados e clicar. Uma vez escolhido o curso, o aluno deverá selecionar uma aula utilizando sua adaptação, e novamente terá o problema de posicionar o mouse sobre os itens clicáveis. A Figura 18 mostra um recorte da tela de seleção de aulas, que será exibida após o aluno escolher um curso.

Figura 17 – Homepage da plataforma do Le@d



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 18 – Tela de escolha de aulas da plataforma do Le@d



Fonte: Elaborado pelo autor

7.3 FILTRO DE FALA

Para falar com a ANA, o usuário tem vantagem da liberdade de expressão, e isso significa que ele pode dizer diversas coisas para realizar alguma ação. Nesse caso, o agente PLN tem que enfrentar o desafio de extrair as informações importantes do discurso do usuário. Percebe-se que, em geral, a fala é em voz imperativa em frases verbais e frases nominais. O agente PLN precisa extrair um verbo, que representa a ação e seus objetos representando os parâmetros. A ANA foi originalmente desenvolvida para usuários brasileiros, então o filtro PLN foi construído para extrair esse tipo de informação baseada na gramática do português brasileiro. O filtro foi desenvolvido usando o *framework python Natural Language Toolkit* (NLTK). Este é uma plataforma usada para criar programas *Python* que funcionam com dados de linguagem humana para aplicação no processamento estatístico de linguagem natural. Ele contém bibliotecas de processamento de texto para "tokenização", análise, classificação, marcação e raciocínio semântico, além de conter documentação gratuita e de fácil acesso. Esses motivos nos levaram a escolher o NLTK para desenvolvimento do filtro.

O filtro, por sua vez, possui três etapas:

1. excluir as palavras irrelevantes;
2. dividir a frase em *tokens* e marcar cada palavra segundo sua classe gramatical (substantivos, verbos, adjetivos, advérbios etc.);
3. construir uma árvore de sentenças usando a técnica *chunking* em linguagem *python* nas frases.

O primeiro passo consiste em excluir as palavras muito frequentes e com pouco

significado, tais como artigos, preposições, pronomes e conjunções. Estas palavras são excluídas caso estejam em nossa "lista negra", também chamada de *stopwords*, que consiste em um arquivo de texto contendo uma lista de palavras desnecessárias para o processamento; o *framework* NLTK, disponibiliza, em sua estrutura interna uma lista de *stopwords* que pode ser acessada chamando o método `nlk.corpus.stopwords.words('portuguese')`.

Na segunda etapa, ainda usando o NLTK, criou-se um *pos-tagger* usando o método de aprendizado de máquina *n-gram* para classificar palavras segundo sua classe gramatical, como discutido na Sessão 3.6.2. O Floresta-treebank é um corpus de texto em português brasileiro, livre, e foi usado como *dataset* de treinamento do *pos-tagger*. Como Resultado desse processo, temos um conjunto de palavras classificadas de acordo com sua classe gramatical. A Figura 19, mostra o resultado para a frase "Eu quero ir para a próxima questão", frase que um usuário diria para navegar utilizando a ANA. Percebe-se que o resultado consiste em segmentos e rótulos de sequências de *token* múltiplo. As caixas pequenas mostram a tokenização a nível de palavra e parte da fala. Pode-se notar também que o trecho "para a" não recebeu nenhum rótulo, pois foram classificados como *stopwords*, e, portanto, excluídos do processamento.

Figura 19 – Texto após o processamento de POS



Fonte: Elaborado pelo Autor

Com uma frase devidamente dividida em *tokens* marcados com suas respectivas classes gramaticais, é necessário extrair informações que sejam relevantes para o contexto de navegação utilizando a ANA; geralmente, tem-se frases verbais e nominais. Cada frase verbal contém um verbo que indica a ação a ser realizada, e os objetos, sejam diretos ou indiretos que indicam algum parâmetro para a ação desejada. A Figura 20, mostra um conjunto de regras em forma de uma gramática que agrupa as classes gramaticais a serem identificadas no processo de *pos-tagger*. Esse conjunto de regras visa classificar as partes da fala em trechos com um contexto. Por exemplo, a regra FRA.VERB é composta por um ou mais verbos seguida de um ou mais objetos.

Para extrair informações de uma sentença em linguagem natural utilizando o *frame-*

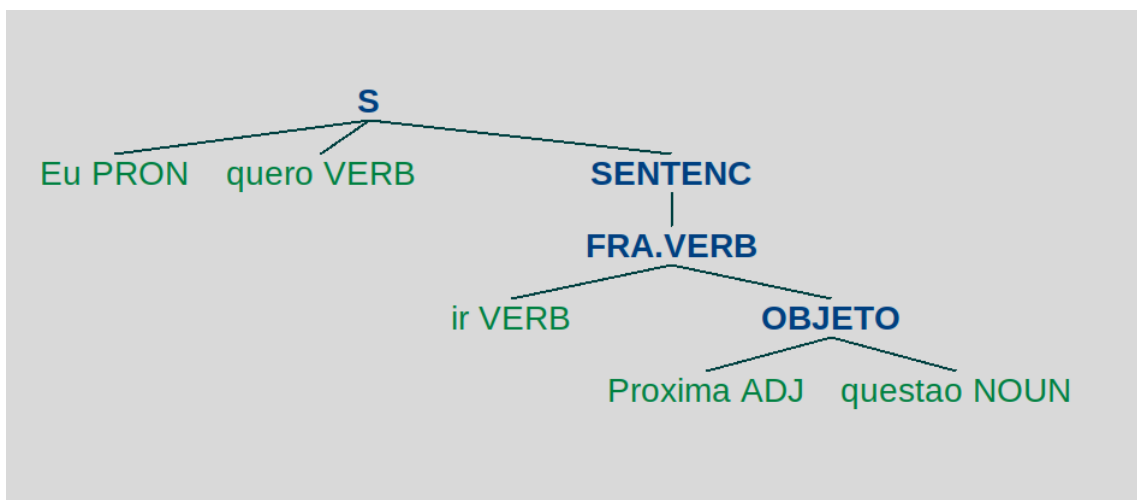
Figura 20 – Conjunto de Regras para formação da árvore de sentenças

PERGUNTA: {<CLAUSE><NOUM><. >+}
 OBJETO: {<NOUN | PRON-DET | ADJ | NUM | ADV>+}
 TS: {<ADP | DET>+}
 FRA.VERB: {<VERB><OBJETO | TS>+}
 FRA.NOM: {<OBJETO | TS>+<OBJETO>*}
 SENTENC: {<FRA.NOM | FRA.VERB>+}

Fonte: Elaborado pelo Autor

owork NLTK, utilizou-se o conjunto de regras mostrado na Figura 20. Como retorno, tem-se uma árvore cujos nós são rotulados de acordo com as regras passadas. A Figura 21 ilustra esse processo. Pode-se perceber na Figura 21 que o nó de rótulo “SENTENC”, identifica que foi encontrado algum contexto na sentença processada, neste ponto, os nós irmãos que não combinaram com nenhuma regra, também podem ser descartados. Percebe-se ainda que o nó “SENTENC” tem como nós filhos um *label* “FRA.VERB” que representa uma frase verbal, esse por sua vez com mais dois nós filhos, a palavra “ir” marcada como verbo e um outro subconjunto do rotulado como “OBJETO”, contendo o adjetivo “proxima” e o nome “questão”.

Figura 21 – Árvore de sentenças



Fonte: Elaborado pelo Autor

Após o processo de criação da árvore, é possível filtrar apenas as palavras que trazem contexto na fala do usuário. O filtro reduz a o texto de entrada, enviando ao *dialogFlow* um texto

geralmente mais curto e mais carregado de contexto. No exemplo utilizado a frase "Eu quero ir para a próxima página" foi reduzida para "Ir próxima questão". O verbo "ir", identifica a ação de navegar a um outro conteúdo, os objetos "próxima", e "Questao" identificam que a intenção do usuário é navegar a questão seguinte de um exercício ou avaliação.

7.4 OBJETOS ENDEREÇÁVEIS PELO DISCURSO

Assistentes virtuais são uma realidade com a qual convivemos diariamente. Podemos encontrá-los nos vários sistemas operacionais: Apple Siri, Amazon Alexa e Google Assistant, bem como alguns consoles de videogame. Embora muito inteligentes, ao contrário da ANA, os assistentes ainda não implementam objetos endereçáveis ao discurso e, portanto, não podem ver e interagir com os elementos da tela ao lado do usuário. O que chamamos de objetos endereçáveis é uma estrutura tal que permita que o objeto seja encontrado na tela do usuário quando o usuário se referir a ela. Se o aluno pede que a ANA leia para ele o primeiro parágrafo, a assistente deve ser capaz de encontrar os parágrafos no texto, separá-los e então ler o número um, que foi solicitado pelo usuário.

A plataforma de EaD proposta por Oliveira *et al.* (2016) e desenvolvida e mantida pelo Le@d agrega vários elementos construídos para a *web*. Tais elementos são construídos utilizando tecnologia de *Web 3.0*, ou seja, utilizando a linguagem HTML e estilizados utilizando folhas de estilo em cascata, popularmente conhecidas como *Cascade Style sheets* (CSS). A plataforma, além de disponibilizar várias ferramentas ao aluno, é também uma agregadora objetos de aprendizagem. Estes objetos de aprendizagem não estão necessariamente dentro da plataforma, mas são desenvolvidos no formato *scorm* e armazenados à parte para serem incorporados à medida no necessário, afinal, como disse Dutra e Tarouco (2006), o SCORM é atualmente o mais popular e com o maior número de ferramentas de suporte.

7.4.1 As estruturas básicas de marcação

A tecnologia HTML permite criar páginas estáticas, porém combinado com CSS é possível criar *layouts* mais líquidos, que podem expandir ou retrair dependendo do tamanho da tela do usuário (CASTRO, 2003). Tendo isso em vista, levantou-se a hipótese de criar um agente de software capaz de buscar essas estruturas, uma vez que a ?? (??) padroniza todos os marcadores, bem como a função específica de cada marcador. Dessa forma, poderíamos resolver o problema do parágrafo de texto citado anteriormente, apenas buscando por textos dentro da *tag*

<p>, ou caso seja necessário clicar em um botão, poderia-se buscar pelos elementos com a *tag* <button>. No entanto, essa abordagem logo se mostrou ineficiente, uma vez que as páginas não necessariamente seguem o padrão adotado pela *World Wide Web Consortium* (W3C).

A liberdade de se criar páginas independentes e poder ajustar seu *layout*, mostrando ou escondendo elementos pode ser um ótimo aliado ao desenvolvimento rápido de páginas *web*, bem como pode propiciar uma fácil manutenção das páginas. Por outro lado, o excesso de liberdade permite que programadores e designers façam uso de *tags* inapropriadas para um efeito qualquer. Por exemplo: para inserir textos é recomendado que se use a *tag* <p>, mas a linguagem permite que se insira textos em quaisquer tipo de *tags*, tais como , <div> e outras, como mostrado na Figura 22 e Figura 23.

Figura 22 – Exemplo de código de parágrafo com a *tag* <P>

```
<body>
  <p> Este é um bloco de texto como um parágrafo </p>
</body>
```

Fonte: Elaborado pelo autor

**Figura 23 – Exemplo de código de parágrafo com a *tag* **

```
<body>
  <span> Este é um bloco de texto como um parágrafo</span>
</body>
```

Fonte: Elaborado pelo autor

7.4.2 As estruturas com contexto

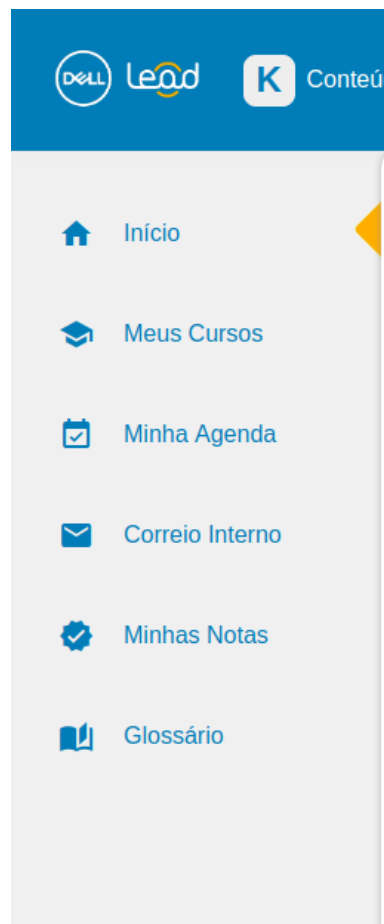
Os exemplos dados sobre os blocos de texto e ilustrados nas Figuras 22 e 23 retratam um problema nas estruturas básicas das linguagem HTML. Além do exposto, pudemos observar que os elementos em páginas modernas tem um certo contexto, o que leva as páginas e elementos com os quais o usuário interage a um nível mais alto de abstração. Vamos utilizar como exemplo, uma estrutura do tipo lista de links. Dentro de uma página, esse tipo de estrutura pode gerar uma lista de glossário, um menu lateral ou, no caso das *webaulas* utilizadas nessa pesquisa, uma lista

de abas de navegação. As Figuras 24 e 25 ilustram uma lista de links formando uma estrutura de *menu* lateral e uma lista de *links* formando uma estrutura de abas de navegação, respectivamente.

Naturalmente, interfaces mais modernas devem apresentar uma forma mais intuitiva ao usuário, apesar de essa característica impactar na maneira como imaginamos tornar os objetos endereçáveis pelo discurso, adicionar contexto às ferramentas entra em conformidade com a teoria da atividade de Vygotsky (1978) que define três características fundamentais:

- dirigida a um objeto, material ou ideal, como: fenômenos físicos, sociais ou culturais incluindo fenômenos não materiais como experiências e afinidade;
- medida por artefatos como ferramentas, linguagem e representações;
- socialmente construída dentro de uma cultura.

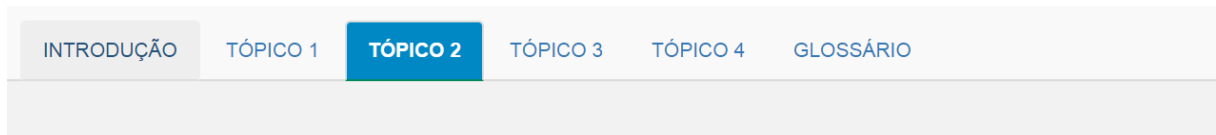
Figura 24 – Lista de links formando uma estrutura de *menu*



Fonte: Elaborado pelo autor

A partir da percepção do contexto dos elementos, se faz necessário inserir aos objetos de interação algum tipo de metadado que indique à assistente onde o elemento está e o que este significa, para que a ação correspondente ao que o usuário deseja seja realizada com coerência.

Figura 25 – Lista de links formando uma estrutura de abas de navegação



Fonte: Elaborado pelo autor

Segundo a WCAG (2018), é possível implementar vários componentes de interface de usuário como um único elemento programático. Esses componentes não estão relacionados às técnicas de programação, mas sim ao que o usuário entende como sendo controles independentes. Dessa forma, é preciso identificar qual o papel que cada componente exerce dentro da interface do usuário. Programaticamente, o atributo *role* é definido como texto ou número por meio do qual o software pode identificar a função de um componente em um conteúdo da Web (WCAG, 2018).

A partir do entendimento dos contextos dos objetos, e seguindo as recomendações da *Web Content Accessibility Guidelines* (WCAG), decidiu-se marcar os códigos de construção das páginas web, armazenadas no padrão SCORM, com o atributo *role*, segundo seus respectivos papéis dentro do contexto em que se encontram. A partir dessa decisão, iniciou-se um longo processo de intervenção no código-fonte da plataforma de EaD, com a finalidade de tornar os objetos endereçáveis pelo discurso e, assim, acessíveis a PCT. Esse processo se deu em duas etapas: mapeamento das telas, e implementação dos atributos "role" em cada elemento mapeado.

7.4.3 Mapeamento das Telas

O processo de mapeamento das telas se iniciou pelos objetos empacotados no padrão SCORM. Foram escolhidas as *webaulas* do curso de Introdução à Lógica de Programação, pois esse curso têm as *webaulas* com os maiores objetos de interação.

No exemplo da Figura 26, pode-se ver três exemplos de mapeamento de papéis dos objetos de interação. O objeto do tipo ícone, representa, dentro da *webaula*, uma espécie de mascote do curso, é um avatar com função lúdica que pode indicar algo que o professor conteudista queira. A *role* parágrafo marca onde tem um parágrafo no texto da lição; nessa interação, o aluno tem a opção de solicitar à agente que faça a leitura do parágrafo. A simples marcação de um parágrafo abre uma série de interações multimodais que podem ser importantes para o aluno. Quando se trata de uma leitura sintética, a ANA marca o texto escolhido pelo aluno com um *highlight* enquanto realiza a leitura do texto selecionado. Esse *feedback* permite ao aluno ouvir o parágrafo selecionado enquanto acompanha o texto com sua leitura mental,

Figura 26 – Roles ícone, parágrafo e objetivo



Fonte: Elaborado pelo autor

somatizando a entrada do conteúdo estudado.

A interação com os objetivos da aula se dá de forma semelhante aos parágrafos. O aluno pode solicitar à ANA que leia os objetivos da aula. A assistente irá, de forma semelhante ao que acontece com o parágrafo, grifar cada objetivo e lê-los, um a um, enquanto o aluno acompanha com sua leitura mental, novamente somatizando a entrada do conteúdo ao aluno.

Essa interação multimodal, traz consigo algumas outras opções que são importantes que estejam disponíveis ao usuário. Ao implementar a leitura de textos dentro de uma página, nos preocupamos também com controles de velocidade de leitura e volume da voz. Sendo assim, o usuário pode solicitar à ANA que leia mais rápido ou mais devagar, aumente o volume da voz ou diminua o volume da voz, e, ainda, o usuário pode solicitar à agente que interrompa a leitura de algum parágrafo à qualquer momento. Outra vantagem de se marcar os parágrafos de texto é que a ANA é capaz de contar e ordenar os parágrafos, sendo assim, o aluno pode solicitar que seja lido o "próximo parágrafo" ou o "parágrafo anterior".

As webaulas são divididas em tópicos. Cada tópico contém conteúdos em vários tipos de mídia: texto, imagem, vídeo, e cada tópico exibe um assunto a ser abordado na aula. Na interface do usuário, os tópicos são representados em formas de abas de navegação horizontal,

Figura 27 – Roles Tópico

Fonte: Elaborado pelo autor

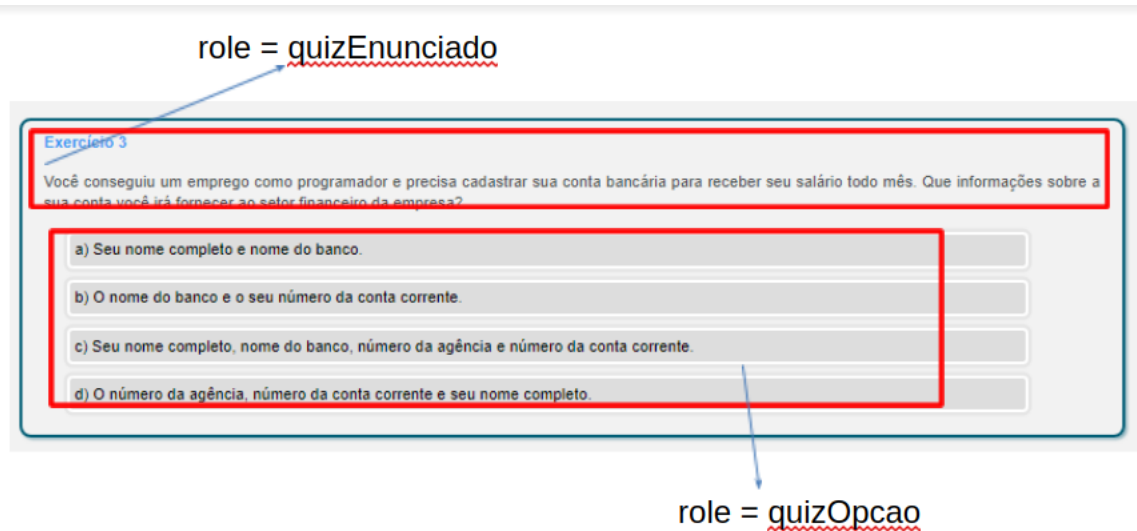
como mostrado na Figura 27. Marcadas com "role=tópico", esse objeto de interação passa a ser reconhecido pela ANA, o que permite que o aluno possa navegar entre tópicos usando a assistente. Cada tópico é subdividido em várias páginas que tem o conteúdo propriamente dito da aula. A forma de interagir com esse objeto é escolher uma página usando as setas de navegação que se encontram na parte inferior da tela. Essa ferramenta possibilita ao usuário ir para a próxima página, página anterior ou escolher uma página qualquer dentro da lista de exibição. A Figura 28 destaca a ferramenta de navegação por páginas de uma webaula. Com a marcação dessa ferramenta com a "role=página", esse objeto torna-se endereçável pelo discurso, permitindo que a ANA realize essa navegação a pedido do usuário.

Figura 28 – Role Página

Fonte: Elaborado pelo autor

A navegação entre páginas e tópicos dentro das aulas *on-line* parece ser bastante simples; porém, voltar a um conteúdo que já foi lido e avançar para páginas e tópicos que não sejam necessariamente a próxima deixa a interação bem mais custosa. Se um aluno está lendo o conteúdo do último tópico e precisa voltar para a um conceito do primeiro tópico, necessita realizar uma série de passos, elevando o golfo de execução da interação. Com os objetos de navegação endereçáveis pelo discurso, a assistente ANA é capaz de navegar diretamente a uma página ou tópico específico com apenas um comando, por exemplo: "Vá para a página 7 do tópico 3". Isso reduz o golfo de execução para um passo.

Figura 29 – Objetos tipo *quiz*



Fonte: Elaborado pelo autor

Dentro das aulas podem conter alguns pequenos exercícios de fixação para que o aluno possa assimilar melhor o conteúdo que está sendo apresentado. Como discutido na seção 7.2, os exercícios seguem um padrão, no qual as questões contêm um enunciado em texto, seguida de alternativas no tipo A, B, C e D. Para tornar os elementos endereçáveis, é preciso marcar tanto as alternativas quanto o enunciado, e o mapeamento desses elementos foi feito com as roles 'quizEnunciado' e 'quizOpcao', respectivamente, como mostrado na Figura 29.

As figuras são boas aliadas dos professores conteudistas. Lourenço (2002) destaca a importância do uso de figuras na indução do raciocínio formal. No contexto da plataforma de EaD do Le@d, as figuras têm descrições, pois seguem uma forte recomendação da W3C. Por esse motivo, as figuras dentro do texto foram marcadas com "role=figura", como mostrado na Figura 30, para que a ANA possa ler a audiodescrição da figura, quando houver.

Os *links* externos também estão presentes dentro do conteúdo da plataforma. A

Figura 30 – Objetos tipo Figura

role = paragrafo

role = figura

Observe o exemplo a seguir

$$\begin{aligned}
 275 &= 2 \times 10^2 + 7 \times 10^1 + 5 \times 10^0 \\
 &= 2 \times 100 + 7 \times 10 + 5 \times 1 \\
 &= 200 + 70 + 5
 \end{aligned}$$

Figura 3 – Processo de formação de um número decimal.

Perceba, na figura 3, que um número decimal é formado por fatores multiplicados à base 10. Como dissemos anteriormente, o expoente de cada base é igual à posição do dígito menos uma unidade, contando da direita para esquerda.

Porém, os computadores utilizam um sistema de numeração diferente, que é muito mais rápido: o sistema de numeração binário.

role = paragrafo

Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 31 mostra uma das telas de aula com um link marcado com "role=link". Quando a ANA é carregada, o agente faz uma varredura procurando links dentro do texto, cada link encontrado na página recebe um rótulo numérico crescente, tal rótulo é mostrado ao aluno que pode solicitar via voz, por exemplo: "Acesse o link 1" ou "clique no primeiro link". A agente irá marcar esse link com um *highlight* e um segundo depois abrirá uma nova aba no navegador do aluno com a página para onde o *link* levaria se fosse clicado com um mouse convencional.

Quando se é necessário mais que uma imagem para explicar um conceito, os professores conteudistas podem utilizar um vídeo com o conteúdo. Os vídeos têm algumas ferramentas de interação inerentes a esse tipo de objeto. Em um vídeo é possível executar:

- play;
- pause;
- avançar;
- retroceder;
- colocar em tela-cheia.

Com a inserção do parâmetro "role=video", mostrado na Figura 32, a ANA é capaz de realizar todas essas ações a pedido do aluno.

Após logar na plataforma de EaD do Le@d, o aluno será redirecionado para a tela inicial. Essa tela contém o *dashboard* que exibe as principais opções a sua disposição. Mostrada na Figura 33, a tela é composta por um menu lateral vertical com uma rota para as principais ferramentas disponíveis, como: agenda, painel de notas, videoconferência, glossário e configurações. Ao centro, o aluno tem um acesso rápido aos cursos em que está matriculado, e

Figura 31 – Objetos tipo *Link*



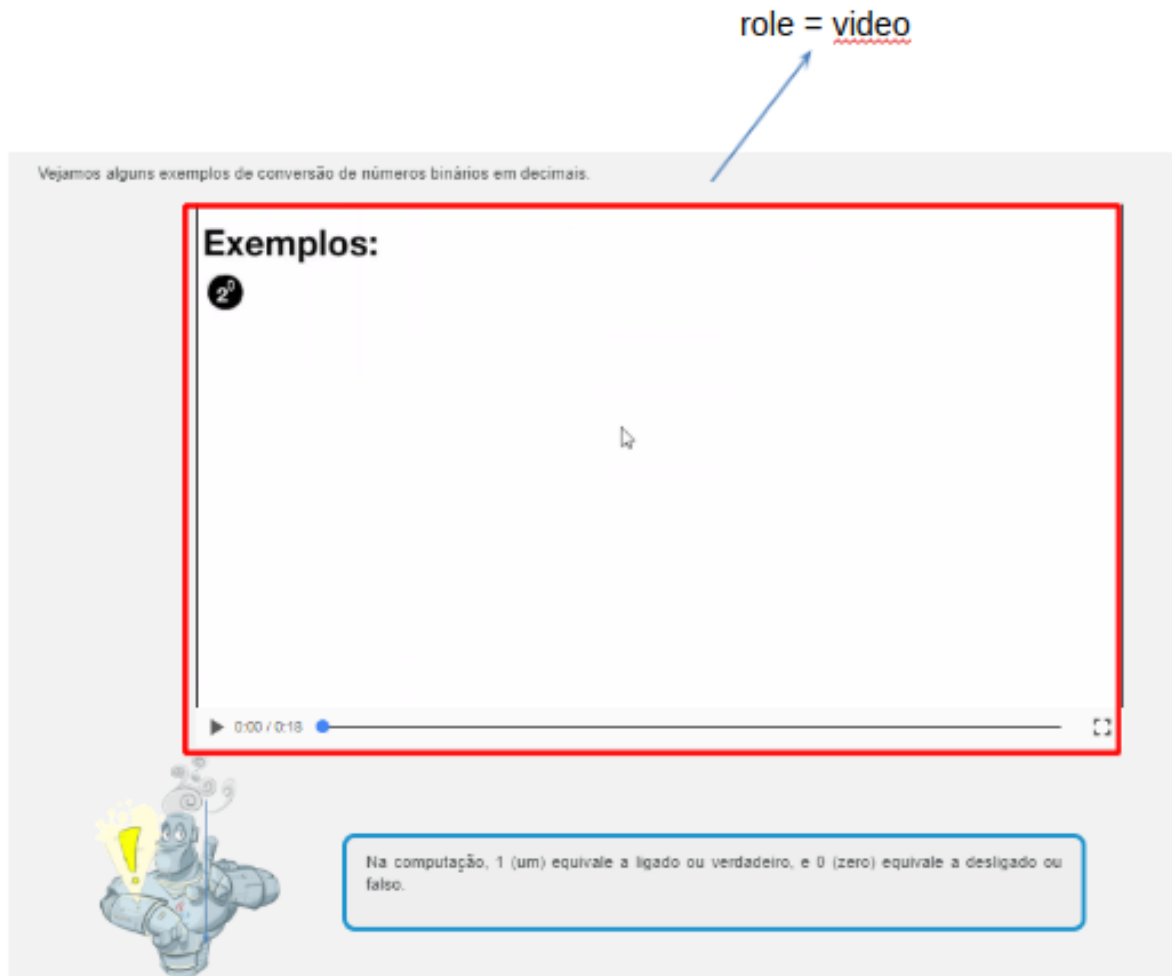
Fonte: Elaborado pelo autor

acima, a barra de acessibilidade configurada ao seu perfil.

A Figura 33 também mostra as roles mapeadas para cada elemento da tela inicial. Cada menu, recebe uma *role* referente ao seu papel, o que possibilita que o aluno dê um comando à ANA e, assim, navegue à página desejada com apenas um comando. Para as roles do tipo "botao", o aluno pode pedir que a assistente clique no botão X, em que X representa o nome que está aparecendo no botão. Por exemplo "clique no botão 'ir para a agenda'". Os cursos são sempre exibidos em uma lista contendo o nome de cada curso, um ícone que o representa e um botão com o rótulo "entrar no curso". Uma característica do *layout* da plataforma, é exibir essa lista sempre com três cursos. Para tirar vantagem dessa característica, o aluno deve dizer à assistente qual o número do curso que deseja acessar, sendo o curso um o mais à esquerda e o curso três o mais à direita. Dessa forma, um exemplo da interação para entrar no curso pode ser: "entre no curso um" ou "acesse o curso três".

Uma vez que o aluno escolheu um curso para acessar, lhe será exibida uma lista de aulas, como mostrado na Figura 34. Essa tela mostra a quantidade de aulas que o curso escolhido contém, e cada aula é representada por uma caixa contendo o número da aula, um

Figura 32 – Objetos tipo Video



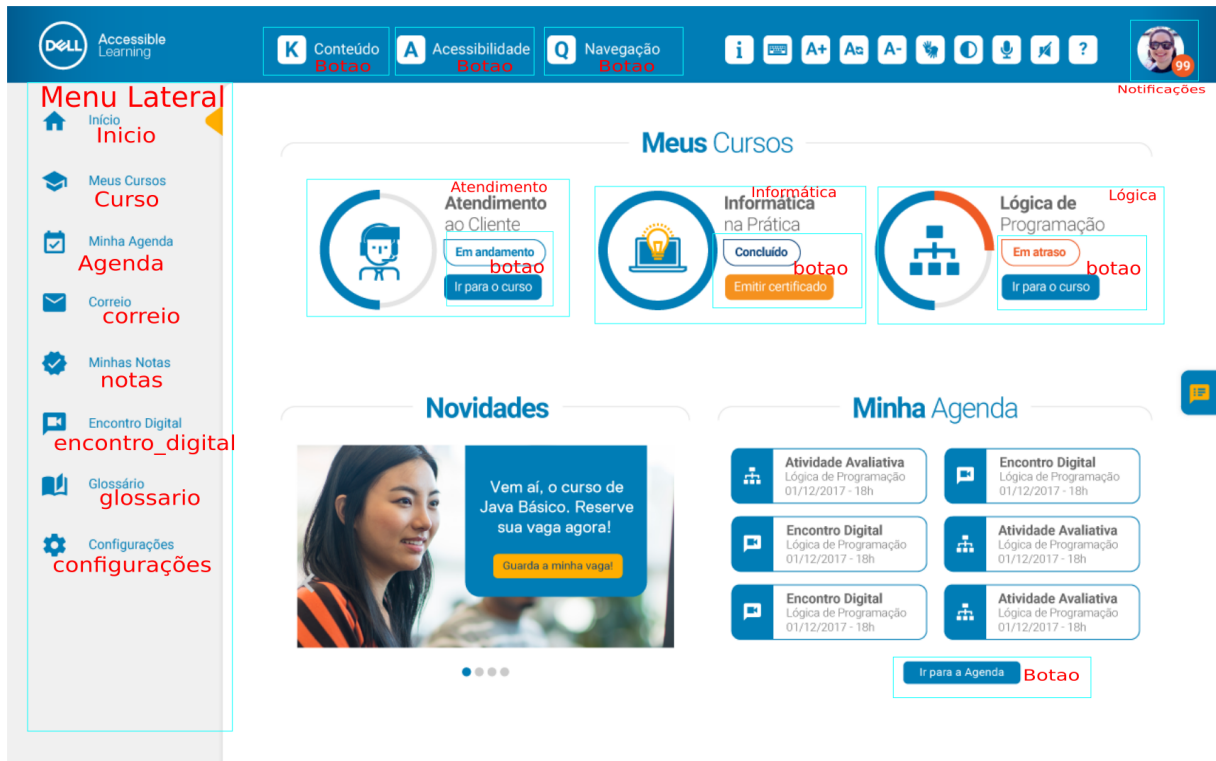
Fonte: Elaborado pelo autor

título breve e um botão com o rótulo "Entrar na aula". Nessa tela o aluno tem a opção de, assim como no exemplo do curso, pedir à assistente que acesse uma determinada aula chamando pelo número. Um exemplo de interação é: "Acesse a aula 3", ou "Vá para a aula 4". Caso o aluno tenha permissão de acessar o conteúdo dessa aula, esta será exibida a ele, caso contrário lhe será exibido um *pop-up* indicando que ele ainda não cumpriu os requisitos necessários para acessar o determinado conteúdo.

7.4.4 Gramáticas dos Objetos

Além dos papéis, foi necessário criar uma estrutura que nos permita referir diretamente ao elemento que o usuário pretende interagir. Por exemplo: que tipo de conversa posso ter com um elemento de *quiz* ou exercício? Para responder a essa pergunta, notamos que cada elemento tem sua própria gramática que nos permite criar uma lista de regras que representa

Figura 33 – Papéis da Tela Inicial



Fonte: Elaborado pelo autor

como falar com tal elemento. A gramática de objetos é baseada em uma gramática livre de contexto e cada objeto possui entidades e intenções. Uma gramática de um OA é baseada em gramáticas livres de contexto. Então, a gramática G é definida pelas tuplas:

$G = (V, R, \Sigma, S)$, em que:

- V é um conjunto finito em que cada elemento é chamado símbolo de entidades (semelhante, mas não igual a um símbolo não terminal em uma gramática formal);
- Σ é um conjunto finito do símbolo de sinônimos; este conjunto de "terminais" é o alfabeto da linguagem definida pela gramática G ;
- R é uma relação finita de $V (V \cup \Sigma)^*$, como nas gramáticas regulares, na qual asterisco é operação unária;
- S é o símbolo inicial.

Podemos entender as entidades como atributos essenciais que o usuário pode dizer em seu discurso. Usando o exemplo dos questionários, as entidades podem ser a alternativa que o aluno deseja escolher ou o número da questão que deseja ler. Desta forma, as entidades são como símbolos não terminais e seus sinônimos como símbolos lineares. Exemplos de entidades e sinônimos de objeto de questionário (símbolos não terminais e terminais):

- ACAO

Figura 34 – Papeis da Lista de Aulas

The screenshot shows a course page with a blue header containing accessibility icons (D&LL, Contêúdo, Acessibilidade, Navegação) and a user profile. The main content area displays a grid of lesson cards. Lesson 1 is highlighted with a red box, showing its title, description, and a button labeled 'Entrar na aula'. Lesson 2 is marked 'Finalizado'. Lessons 3, 4, 5, 6, 7, and 8 are also listed with their respective topics and status. On the right, a 'Mural de Avisos' (Notice Board) section shows a post by Anderson Severo, Tutor da Turma 12, with a red box highlighting the text 'Nulla vitae accumsan nisi. Phasellus tempor sodales tortor, sed facilisis enim.' and the role 'role = aviso'. Above the notice board, there are icons for 'role = mensagem' and 'role = chat'.

Fonte: Elaborado pelo autor

- Próxima
- Avançar
- Anterior
- Voltar
- Abrir
- Ir
- QUESTAO
 - Questão
 - Questão 1
 - Questão 2
 - Questão 3
 - Questão N
- ALTERNATIVA
 - Alternativa
 - Letra
 - Opção
 - Item
 - Resposta

Gramáticas geralmente geram linguagens; no nosso caso, a ordem das palavras. Tais linguagens geradas por regras ajudarão o agente de PLN a encontrar a correspondência entre a intenção do usuário e a ação a ser executada no sistema. Desse modo, a ANA poderá entender a operação e, tirando vantagens das *roles*, encontrará o elemento e executará a ação necessária. Um exemplo de regras da gramática do objeto "exercício" é: *AbrirQuestao* → *ACAOQUESTAO|QUESTAO*
ResponderQuestao → *Alternative*
MudarQuestao → *Action|ActionQuestion*

Usando essas regras, a ANA é capaz de encontrar um padrão na fala do usuário para uma ação conhecida. Por exemplo: "Eu quero ir para a próxima questão". Esta frase contém uma ACAO ("próxima") seguida por uma QUESTAO ("pergunta"). Esse conjunto de entidades corresponde a regra "MudarQuestao". Nesse ponto, o agente PLN retornará a intenção encontrada para a interface do usuário que, por sua vez, executará a ação desejada na tela do usuário. Outro exemplo de gramática é controle de uma videoaula. A videoaula é um OA simples que possui um *player* de vídeo e seus controladores.

- VIDEOCTRL

- Iniciar | start | play | começar | reproduzir
- play
- pause
- avançar
- retroceder
- anterior
- mute

- VIDEO

- vídeo
- player

Intenções:

Voltar → voltar | voltar VIDEO

avançar → avançar | avançar VIDEO

play → iniciar | iniciar VIDEO

Pause → pause | pause VIDEO

Definida a gramática do objeto "vídeo", o estudante tetraplégico que deseja assistir a uma aula em vídeo pode dizer "Reproduzir vídeo" para que o vídeo comece a tocar, ou ainda "pausar vídeo", caso ele/ela queira que o vídeo pare de tocar em algum ponto específico. Se o aluno desejar avançar um pouco o andamento do vídeo, pode dizer a frase: "Avançar vídeo", assim, da maneira como está implementado, a ANA irá avançar dois segundos de vídeo. O OA webaula possui várias ações possíveis, desde navegação entre os tópicos e páginas, leitura de parágrafos e imagens, cliques em botões e links externos até comandos de velocidade de leitura e volume das respostas de voz. Um trecho da gramática da *webaula* segue:

- LOCALIZACAO

- próximo | seguinte | sucessor
- anterior | antecedente | antecessor
- voltar
- ir | vá

- ACAOPAGINA

- clique | clicar
- descrição | descreva | descrever
- leitura | leia | ler | falar
- abrir
- fechar
- seguinte
- anterior

- NUMERO

- 1 | hum | um
- 2 | dois | Dois
- 3 | dois | Dois
- 20 | Vinte

- PAGINA

- página
- slide

- TOPICO

- aba
- tópico
- introdução

- glossário
- VELOCIDADE
 - aumentar | aumentar | mais rápido | veloz | rápido
 - reduzir | diminuir | mais devagar | lento
- BOTAO
 - ok
 - voltar
 - recomeçar
 - seguinte
- PARAGRAFO
 - paragrafo 1 | primeiro parágrafo
 - paragrafo 2 | segundo parágrafo
 - paragrafo 3 | terceiro parágrafo
 - paragrafo 4 | quarto parágrafo
 - paragrafo n | enésimo parágrafo

A partir das entidades pode-se mapear intenções que façam sentido na navegação nas webaulas como segue:

INTENÇÕES:

AlterarPagina → LOCALIZAÇÃO PAGINA | LOCALIZAÇÃO PAGINA NUMERO | PAGINA NUMERO

AlterarTopico → LOCALIZACAO TOPICO NUMERO | TOPICO NUMERO

PaginaTopico → ACAOPAGINA PAGINA NUMERO TOPICO NUMERO | PAGINA NUMERO TOPICO NUMERO

LeituraParagrafo → leitura PARAGRAFO

VelocidadeLeitura → leitura VELOCIDADE

ClicarBotao → clique BOTAO

A gramática do objeto de aprendizagem webaula nos permite mapear várias interações do aluno com os elementos desse OA. Como mostrado no exemplo da Figura 27, o aluno pode requisitar à assistente que abra outro tópico da aula; para isso ele/ela pode dizer: "Vá para o tópico 2". Essa sentença combina com a regra "AlterarTopico", pois a frase apresenta as entidades "LOCALIZACAO", "TOPICO" e "NUMERO", respectivamente. Seguindo o exemplo de troca de páginas mostrado na Figura 28, o usuário pode dizer: "Próxima página". Essa frase combina com a regra "AlterarPagina", pois contém as entidades "LOCALICAZACAO" seguida

de "PAGINA". Unindo os dois exemplos, o aluno pode ir de um ponto a outro com um único comando, independentemente de onde esteja, apenas pedindo à ANA que vá até a página e tópico desejado, por exemplo: "navegue para a página 2 do tópico 3". A frase combina com a intenção "AlterarTopico", pois contém, respectivamente as entidades "ACAOPAGINA", "PAGINA", "NUMERO", "TOPICO" e "NUMERO". Para clicar em um botão, o aluno deve se referir ao nome escrito no rótulo deste; dessa forma, o estudante pode dizer "clique no botão OK" ou dizer somente "ok". As duas formas combinam com a intenção "ClicarBotao".

A leitura de parágrafos é outra característica da ANA. Como mostrado na Figura 26, os parágrafos são marcados com "role=paragrafo", o que torna possível que a assistente enumere os parágrafos que são mostrados na tela. De posse dessa organização, o aluno pode dizer "Leia o primeiro parágrafo", o que combina com a intenção "LeituraParágrafo". A atribuição de gramática a objetos permite a criação de um espaço de trabalho compartilhado entre aluno e assistente.

7.5 CONCLUSÃO

Esse capítulo apresentou como foi desenvolvida a Assistente de Navegação Acessível para prover acessibilidade às pessoas com tetraplegia dentro do cenário proposto, desde a marcação das páginas até a construção de regras e gramáticas que filtram a fala do usuário e permitem a construção de objetos endereçáveis pelo discurso e construção de uma área de trabalho compartilhada. No próximo capítulo será abordada a metodologia utilizada no experimento realizado nessa pesquisa.

8 EXPERIMENTO DE VALIDAÇÃO

8.1 INTRODUÇÃO

Este capítulo apresenta a metodologia utilizada para o experimento de validação executado. São apresentadas as técnicas de avaliação escolhidas e o desenho do experimento realizado.

8.2 O ESTUDO

8.2.1 Análise da Navegação

No último capítulo, foi mostrado o desenvolvimento da Assistente de Navegação Acessível, as técnicas de processamento de linguagem natural e aprendizagem de máquina utilizadas para entender o discurso dos alunos com tetraplegia, e também mostrou-se a construção dos objetos endereçáveis pelo discurso e a criação de uma área de trabalho compartilhada. A ANA foi projetada e construída baseada nas opiniões e experiência de usuários com tetraplegia, coletadas a partir da execução do protocolo *think-aloud*. Porém, necessita-se validar com o público-alvo desta pesquisa se a problemática foi devidamente entendida e a solução apresentada resolve de forma satisfatória o problema de navegação em um ambiente de aprendizado a distância por pessoas com lesão medular do tipo tetraplegia.

Nesse ponto, temos as seguintes questões de pesquisa:

1. Ao utilizar a ANA para navegação, reduz-se o golfo de execução e avaliação para completar as tarefas?
2. A ANA é realmente uma ferramenta que deixa o usuário confortável e seguro ao usar?

Como corolário dessas questões, tivemos ainda:

1. Como as pessoas com tetraplegia reagem ao serem expostos a essa nova tecnologia?
2. Quais os novos desafios que tal tecnologia desponta no ensino a distância de pessoas com deficiência?

8.3 DESENHO DO EXPERIMENTO

Para validar as hipóteses de pesquisa, realizou-se a medição da quantidade de passos e tempo necessários para o sujeito realizar determinadas ações utilizando sua adaptação padrão comparada a quantidade de passos e tempo necessários para o realizar a mesma tarefa utilizando a ANA. A essa quantidade de passos chamamos Golfo de execução, discutido na Seção 6.4.

Além da medição do golfo de execução, ao fim do experimento, foi aplicado o questionário SUS. O SUS é um questionário de 10 itens capaz de dar uma visão global da avaliação dos sujeitos de pesquisa sobre a usabilidade de sistema (BROOKE *et al.*, 1996).

8.4 DESENHO DO EXPERIMENTO

8.4.1 Hipótese Geral

A diminuição do esforço de elaboração do comportamento com o objetivo de exibir intenções, propiciado por uma interface multimodal baseada em processamento de linguagem natural, pode gerar um alívio cognitivo por parte do aprendiz, e, assim, reduzir o golfo de execução na realização de tarefas em um ambiente *on-line*.

8.4.2 Hipóteses Específicas

1. Utilizando a ANA, o golfo de execução na realização das tarefas propostas é menor comparado a realização das mesmas tarefas utilizando as adaptações padrão;
2. Utilizando a ANA o tempo para completar com sucesso as tarefas propostas é menor que o tempo percebido utilizando as adaptações padrão.
3. A ANA provê uma boa usabilidade, tendo uma boa avaliação por parte dos sujeitos com tetraplegia.

8.4.3 Participantes

Os participantes desta pesquisa devem ser pessoas com tetraplegia, voluntários e obedecer aos critérios de inclusão listados a seguir.

1. Ter lesão medular de nível vertebral C5 ou inferior, de acordo com o Quadro 1.
2. Ter fluidez vocal, ou seja, precisam falar perfeitamente;
3. Ter concluído pelo menos o ensino médio;
4. Ter experiência na utilização de *web browser*;

Pessoas com tetraplegia têm um perfil desafiador de se trabalhar. Em geral, são pessoas pouco sociáveis, enfrentam problemas de saúde, além da lesão, por terem uma vida com baixa ou nenhuma agitação corporal. Após contatos com pessoas conhecidas, conhecidos de conhecidos, projetos dentro de universidades e profissionais da saúde, contactou-se dez pessoas com tetraplegia. Dessas, uma havia perdido capacidade de fala após a lesão; uma não tinha conhecimentos em navegação na Internet e duas não aceitaram participar do experimento alegando falta de interesse no assunto. Deste modo, o experimento realizou-se com seis participantes cujas características estão descritas no Quadro 5.

Quadro 5 – Características dos sujeitos de pesquisa

Sujeito	Grau da Lesão	Adaptação	Sexo
1	C5	Bastão na Boca	Masculino
2	C5	Bastão na Boca	Masculino
3	C7	Órtese na mão + mesa de apoio	Masculino
4	C7	Órtese na mão + mesa de apoio	Masculino
5	C6	Órtese na mão + mesa de apoio	Masculino
6	C6	Órtese na mão + mesa de apoio	Feminino

Fonte: Elaborado pelo Autor

Os voluntários têm grau de lesão entre C5 e C7; cinco são do sexo masculino e apenas uma do sexo feminino. Os dois participantes com lesão de nível C5 utilizam um bastão na boca para manipular o computador, os participantes de níveis C6 e C7 utilizam-se de uma órtese que deixa o dedo indicador fixo e duro, e o computador ou teclado deve ser apoiado em uma mesinha colocada em seu colo para que possa ver a tela com menos esforço. Todos os equipamentos de adaptação foram montados por cuidadores.

8.4.4 Método

A realização do experimento se deu em três etapas: apresentação da ferramenta e treinamento, execução das tarefas propostas e aplicação do questionário SUS. O experimento foi realizado no local escolhido pelo sujeito de pesquisa PCT, usando seu computador preferido em um ambiente que lhe seja familiar, fazendo com que se sinta seguro e confortável. Dessa maneira, pode-se simular uma situação mais próxima da real, pois todo o ambiente é o mesmo que o PCT usaria para estudar em um cenário não simulado. Todo o experimento foi acompanhado por duas pessoas, o pesquisador e um auxiliar para realizar as gravações e cronometrar o tempo.

Na etapa 1, apresentação da ferramenta e do treinamento, foi utilizada a Aula 1 do curso de Atendimento ao Cliente. A proposta do treinamento é que o sujeito de pesquisa possa se habituar com o ambiente virtual de aprendizagem, aprender como utilizar a ANA para navegação e possa tirar dúvidas que, por ventura, apareçam. Cada sujeito dispôs de 30 minutos para a fase de treinamento mas, caso se sentisse seguro da ferramenta, poderia encerrar o treinamento a qualquer momento e, então, iniciar a fase 2.

Na fase 2, foi pedido ao PCT que realizasse quatro tarefas de navegação. As tarefas foram realizadas utilizando a webaula 2 do curso de Introdução à Lógica de Programação. Cada tarefa deve ser iniciada a partir do mesmo ponto, a saber: página 1 do tópico de Introdução da webaula. As tarefas foram passadas ao PCT da seguinte maneira:

1. Navegue até o tópico 1, avance as páginas, uma a uma, até visualizar uma imagem da estátua do busto de Aristóteles;
2. Navegue até a página 5 do tópico 2. Lá você encontrará um *quiz* com quatro opções: A, B, C e D. Escolha uma das opções e observe o *feedback* da opção escolhida. clique no botão “OK” para fechar a caixa de *feedback*. OBS: Não se preocupe em acertar ou errar o *quiz*;
3. Navegue até a página 5 do tópico 3. Localize um link para o site “Mundo Educação”. Clique nesse *link* e observe o carregamento da página Mundo Educação.
4. Navegue até a página 8 do tópico 3. Lá você encontrará um vídeo:
 - Dê play no vídeo;
 - Dê pause no vídeo;
 - Avance o vídeo;
 - Volte o vídeo.

Cada sujeito PCT realizou as tarefas descritas anteriormente utilizando sua adaptação comum e, depois, refez todo o processo utilizando a ANA. As realizações das tarefas foram gravadas em vídeo, para possibilitar a contagem dos passos necessários posteriormente.

Imediatamente após a finalização das tarefas utilizando suas adaptações e a ANA, foi pedido ao sujeito que respondesse ao questionário SUS, assim como recomendado por Brooke *et al.* (1996). Nenhuma recompensa foi dada aos sujeitos de pesquisa, sendo assim, toda a realização das tarefas e participação no experimento ocorreu de forma voluntária. Vale ressaltar que o sujeito de pesquisa poderia pedir para parar com o experimento a qualquer momento, sem a necessidade de explicações e sem penalidade alguma ao sujeito. Caso o sujeito se recusasse a continuar o experimento, seus dados serão excluídos e este não poderia realizar o experimento novamente.

Após a realização dos experimentos e de posse dos vídeos gravados, o pesquisador e o auxiliar assistiram aos vídeos para contabilizar a quantidade de passos necessários para realização das tarefas (Golfo de execução). Foi considerado como um passo ações que despenderam algum movimento do usuário, por exemplo: arrastar o mouse até o alvo, movimentar o mouse com as teclas do teclado, clicar, enviar um comando em linguagem natural. Comandos de atalho, por exemplo, <alt + tab> deverão ser considerados um único passo, e cada toque em teclas de navegação para movimentar o *mouse* são contados como um passo.

8.5 ANÁLISE DA APRENDIZAGEM DA FERRAMENTA

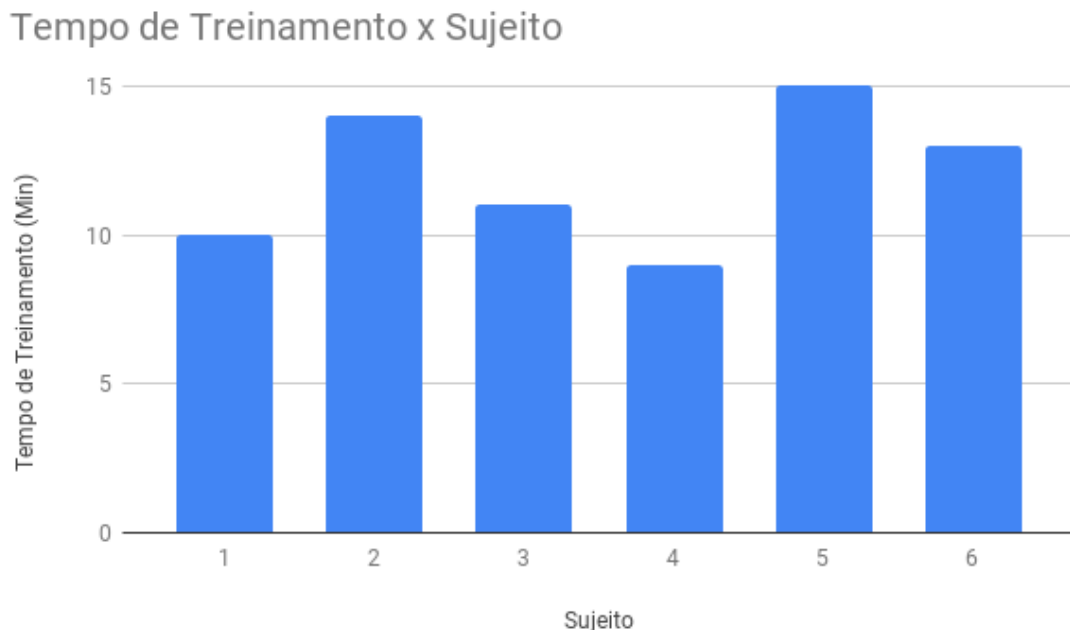
Para Clark, o uso de todas as línguas repousa sobre uma base de informações que é compartilhada pelos participantes de uma conversa, o que é tecnicamente chamado de *Common Ground* (CLARK; BRENNAN *et al.*, 1991). De acordo com Oliveira (2010), quem envia uma mensagem tenta transmitir informações que acha que seu interlocutor já têm ou pode entender.

Os participantes com tetraplegia, ao serem expostos a uma nova tecnologia, de início, apresentaram questionamentos sobre como o computador poderia entendê-los e ainda atender suas intenções. Ou seja ainda não havia se criado um *common ground* entre o usuário e o sistema. Esse ponto ressalta a importância de um treinamento prévio para que o PCT possa ganhar confiança no sistema, assim como confia em sua ferramenta padrão de acessibilidade.

Durante a fase de treinamento, os sujeitos de pesquisa podiam navegar livremente em uma aula do curso de atendimento ao cliente, com a finalidade de entender a maneira de se comunicar com a ANA por um tempo máximo de 30 minutos; porém, caso se sentisse a

vontade e confiante, poderia parar antes e partir para a segunda fase do experimento. A Figura 35 mostra um gráfico com tempo utilizado por cada PCT na fase de treinamento, até que se sentisse confiante para continuar.

Figura 35 – Tempo em minutos utilizado para treinamento de cada PCT



Fonte: Elaborado pelo Autor

Os dados da Figura 35 nos revelam que a ANA exige uma baixa curva de aprendizado, uma vez que os sujeitos de pesquisa se sentiram confiantes com a ferramenta em um tempo que variou entre dez e quinze minutos, menos que o tempo disponibilizado para treinamento, 30 minutos, como exposto na seção 8.4.4. Isso significa que, em pouco tempo, o aluno tetraplégico estará pronto para seguir com a navegação no ambiente, sem se preocupar em como utilizar a ferramenta. Este ponto é importante pois, em um ambiente de aprendizagem a distância, o esforço cognitivo deve estar devotado em aprender o conteúdo e não em como utilizar ferramentas externas ao que lhe está sendo apresentado. Para que um usuário se sinta confiante em utilizar um sistema, é preciso que este tenha uma noção de quais os resultados pode-se esperar para determinadas ações.

Ao utilizar a ANA, o aluno tetraplégico está exibindo suas intenções, com a finalidade de que a assistente encontre o elemento no qual ele se referiu no discurso. A análise dos vídeos gravados dos experimentos nos mostra uma evolução na maneira como o usuário usa as ferramentas de navegação da ANA com o passar do tempo. No início do treinamento os

testadores falavam frases como:

- "Página 3, tópico 2";
- "Opção A";
- "Play";
- "Clicar no link um".

Apesar de serem suficiente para que a ANA realize ação desejada na frase, essas sentenças são um tanto "duras" e indicam que o usuário ainda está com um certo receio de utilizar o sistema, pois ainda não sabe como ele vai se comportar. Quanto mais interações foram acontecendo com sucesso, maior o nível de relaxamento e confiança do usuário. Próximo ao fim do período de treinamento, quando o usuário já estava confiante com o sistema, pode-se destacar frases como:

1. "Vá para a página 4 do tópico 2";
2. "Dê play no vídeo";
3. "Acesse o primeiro link";
4. "A resposta é *hardware*".

Nesse ponto, a interação é bem mais fluida e o discurso se torna cada vez mais natural. Vale notar que a frase do item 4 retorna um erro, pois a ANA ainda não é capaz de processar o texto da página com a finalidade de encontrar contexto cruzado com a fala do usuário. No entanto, o usuário recebe um *feedback* de erro, no qual a ANA responde em voz que não foi capaz de entender o que foi dito, criando ali um limite na interação. Clark, Brennan *et al.* (1991) sugere que a comunicação é mais custosa para o receptor que para o emissor. O discurso proferido pelo testador entra em conformidade com as "habilidades incorporadas" de Dourish (2004), quando este diz que incorporação depende de um forte acoplamento entre percepção e ação. Nesse sentido, a ANA tende a desaparecer da interação, ou seja, o aluno tende a devotar menos atenção ela, uma vez que passa a se preocupar mais com os objetivos e que com a ferramenta que o levará a alcançá-lo. O resultado concorda ainda com Oliveira (2010), pois a tarefa de navegação deve passar de controlada para automática.

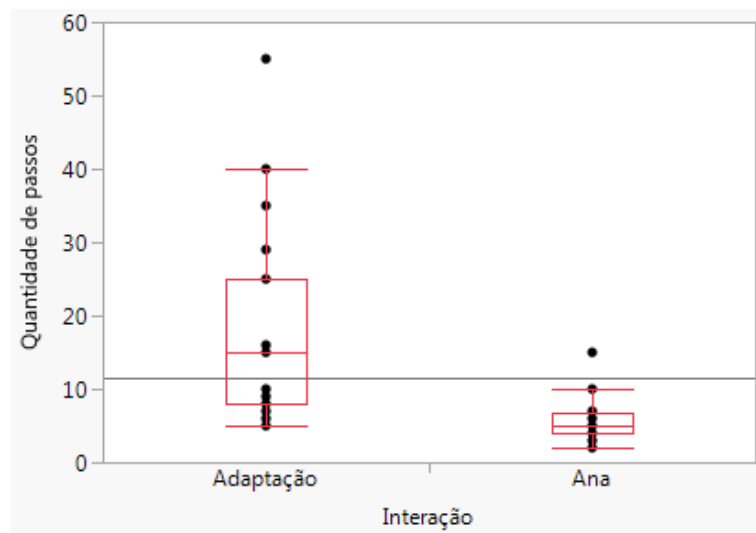
8.6 ANÁLISE DO GOLFO DE EXECUÇÃO

Como discutido na seção 8.4.2, levantou-se a hipótese que, utilizando a ANA, obtém-se uma redução no golfo de execução na realização de tarefas de navegação em um ambiente

EaD se comparada a realização das mesmas tarefas utilizando meios comuns de adaptação dos PCT.

A Figura 36 apresenta o gráfico da distribuição dos dados e as caixas de *outliers*. Os dados do golfo de execução não seguem uma distribuição normal (falhou no teste de normalidade de Shapiro e Francia (1972), $p < 0,001$); portanto, os dados foram analisados sob o Wilcoxon, Katti e Wilcox (1970) com nível de significância $\alpha = 0,05$. O resultado retornou o valor- $p = 0.00032$; isso indica que a diferença entre os golfos de execução para realização das tarefas utilizando a ANA comparada ao uso das ferramentas comuns de acessibilidade dos PCT é estatisticamente significativa.

Figura 36 – Grafico de outliers do número de passos x ferramenta de interação



Fonte: Elaborado pelo autor

A Tabela 6 mostra os dados do golfo de execução quando os sujeitos realizaram as tarefas com seus meios padrão de acessibilidade. Na sequência, a Tabela 7 expõe os valores da quantidade de passos realizados pelos sujeitos ao finalizar cada tarefa proposta utilizando a ANA. Como exposto na seção 8.4.4, cada tarefa proposta se iniciava do mesmo ponto, mas as distâncias eram crescentes, o que significa que o sujeito deveria navegar mais para chegar à tela de destino e realizar a tarefa proposta. Pode-se perceber, que quanto mais longe é o destino, maior a diferença na quantidade de passos necessários alcançá-lo. Isso sugere que a ANA se mostra mais eficiente a medida que as interações se tornam mais complexas.

A análise dos dados sugere que a quantidade de passos necessários para realizar as tarefas utilizando a ANA é menor que a quantidade necessária utilizando as adaptações, e isso corrobora com nossa hipótese que a ANA reduz o golfo de execução em tarefas de navegação na

plataforma de EaD.

Quadro 6 – Número de passos por tarefa sem ANA

	Sujeito 1	Sujeito 2	Sujeito 3	Sujeito 4	Sujeito 5	Sujeito 6
Tarefa 1	8	10	5	6	15	6
Tarefa 2	51	29	8	7	16	9
Tarefa 3	58	15	6	9	15	10
Tarefa 4	65	40	15	25	25	15

Fonte: Elaborado pelo Autor

Quadro 7 – Número de passos por tarefa com ANA

	Sujeito 1	Sujeito 2	Sujeito 3	Sujeito 4	Sujeito 5	Sujeito 6
Tarefa 1	4	6	2	6	4	6
Tarefa 2	5	5	4	5	5	3
Tarefa 3	4	6	3	3	5	2
Tarefa 4	15	10	10	7	10	10

Fonte: Elaborado pelo Autor

8.7 ANÁLISE DO TEMPO GASTO NAS TAREFAS

Além de medir o golfo de execução de cada tarefa enquanto o PCT utiliza a ANA e sua adaptação padrão, mediu-se também o tempo gasto para a realização de cada tarefa por cada PCT. A Tabela 8 mostra o tempo, em segundos, que cada sujeito levou para completar cada tarefa proposta sem utilizar a ANA, ou seja, utilizando sua adaptação padrão e a Tabela 9 mostra o tempo gasto, em segundo, que cada sujeito levou para completar cada tarefa proposta utilizando a ANA.

Como comentado anteriormente, as tarefas apresentam níveis de complexidade que vai aumentando de uma para a outra. Porém, durante a execução das tarefas percebeu-se que a latência da conexão com a internet pode causar um *delay* entre o momento que o usuário fala o comando e a execução da ação na tela, pois todo o processamento de linguagem natural é realizado *on-line*. Podemos perceber que, na Tarefa 1, os sujeitos 1, 2 e 5 conseguiram concluí-la em um tempo menor utilizando suas adaptações que utilizando a ANA. No entanto, com o aumento da complexidade das tarefas de navegação, a conclusão das tarefas passa a ser mais rápida utilizando a ANA.

Assim como os dados do golfo de execução, os dados de tempo também não seguem uma distribuição normal, portanto, a comparação estatística realizou-se com Wilcoxon, Katti

Quadro 8 – Tempo em segundos para realização de cada tarefa Sem ANA.

	Sujeito 1	Sujeito 2	Sujeito 3	Sujeito 4	Sujeito 5	Sujeito 6
Tarefa 1	6	12.93	12.93	44.94	9.50	22,83
Tarefa 2	31.28	16.41	24.46	103.34	16.35	43,33
Tarefa 3	24.7	21.73	16	74.86	16.75	59,33
Tarefa 4	38.5	76.38	25.15	152.0	28.16	166

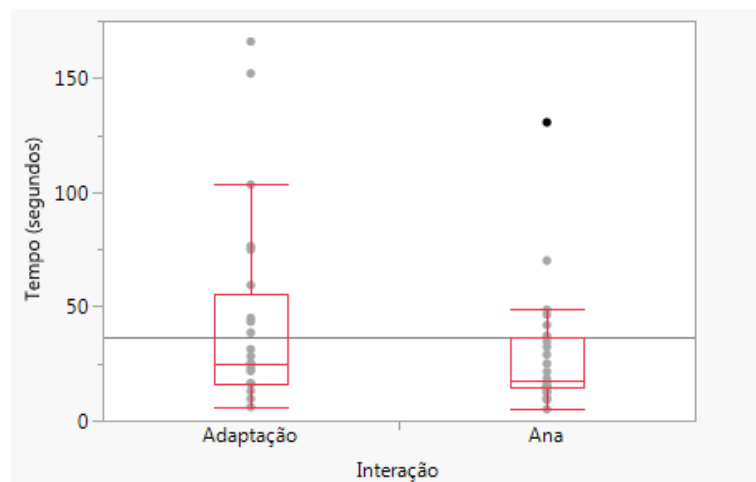
Fonte: Elaborado pelo Autor

Quadro 9 – Tempo em segundos para realização de cada tarefa com ANA

	Sujeito 1	Sujeito 2	Sujeito 3	Sujeito 4	Sujeito 5	Sujeito 6
Tarefa 1	14.5	15.25	09.06	32.36	28.97	5
Tarefa 2	16.3	16.41	12.25	21.44	13.060	15
Tarefa 3	14.3	14.7	18.43	34.72	12.89	10
Tarefa 4	37.2	46.37	48.57	70.05	41.85	25

Fonte: Elaborado pelo Autor

e Wilcox (1970) com nível de significância $\alpha = 0,05$. A Figura 37 apresenta o gráfico com a distribuição dos dados e as caixas de *outliers*.

Figura 37 – Gráfico de outleiers do tempo gasto x ferramenta de interação

Fonte: Elaborado pelo autor

A diferença no tempo de execução das tarefas utilizando a ANA e as adaptações padrão **não é significativa**, com valor-p = 0.1548. Ou seja, apesar da ANA promover a redução do tempo de adaptação, essa redução não é estatisticamente significativa.

8.8 ANÁLISE DE USABILIDADE COM SUS

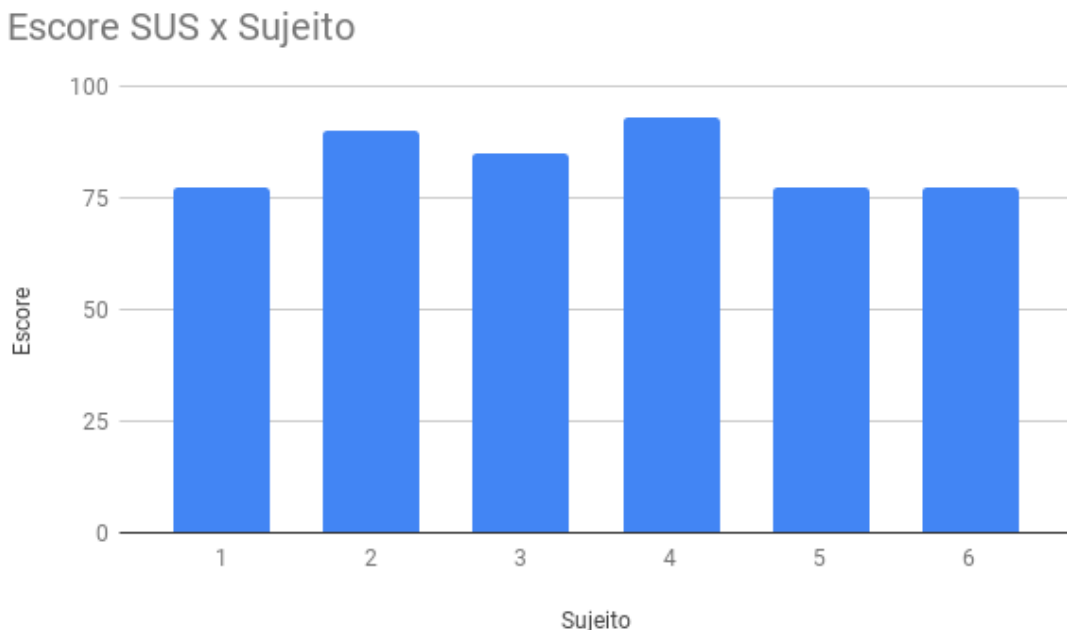
O SUS é uma escala de usabilidade do tipo *Likert* que possui uma visão global e subjetiva em suas avaliações de usabilidade. Ele apresenta ao entrevistado uma lista de perguntas

que devem ser respondidas em uma escala de satisfação (indica o grau de concordância ou discordância do usuário) (BROOKE *et al.*, 1996).

Brooke *et al.* (1996) baseou-se na afirmação de que, no contexto industrial, as avaliações completas não são práticas e requerem muito esforço e custo. O SUS foi criado pela necessidade de se ter uma avaliação de usabilidade simples e rápida. Os métodos de avaliação foram simplificados e o número de questões reduzidas, pois uma quantidade grande de questões desanima os usuários que possivelmente não preencheria todas as questões, resultando assim problemas na captura de reações subjetivas do usuário. Foi então proposto um questionário com 10 questões que utiliza a escala Likert de cinco ou sete pontos. Esse questionário abrange vários aspectos da usabilidade, tais como: necessidade de suporte, treinamento e complexidade (PREECE; ROGERS; SHARP, 2007). Diante do exposto, e por ser amplamente utilizada, reconhecida e aceita pela comunidade acadêmica mundial, decidiu-se utilizar o SUS como ferramenta de análise qualitativa da pesquisa.

Em relação as respostas obtidas no questionário de usabilidade, SUS, todos os participantes preencheram as questões. A média obtida do escore total foi de 83,40; com desvio padrão de 13,6; valor mínimo de 77,5 e máximo de 90. A Figura 38 mostra um gráfico de barras contendo o escore SUS de cada sujeito de pesquisa PCT.

Figura 38 – Gráfico de barras do escore SUS obtido de cada sujeito de pesquisa



Brooke (2013), concordando com Sauro (2011), ressalta, baseado em seus estudos com o questionário SUS, que a pontuação de 70 indica uma boa avaliação de usabilidade por parte dos usuários entrevistados. Portanto, baseado nas afirmações de Sauro (2011), podemos concluir que a ANA obteve pontuação satisfatória do ponto de vista de usabilidade, segundo opinião dos sujeitos entrevistados.

8.9 CONCLUSÃO

Esse capítulo apresentou os dados obtidos por meio de experimentação com o público-alvo dessa pesquisa. Uma série de análises foram apresentadas desde a aprendizagem da ferramenta, passando por dados de uso do golfo de execução e tempo até uma avaliação subjetiva utilizando o questionário SUS. Os experimentos permitiram responder todas as hipóteses de pesquisa e o Quadro 10 mostra o resumo das hipóteses com suas confirmações e justificativas. A análise dos dados nos permitiu concluir que a ANA propicia uma redução de esforço por parte de um aluno com tetraplegia navegando em uma plataforma de EaD se comparada aos meios comuns de adaptação que esse público utiliza (bastão na boca e órteses). O tempo de execução das tarefas utilizando a ANA mostrou-se menor que quando utilizando os bastões e órteses. Apesar dessa diferença não ser estatisticamente significativa, pode-se perceber uma redução no tempo de execução a medida que as tarefas vão ficando mais complexas.

Baseado na teoria de Dourish (2004) e inspirados nos trabalhos de Oliveira (2010), a ANA tende a desaparecer da interação, uma vez que o controle das ações de navegação passam de controlado para automático a medida que o usuário se habitua à ferramenta. Por fim, os usuários deram opiniões de usabilidade respondendo ao questionário SUS. Os resultados nos permitem concluir que a ferramenta é satisfatória nos quesitos de usabilidade.

Quadro 10 – Resumo das hipóteses de pesquisa e suas validações

Hipótese	Confirmada	Justificativa
A ANA propicia uma redução significativa no esforço de navegação em uma plataforma de educação a distância quando utilizada por um usuário com tetraplegia.	Sim	Os experimentos mostraram uma redução estatisticamente significativa na quantidade de passos necessários para que um sujeito com tetraplegia realize uma tarefa de navegação utilizando a ANA comparada à mesma tarefa utilizando sua adaptação padrão.
A ANA propicia uma redução significativa no tempo de execução das tarefas de navegação em uma plataforma de educação a distância quando utilizada por um usuário com tetraplegia.	Não	Apesar de aparente redução de tempo em tarefas de navegação mais complexas quando o sujeito utilizou a ANA, a latência da conexão com a internet causa um delay entre o comando dado e a execução da ação. Os dados mostram que essa diferença não é estatisticamente significativa; ainda assim traz benefícios ao usuário.
A ANA tende a desaparecer da interação, uma vez que as intenções exibidas pelo usuário passam de controlada para automática em um curto período de tempo de utilização.	Sim	A análise do uso da ANA pelos sujeitos de pesquisa evidenciam que, em pouco tempo, eles tendem a voltar todo o foco para a navegação e não para a utilização da ferramenta de navegação.
Os fatores de índices de usabilidade da ANA são satisfatórios segundo a experiência dos usuários.	Sim	A aplicação do questionário SUS evidenciou um escore de 83,4. Um escore SUS considerado satisfatório pela literatura está entre 68 e 70. Portanto, o escore obtido nessa pesquisa é satisfatória.

Fonte: Elaborado pelo autor

9 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

A educação de PcDs é marcada por grandes desafios. Na maioria das vezes, faz-se necessário considerar requisitos específicos na abordagem de ensino, pois, dependendo do tipo de deficiência, diferentes estímulos devem ser considerados. Ainda nesse contexto, prover acessibilidade no ensino de pessoas com tetraplegia é um grande desafio para a comunidade acadêmica. A interação não deve atrapalhar os objetivos do usuário. Fazer OAs "ver" o que o aluno está vendo, permitindo uma interação mais natural e direta, pode pavimentar o caminho da educação *on-line* para essa população.

Nesta dissertação, apresentamos a ANA, um agente de conversação que permite a criação de OAs com os quais as pessoas com deficiência ou não podem conversar enquanto fazem referências ao discurso sobre o que está na tela do computador. A ANA foi criada a partir das opiniões de usuários com tetraplegia que experimentaram a navegação dentro do ambiente de EaD a qual a ANA foi incorporada. A partir da visão do usuário final, e embasados nas teorias de Clark, Brennan *et al.* (1991) e Dourish (2004), desenvolvemos os objetos endereçáveis pelo discurso, e uma área de trabalho compartilhada que possibilitou que a ANA possa ver o que o usuário vê.

Fizemos um estudo para comparar o esforço dos tetraplégicos ao realizar tarefas rotineiras em nosso ambiente de aprendizagem acessível, seja com a ANA ou com o método de interação preferível. Os resultados mostram uma grande diferença no número de passos necessários para manifestar suas intenções ao computador, bem como uma alta capacidade de incorporação da ferramenta.

Essa pesquisa também contribuiu com a comunidade científica publicando os artigos:

1. Publicação:

- Título: “Problemas de Usabilidade de Pessoas com Tetraplegia em Plataforma EaD” (SOARES; OLIVEIRA, 2017)
- Local: 13° Simpósio brasileiro sobre fatores humanos em sistemas computacionais;
- *Qualis*: B2

2. Publicação:

- Título: “ANA: a Natural Language System with Multimodal Interaction for People Who Have Tetraplegia” (??)
- Local: 21° International Conference on Human-Computer Interaction

- *Qualis*: B2

3. Publicação:

- Título: “*ANA: virtual assistant that sees and hears to help tetraplegic online learning*” (??)
- Local: *IEEE Frontiers in Education Conference*
- *Qualis*: B1

9.1 LIMITAÇÕES

Este trabalho limitou-se a analisar a comparação do golfo de execução de usuários com tetraplegia ao realizarem tarefas de navegação em um ambiente EaD utilizando a ANA e seus meios de adaptação comuns. Não foram levadas em consideração questões relacionadas à aprendizagem dos conteúdos dos cursos nem interações com outros sistemas.

9.2 TRABALHOS FUTUROS

Para continuidade desse trabalho sugere-se:

1. Implementação da ferramenta em todos os objetos e telas da plataforma de EaD;
2. Implementação da ANA para a versão *mobile* da plataforma;
3. Internacionalização da ferramenta para outros idiomas.

REFERÊNCIAS

- ABBAD, G. da S. Educação a distância: o estado da arte e o futuro necessário. **Revista do Serviço Público**, v. 58, n. 3, p. 351–374, 2014.
- AFONSO, S. Floresta sintá (c) tica: a treebank for portuguese. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON LANGUAGE RESOURCES AND EVALUATION, 3., 2002, Las Palmas de Gran Canaria. **Anais...** Las Palmas de Gran Canaria, 2012.
- ALMEIDA, M. E. B. Tecnologia e educação a distância: Abordagens e contribuições dos ambientes digitais e interativos de aprendizagem. **Revista Brasileira de Educação a Distância**, v. 29, n. 2, p. 327–340, 2003.
- ALQUDAH, A. M. Eog-based mouse control for people with quadriplegia. In: MEDITERRANEAN CONFERENCE ON MEDICAL AND BIOLOGICAL ENGINEERING AND COMPUTING, 14., 2016. **Anais...** Cham: springer, 2016. p. 145–150.
- ANDRADE, F. W. G. d. **Mineração de textos**: identificando tendências no mercado de ações por meio dos sentimentos extraídos de notícias publicadas na internet. 2018. 105 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Informação e Gestão do Conhecimento) — Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- ARAÚJO *et al.* Vídeos simuladores de autocuidado em lesão medular: Conceção e produção de um protótipo. **Revista de Enfermagem Referência**, Unidade de Investigação em Ciências da Saúde-Enfermagem, n. 8, p. 93–101, 2016.
- ARAUJO, T. A. C. *et al.* Android accessible m-learning application for people with hearing and physical disabilities. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMAN-COMPUTER INTERACTION, 2016. **Anais...** Cham: Springer, 2016.
- ASQUE, C. T. *et al.* Cursor navigation using haptics for motion-impaired computer users. In: HAPTICS: PERCEPTION, DEVICES, MOBILITY, AND COMMUNICATION, 2012, Berlin. **Anais...** Berlin: Springer, 2012. p. 13–24.
- ASSOCIATION, A. S. I. **American Spinal Injury Association**. 2017. Disponível em: <<https://asia-spinalinjury.org/>>. Acesso em: 25 nov. 2017.
- BATACHARIA, B. *et al.* Converse: a conversational companion. In: MACHINE CONVERSATIONS, 20., 2009, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Springer, 2009. p. 205–215.
- BELLIFEMINE, F. L.; CAIRE, G.; GREENWOOD, D. **Developing multi-agent systems with JADE**. 7. ed. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2007.
- BIRD, S.; KLEIN, E.; LOPER, E. **Natural language processing with Python**: analyzing text with the natural language toolkit. [S.l.]: O’Reilly Media, Inc., 2009.
- BRASIL, M. da saúde do. **Diretrizes de Atenção à Pessoa com Lesão Medular**. 2017. Disponível em: <https://http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/diretrizes_atencao_pessoa_lesao_medular_2ed.pdf>. Acesso em: 12 fev. 2016.
- BROOKE, J. Sus: a retrospective. **Journal of usability studies**, v. 8, n. 2, p. 29–40, 2013.

- BROOKE, J. *et al.* Sus-a quick and dirty usability scale. **Usability evaluation in industry**, v. 189, n. 194, p. 4–7, 1996.
- CAMARGO, L. S. de A.; FAZANI, A. J. Explorando o design participativo como prática de desenvolvimento de sistemas de informação. **Revista De Ciência Da Informação E Documentação**, v. 5, n. 1, p. 138–150, 2014.
- CAMBRIA, E.; WHITE, B. Jumping nlp curves: A review of natural language processing research. **IEEE Computational intelligence magazine**, v. 9, n. 2, p. 48–57, 2014.
- CARNEIRO, M. L. F.; SILVEIRA, M. S. Objetos de aprendizagem como elementos facilitadores na educação a distância. **Educar em Revista**, Curitiba, n. 4, p. 235–260, 2014.
- CARVALHO, Z. M. F. *et al.* Avaliação da funcionalidade de pessoas com lesão medular para atividades da vida diária. **Aquichan**, v. 14, n. 2, p. 148–158, 2014.
- CASTRO, E. **HTML for the world wide web**. 5. ed. Berkeley: Peachpit Press, 2003.
- CASTRO, J. I.; TAVARES, J. M. R. da S. Princípios relacionados com a ergonomia de sistemas multimédia: uma sistematização possível. In: ENCONTRO NACIONAL DE VISUALIZAÇÃO CIENTÍFICA, 2005. **Anais...** porto, 2005.
- CLARK, H.; BRENNAN *et al.* Grounding in communication: perspectives on socially shared cognition. **American Psychological Association**, Washington, n. 13, p. 127–149, 1991.
- COLLINGER, J. L. *et al.* Functional priorities, assistive technology, and brain-computer interfaces after spinal cord injury. **Journal of rehabilitation research and development**, v. 50, n. 2, p. 145, 2013.
- DEVEDŽIC, V. **Semantic web and education**. 12. ed. Chan: Springer Science & Business Media, 2006.
- DIALOGFLOW. **Dialog Flow chatbot agents**. 2019. Disponível em: <<https://dialogflow.com/docs/intro/agents>>. Acesso em: 15 jun. 2019.
- DIAS, C. **Usabilidade na web: criando portais mais acessíveis**. [S.l.]: Alta Books, 2007.
- DOURISH, P. **Where the action is: the foundations of embodied interaction**. [S.l.]: MIT press, 2004.
- DUTRA, R. L. d. S.; TAROUCO, L. M. R. Objetos de aprendizagem: uma comparação entre scorm e ims learning design. **revista novas tecnologias na educação**, Porto Alegre, v. 4, n. 1, 2006.
- ERICSSON, K. A.; SIMON, H. A. **Protocol analysis: verbal reports as data**. [S.l.]: the MIT Press, 1984.
- FØLSTAD, A. *et al.* Sig: chatbots for social good. In: CONFERENCE ON HUMAN FACTORS IN COMPUTING SYSTEMS, 2018, Montreal. **Anais...** Montreal: ACM, 2018.
- FRANKLIN, S.; GRAESSER, A. Is it an agent, or just a program?: A taxonomy for autonomous agents. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON AGENT THEORIES, ARCHITECTURES, AND LANGUAGES, 1996, Heidelberg. **Anais...** Heidelberg: Springer, 1996. p. 21–35.

FRIGO, L. B.; POZZEBON, E.; BITTENCOURT, G. O papel dos agentes inteligentes nos sistemas tutores inteligentes. In: WORLD CONGRESS ON ENGINEERING AND TECHNOLOGY EDUCATION, 15., 2004, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2004. p. 86.

GALITSKY, B. **Developing Enterprise Chatbots**. [S.l.]: Springer, 2019.

GOMES, E. R. **Objetos Inteligentes de Aprendizagem**: uma abordagem baseada em agentes para objetos de aprendizagem. 2005. 99 f. Dissertação (Programa de pós-graduação em computação) — Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

GORLA, J. I. *et al.* Validação da bateria beck de testes de habilidades para atletas brasileiros de rugby em cadeira de rodas. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, v. 25, n. 3, p. 473–486, 2011.

HARIYANTI, T.; AIDA, S.; KAMEDA, H. Samawa language part of speech tagging with probabilistic approach: Comparison of unigram, hmm and tnt models. **Journal of Physics: Conference Series**, v. 1235, n. 1, p. 120–130, 2019.

HASAN, F. M.; UZZAMAN, N.; KHAN, M. Comparison of different pos tagging techniques (n-gram, hmm and brill's tagger) for bangla. **Advances and innovations in systems, computing sciences and software engineering**, p. 121–126, 2007.

HAVIV, L. *et al.* Using a sniff controller to self-trigger abdominal functional electrical stimulation for assisted coughing following cervical spinal cord lesions. **IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering**, v. 25, n. 9, p. 1461–1471, 2017.

JÄÄSKELÄINEN, R. Think-aloud protocol. **Handbook of translation studies**, v. 1, p. 371–374, 2010.

JAIMES, A.; SEBE, N. Multimodal human–computer interaction: A survey. **Computer vision and image understanding**, v. 108, n. 2, p. 116–134, 2007.

JASPERS, M. W. *et al.* The think aloud method: a guide to user interface design. **International journal of medical informatics**, v. 73, n. 12, p. 781–795, 2004.

KIM, J. *et al.* Qualitative assessment of tongue drive system by people with high-level spinal cord injury. **Journal of rehabilitation research and development**, v. 51, n. 3, p. 451, 2014.

LEE, B.; CRIPPS, R.; FITZHARRIS, M.; WING, P. The global map for traumatic spinal cord injury epidemiology: update 2011, global incidence rate. **Spinal cord**, v. 52, n. 2, p. 110, 2014.

LIDDY, E. D. Natural language processing. In: _____. **Encyclopedia of Library and Information Science**. 2. ed. New York: Marcel Decker, Inc., 2001.

LIN, Y. *et al.* Syntactic annotations for the google books ngram corpus. **ACL 2012 system demonstrations**, p. 169–174, 2012.

LITTLEJOHN, A. Issues in reusing online resources. **Reusing online resources**, London, p. 19–24, 2003.

LOURENÇO, M. L. A demonstração com informática aplicada à educação. **Bolema-Boletim de Educação Matemática**, v. 15, n. 18, p. 100–111, 2002.

LUCAS, R. **Engenharia cognitiva?! 2014**. Disponível em: <<https://fatorinterativo.wordpress.com/2014/03/17/engenharia-cognitiva/>>. Acesso em: 17 jun. 2019.

MACEDO, C. M. S. d. **Diretrizes para criação de objetos de aprendizagem acessíveis**. 217 f. Tese (Doutorado em engenharia e gestão do conhecimento) — Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

MARCHI, J. A.; SILVA, R. H. d.; MAI, L. D. O cuidado domiciliar a indivíduo com tetraplegia: um relato de experiência. **Ciência, Cuidado e Saúde**, v. 11, n. 1, p. 202–209, 2012.

MARQUES, A. B.; CONTE, T.; BARBOSA, S. D. J. Representing the interaction and navigation of interactive systems through a usability-oriented model: A feasibility study. In: BRAZILIAN SYMPOSIUM ON HUMAN FACTORS IN COMPUTING SYSTEMS, 15., 2016, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ACM, 2016. p. 15.

MENDES, K. D. S.; SILVEIRA, R. C. d. C. P.; GALVÃO, C. M. Revisão integrativa: método de pesquisa para a incorporação de evidências na saúde e na enfermagem. **Texto & contexto enfermagem**, v. 17, n. 4, p. 758–764, 2008.

MIDDENDORP, J. V. *et al.* Eye-tracking computer systems for inpatients with tetraplegia: findings from a feasibility study. **Spinal cord**, v. 53, n. 3, p. 221, 2015.

MONK, A. Common ground in electronically mediated communication: Clark's theory of language use. **HCI models, theories, and frameworks: Toward a multidisciplinary science**, p. 265–289, 2003.

MOREIRA, M. B.; CONFORTO, D. Objetos de aprendizagem: Discutindo a acessibilidade e a usabilidade. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 22., Aracajú. **Anais...** Aracajú: SBIE, 2011. v. 1, n. 1.

NIELSEN, J. **Usability engineering**. Mountain View: Ap Professional, 1994.

NORMAN, D. A.; DRAPER, S. W. **User centered system design: New perspectives on human-computer interaction**. New York: CRC Press, 1986.

NORMAN, D. A. *et al.* **The psychology of everyday things**. 5. ed. New York: Basic books, 1988.

OLIVEIRA, F. C. *et al.* It education strategies for the deaf. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENTERPRISE INFORMATION SYSTEMS, 18., 2016. **Anais...** [S.l.], 2016. p. 473–482.

OLIVEIRA, F. C. D. M. B. **Enabling the blind to see gestures**. 2010. 330 f. Tese (Doctor of philosophy in computer science) — Virginia Tech, blacksburg, 2010.

PEREIRA, O. R. E.; RODRIGUES, J. J. Survey and analysis of current mobile learning applications and technologies. **ACM Computing Surveys**, v. 46, n. 2, p. 27, 2013.

RODRIGUES, M. P. C.; ARAUJO, T. C. C. F. de. Internet como suporte à pessoa com lesão medular: padrões de uso e reabilitação. **Paidéia (Ribeirão Preto)**, v. 22, n. 53, p. 413–421, 2012.

ROJAS, E. M. *et al.* Multi-agent system model for diagnosis of personality types. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON AGENTS AND MULTI-AGENT SYSTEMS: TECHNOLOGIES AND APPLICATIONS, 12., 2018, Gold Coast. **Anais...** Gold Coast: Springer, 2018. v. 96, p. 209.

SAURO, J. **A practical guide to the system usability scale: background, benchmarks & best practices.** [S.l.]: Measuring Usability LLC, 2011.

SHAPIRO, S. S.; FRANCIA, R. An approximate analysis of variance test for normality. **Journal of the American Statistical Association**, v. 67, n. 337, p. 215–216, 1972.

SHAWAR, B. A.; ATWELL, E. Chatbots: are they really useful? **Lvd Forum**, v. 22, n. 1, p. 29–49, 2007.

SHRIVASTAVA, M.; BHATTACHARYYA, P. Hindi pos tagger using naive stemming: harnessing morphological information without extensive linguistic knowledge. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON NLP (ICON08), 6., 2018, Pune. **Anais...** Pune: Pune University.

SHUM, H.-Y.; HE, X.-d.; LI, D. From eliza to xiaoice: challenges and opportunities with social chatbots. **Frontiers of Information Technology & Electronic Engineering**, v. 19, n. 1, p. 10–26, 2018.

SILVA, R. d. A. *et al.* Analysis of risk factors sociodemographic for the functional dependence of adults with spinal cord injury. **Journal of Biomedical Science and Engineering**, v. 8, n. 04, p. 287, 2015.

SIMÃO, J. P. S. *et al.* Inovação educativa e usabilidade em ambientes virtuais de aprendizagem. **Revista Tecnologias na Educação**, v. 21, p. 1–12, 2017.

SOARES, C. B.; HOGA *et al.* Revisão integrativa: conceitos e métodos utilizados na enfermagem. **Revista da Escola de Enfermagem da USP**, v. 48, n. 2, p. 335–345, 2014.

SOARES, M.; OLIVEIRA, F. Problemas de usabilidade de pessoas com tetraplegia em plataforma ead. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE FATORES HUMANOS E SISTEMAS COMPUTACIONAIS, 17., 2017, Joinvile. **Anais...** Joinvile: Springer, 2017.

STERIADIS, C. E.; CONSTANTINOU, P. Designing human-computer interfaces for quadriplegic people. **ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)**, ACM, v. 10, n. 2, p. 87–118, 2003.

SYSTEMS, N. S. C. I. C. **Spinal Cord Injury Facts and Figures at a Glance.** 2017. Disponível em: <<https://www.nscisc.uab.edu/Public/Facts/%202016.pdf>>. Acesso em: 17 fev. 2017.

TORRECILHA, L. A. *et al.* O perfil da sexualidade em homens com lesão medular. **Fisioterapia em Movimento**, p. 39–48, 2014.

TURBAN, E. *et al.* **Tecnologia da Informação para Gestão: Transformando os negócios na economia digital.** [S.l.]: Bookman, 2010.

URSI, E. S.; GAVÃO, C. M. Prevenção de lesões de pele no perioperatório: revisão integrativa da literatura. **Revista Latino-Americana de Enfermagem**, v. 14, n. 1, p. 124–131, 2006.

VALIDATELY. **Learn from Users. Collaborate with Teammates.** 2017. Disponível em: <<https://validatey.com/>>. Acesso em: 16 mar. 2017.

VYGOTSKY, L. S. **Mind and society: The development of higher mental processes.** Cambridge: Harvard University Press, 1978.

WADE, S. E.; BUXTON, W. M.; KELLY, M. Using think-alouds to examine reader-text interest. **Reading Research Quarterly**, v. 34, n. 2, p. 194–216, 1999.

WADSWORTH, B. M.; HAINES, T. P.; CORNWELL, P. L.; RODWELL, L. T.; PARATZ, J. D. Abdominal binder improves lung volumes and voice in people with tetraplegic spinal cord injury. **Archives of physical medicine and rehabilitation**, v. 93, n. 12, p. 2189–2197, 2012.

WCAG. **Diretrizes de Acessibilidade para Conteúdo Web**. 2018. Disponível em: <<http://www.w3c.br/traducoes/wcag/wcag21-pt-BR/#meaningful-sequence>>. Acesso em: 18 ago. 2019.

WHITTEMORE, R.; KNAFL, K. The integrative review: updated methodology. **Journal of advanced nursing**, v. 52, n. 5, p. 546–553, 2005.

WIAK, S.; SZUMIGAJ, K. **Distance Learning and Examining Systems: Theory and applications**. [S.l.]: Lodz University of technology Publishing House, 2013.

WILCOXON, F.; KATTI, S.; WILCOX, R. A. Critical values and probability levels for the wilcoxon rank sum test and the wilcoxon signed rank test. **Selected tables in mathematical statistics**, v. 1, p. 171–259, 1970.

WILEY, D. A. *et al.* Connecting learning objects to instructional design theory: A definition, a metaphor, and a taxonomy. **The instructional use of learning objects**, v. 2830, n. 435, p. 1–35, 2000.

WOOLDRIDGE, M. **An introduction to multiagent systems**. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2009.

YANG, S. C. Reconceptualizing think-aloud methodology: Refining the encoding and categorizing techniques via contextualized perspectives. **Computers in Human Behavior**, v. 19, n. 1, p. 95–115, 2003.

YOUNG, T.; HAZARIKA, D.; PORIA, S.; CAMBRIA, E. Recent trends in deep learning based natural language processing. **Computational intelligence magazine**, v. 13, n. 3, p. 55–75, 2018.

APÊNDICE

APÊNDICE A – Entidades dos objetos endereçáveis pelo discurso

Entidades dos objetos endereçáveis pelo discurso

Ação Pagina

clique	clica, clicar, click, clique
descrição	descreva, descreve, descrição
leitura	diga, fale, leia, leitura, ler, narre

Botões

Enviar e ir para próxima	Encerrar, Enviar e ir para próxima, Submeter, enviar, enviar e ir para próxima
Finalizar e ver nota	Finalizar e ver nota, acaba, acabar, finaliza, finalizar, finalize, ver nota, visualizar nota
Voltar	Voltar, volta, voltar, volte
ok	botão ok, ok
recomeçar	botão recomeçar, recomeçar
seguinte	botão próximo, botão seguinte, seguinte
todas as paginas	Todas as páginas, todas as paginas, todas as páginas
ver respostas	botão ver respostas, ver respostas
verificar	Botão Verificar Resposta, Verificar Resposta, verificar resposta

Enunciado

enunciado	Enunciado, enunciado
enunciado 1	Enunciado 1, Enunciado um, enunciado 1, enunciado um
enunciado 2	Enunciado 2, Enunciado dois, enunciado 2, enunciado dois
enunciado 3	Enunciado 3, Enunciado três, enunciado 3, enunciado três
Click here to edit entry	

Localização

abaixo	abaixo, baixo, debaixo, para baixo
acima	acima, alto, cima, de cima, em cima
anterior	antecedente, antepositivo, anterior, precedente, predecessor, progresso, preliminar, primeiro, prévio, última
aquele	aquela, aquelas, aquele, aqueles
este	esta, estas, este, estes
proxima	posterior, proxima, proximo, próxima, próximo, seguinte, sucessor, sucessora
seguinte	Seguinte, que segue, seguinte
tópico	tópico
último	ultima, ultimo, última, último

Navegação

abra	abra
abrir	abra, abre, abrir, acionar
clique	acionar, apertar, ativar, clicar, click, clique, ligar
deslocamento	avance, avançar, deslocar, ir, passa, passar, passe, retorna, retornar, retorne, retroceder, va, vai, volta, voltar, volte, vá
fechar	desligar, fechar, finalizar
navegacao	navegacao, navegar, navegação, navegue
seguinte	seguinte
va	va, vá

Parágrafo

paragrafo 1	bloco de texto 1, paragrafo 1, primeiro bloco de texto, primeiro paragrafo
paragrafo 10	Décimo bloco de texto, Décimo paragrafo, bloco de texto 10, paragrafo 10
paragrafo 11	bloco de texto 11, décimo primeiro bloco de texto, décimo primeiro paragrafo, paragrafo 11
paragrafo 12	bloco de texto 12, décimo segundo, paragrafo 12
paragrafo 13	bloco de texto 13, décimo terceiro bloco de texto, décimo terceiro paragrafo, paragrafo 13
paragrafo 14	bloco de texto 14, décimo quarto bloco de texto, décimo quarto paragrafo, paragrafo 14
paragrafo 15	bloco de texto 15, décimo quinto bloco de texto, décimo quinto paragrafo, paragrafo 15
paragrafo 2	bloco de texto 2, paragrafo 2, parágrafo 2, segundo bloco de texto, segundo paragrafo
paragrafo 3	Terceiro bloco de texto, Terceiro paragrafo, bloco de texto 3, paragrafo 3
paragrafo 4	bloco de texto 4, paragrafo 4, quarto bloco de texto, quarto paragrafo
paragrafo 5	bloco de texto 5, paragrafo 5, quinto bloco de texto, quinto paragrafo
paragrafo 6	bloco de texto 6, paragrafo 6, sexto bloco de texto, sexto paragrafo
paragrafo 7	bloco de texto 7, paragrafo 7, sétimo bloco de texto, sétimo paragrafo
paragrafo 8	bloco de texto 8, oitavo bloco de texto, oitavo paragrafo, paragrafo 8
paragrafo 9	bloco de texto 9, nono bloco de texto, nono paragrafo, paragrafo 9
paragrafo referencia	esse paragrafo, este paragrafo, paragrafo anterior, proximo paragrafo, ultimo paragrafo

Quiz

escolha	escolha, escolher
ler	Ler, leia, leitura, ler
marcar	marcar, marcação, marque
responder	responda, responder, resposta
selecionar	seleciona, selecionar, selecione

alt-a	Item a, Opção a, alt-a, alternativa A, alternativa a, e tem a, e tenha, item a, letra a, opção A, opção a, resposta a
alt-b	B, Item b, Letra B, Opção b, alt-b, alternativa AB, alternativa b, e tem b, item b, letra B, letra b, opção B, opção b, resposta b
alt-c	C, ITC, Item c, Opção c, alt-c, alternativa C, alternativa c, item c, letra c, opção C, opção c, opção se, resposta c
alt-d	D, Item d, Opção d, alt-d, alternativa D, alternativa d, alternativa de, de, e tem dê, item d, item de, letra d, opção d, opção de, resposta d

Video

clipe	Clipe, Videoclipe, clipe, clipe de video, video clipe, video-clipe
filme	Filme, film, filme
video	Video, video, vídeo
avanzar	avance, avança, avançar, avanço
mute	mutar, mute, retirar som, retirar áudio, silenciar, silencie
pause	congela, congelar, congele, interrompa, interrompe, interromper, para, parar, pare, pausa, pausar, pause
play	comece, começa, começar, executa, executar, execute, inicia, iniciar, inicie, início, play, reproduz, reproduza, reproduzir, rodar, run, start, startar, toca, tocar, toque
reiniciar	reinicia, reiniciar, reinicie
som	aumentar som, colocar som, reativar som, sound, voltar som
tela-cheia	Fullscreen, Tela Cheia, ampliar, aumentar, full, fullscreen, tela cheia, tela inteira, tela-cheia
voltar video	retroceda, retroceder, voltar video, volte vídeo

ANEXO

ANEXO A – SUS

1. Eu gostaria de usar este sistema com frequência.
2. O sistema é desnecessariamente complexo.
3. O sistema foi fácil de usar.
4. Eu acho que eu iria precisar de ajuda técnica de alguém para ser capaz de usar este sistema.
5. As diversas funções deste sistema são bem integradas.
6. Existem muitas coisas despadronizadas no sistema.
7. Muitas pessoas aprenderiam usar rapidamente o sistema.
8. O sistema é muito complicado de usar.
9. Eu me senti muito confiante com o sistema.
10. É preciso aprender muitas coisas antes usar o sistema.