

Extensão de Navegador Web usando Motor de Tradução Automática de Alta Escala para Promover Acessibilidade Online de Pessoas Surdas

José Herbert M. da Silva Filho

Universidade Federal de Alagoas - Campus Arapiraca
Núcleo de Ciências Exatas (NCEx)
Arapiraca-AL, Brasil
herbert1312@gmail.com

Gabriel Ângelo N. Barbosa

Universidade Federal de Alagoas - Campus Arapiraca
Núcleo de Ciências Exatas (NCEx)
Arapiraca-AL, Brasil
gabriel.angelo14@gmail.com

Damares da S. Cavalcante

Universidade Federal de Alagoas - Campus Arapiraca
Núcleo de Ciências Exatas (NCEx)
Arapiraca-AL, Brasil
damaresscavalcante@gmail.com

m

Danilo V. Barbosa da Costa

Universidade Federal de Alagoas
Instituto de Computação
Maceió - AL, Brasil
danilovictor@ic.ufal.br

Patrick H. S. Brito

Universidade Federal de Alagoas
Instituto de Computação
Maceió - AL, Brasil
patrick@ic.ufal.br

RESUMO

Segundo o censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), de 2010, há no Brasil cerca de 9.7 milhões de pessoas que têm deficiência auditiva. Ao analisar estes dados, é possível perceber que uma parcela expressiva da população enfrenta a barreira da comunicação diariamente. Especificamente no caso de pessoas surdas, uma consequência direta de não utilizar o canal oral-auditivo de comunicação é a exclusão sócio-digital decorrente da dificuldade de interação. Contudo, devido à sua abrangência, a Web tem potencial para apoiar a interação entre surdos e ouvintes. Porém, da maneira como ela se apresenta hoje, baseada em línguas fonéticas, não consegue atingir a todos os cidadãos, criando, assim, uma classe de excluídos tecnológicos. Assim, este trabalho apresenta uma extensão de navegador da Web para acessibilidade on-line de pessoas surdas usando um mecanismo de tradução automático de alta escala. A solução apresentada foi avaliada de forma qualitativa, através de uma pesquisa semiestruturada com intérpretes da Libras. Os resultados preliminares mostram um grande potencial de uso da extensão desenvolvida, tanto no cotidiano da pessoa surda, quanto em sala de aula.

ABSTRACT

According to the 2010 Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE) census, there are about 9.7 million people who have hearing impairment in Brazil. When analyzing these data, it is possible to notice that an expressive amount of the population faces the communication barrier daily. Especially in the case of deaf people, a direct consequence of not using the oral-auditory communication channel is the resulting social-digital exclusion due to the difficulty of interaction. However, because of its broadness, the Web has the potential to support the interaction between the deaf and the hearing. However, the way it presents itself today, based on phonetic languages, can not reach all citizens, thus creating a class excluded from technology. Thus, this paper presents a web browser extension for online accessibility of deaf people using a high-scale automatic translation mechanism. The presented solution was evaluated in a qualitative way, through a semistructured survey with Brazilian sign language interpreters. Preliminary results show a great potential to use the developed extension, both in the deaf person's daily life and in the classroom.

Author Keywords

Acessibilidade; Tradução Automática; Inclusão da Pessoa Surda; LIBRAS.

ACM Classification Keywords

K.3.1 [Computers and Education]: Computer Uses in Education.

The author(s) retain copyright, but ACM receives an exclusive publication license.

Each submission will be assigned a DOI string to be included here.

INTRODUÇÃO

Segundo a OMS (Organização Mundial da Saúde)¹, com dados de 2011, há no mundo mais de 1 bilhão de pessoas que convivem com um tipo de deficiência. No Brasil, 23.9% dos 190 milhões de brasileiros, apresentam um tipo de deficiência ou incapacidade. Entre estes, 9.7 milhões, de acordo com o IBGE², possuem alguma deficiência auditiva. A surdez dificulta consideravelmente a interação social, uma vez que inibe a pessoa de se comunicar através da via oral-auditiva. Assim, a língua predominante da pessoa surda é a língua de sinais, tendo a língua escrita como segunda língua [26].

Uma consequência direta de não utilizar o canal oral-auditivo de comunicação é a exclusão sócio-digital decorrente da dificuldade de interação. Um questionamento comum nesse sentido é por que um surdo teria dificuldade em compreender textos na língua escrita, já que sua deficiência é auditiva e não existe nada que interfira na sua visão. Através dos estudos realizados sobre as línguas de sinais, pode-se perceber que a resposta para esse questionamento está não apenas na divergência entre as gramáticas das duas línguas, mas principalmente na natureza auditiva das línguas escritas, o que acaba vinculando a audição ao processo de aprendizagem da língua [23].

Devido à sua abrangência, uma tecnologia potencial para apoiar a interação entre surdos e ouvintes é a Web, que pode desempenhar o papel de interface entre o conteúdo da Internet e o usuário surdo. Porém, da maneira como ela se apresenta hoje, baseada em línguas fonéticas, não consegue atingir a todos os cidadãos, criando, assim, uma classe de excluídos tecnológicos. É importante ressaltar que a realidade em questão se torna ainda mais crítica quando levamos em consideração os usuários surdos. Desta maneira, o ambiente Web se torna hostil para essa classe de usuários, fato este que motiva a criação de uma interface gráfica adaptada ao surdo, com foco na língua de sinais. No caso da comunidade surda brasileira, é adotada a Língua Brasileira de Sinais (Libras).

Para evidenciar o problema de exclusão enfrentado pela comunidade surda, tomemos como exemplo a Educação a Distância (EaD), bastante difundida nos últimos anos. Apesar do potencial inclusivo dessa modalidade de ensino, segundo pesquisa publicada no Portal Universia [18], a EaD

ainda não consegue incluir as pessoas com surdez, apresentando evasão de mais de 90% dos alunos surdos. Graças às diferenças linguísticas das línguas de sinais e escrita e à falta de fluência dos alunos surdos, para a pessoa surda, é bastante extenuante a tarefa de ler e interpretar textos longos. Apesar desta pesquisa ser antiga, ainda não é possível ver esforços suficientes para contornar esta situação, mas, algumas propostas já foram lançadas e serão apresentadas na Seção 3 sobre Trabalhos Relacionados.

Quanto às diferenças linguísticas, é importante ressaltar que segundo Ronice Quadros [26], o contexto bilíngue do surdo no Brasil configura-se diante da coexistência da Libras e da língua portuguesa. Neste caso, não basta apenas decidir se uma ou outra língua passará a fazer parte do contexto educacional e sim, tornar possível a coexistência das duas línguas, atentando para as diferentes funções que estas apresentam no dia-a-dia da pessoa surda que está se formando. A língua portuguesa deve sempre ser vista como a segunda língua da comunidade surda, tendo a Libras o papel de língua base para a aquisição da modalidade escrita de uma segunda língua. Desta forma, é natural que o surdo esteja mais propenso a absorver informações vindas através do canal viso-gestual, da LIBRAS.

Tendo em vista a problemática apresentada, neste trabalho, é proposta a integração do tradutor automático Falibras, desenvolvido na Universidade Federal de Alagoas (UFAL), com uma extensão para navegadores da Web tais como: Google Chrome, Mozilla Firefox, Opera, entre outros; com a finalidade de inclusão e educação da pessoa surda. Nesse contexto, pretende-se atingir plenamente o princípio da acessibilidade na Web, tendo em vista que para o *World Wide Web Consortium* (W3C), “acessibilidade na Web é permitir que qualquer indivíduo, utilizando qualquer tecnologia de navegação, visite qualquer sítio e obtenha completo entendimento das informações contidas nele, além de ter total habilidade de interação”, [28].

Desse modo, o principal objetivo deste trabalho é prover maior acessibilidade para o contato do surdo com o meio digital, mais especificamente, o que diz respeito à navegação na Internet e os conteúdos mostrados em diversas páginas da Web. Como consequência dessa maior inclusão, acredita-se no grande potencial da ferramenta no processo de ensino e aprendizagem de línguas escritas como segunda língua para a pessoa surda, além de favorecer a prática e aquisição de Libras para o ouvinte.

Ademais, ao longo do artigo relata-se a importância da interação dos surdos com o tradutor automático, como forma de incentivar a prática de interlíngua, importante no

¹<http://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/deafness-and-hearing-loss>, acessado em: 18 de Setembro de 2018.

²<https://censo2010.ibge.gov.br>, acesso em 24 de Setembro de 2018.

processo de ensino e aprendizagem de uma segunda língua [22].

A solução apresentada foi avaliada de forma qualitativa, através de uma pesquisa semiestruturada com intérpretes da Libras. Foram avaliados aspectos de usabilidade e acessibilidade da ferramenta e da qualidade do sinal apresentado. Os resultados preliminares mostram um grande potencial de uso da extensão desenvolvida, tanto na execução de atividades do cotidiano da pessoa surda, quanto para uso em sala de aula para educação de pessoas surdas e de pessoas ouvintes. Além dos resultados, a pesquisa semiestruturada gerou *feedbacks* importantes, que foram devidamente catalogados para melhorias futuras.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

ACESSIBILIDADE

Segundo O PNAD-C (Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua) realizado pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) em 2016 e divulgado pela primeira vez em fevereiro de 2018, com o suplemento das TICs (Tecnologias da Informação e Comunicação), o Brasil encerrou 2016 com 64,7% da população acima de 10 anos conectadas à Internet, o que equivale a cerca de 116 milhões de pessoas. Como consequência do crescimento do uso da Internet, necessidades constantes de adequação surgem a todo momento, e a acessibilidade nesse contexto é imprescindível para garantir o uso democrático e universal da Internet e de todos os recursos proporcionados.

Um conceito fundamental no contexto do presente trabalho é a acessibilidade. Trata-se de um processo dinâmico, associado não só ao desenvolvimento tecnológico, mas principalmente ao desenvolvimento da sociedade [7], ou seja, a acessibilidade deve ser vista como mecanismo de acesso a todos os âmbitos sociais, inclusive a Internet.

Sendo assim, arrisca-se adentrar numa vertente mais restrita a respeito da acessibilidade, sendo essa a acessibilidade na Web. Este é um assunto pouco conhecido, porém que merece atenção, dada a importância da Web nas interações sociais vigentes atualmente. Pode-se dizer que acessibilidade na Web significa um ambiente moldado para que pessoas com diferentes dificuldades de comunicação ou deficiências possam utilizar a Web de forma efetiva. Esse conceito de acessibilidade é também conhecido como acesso universal.

Desse modo, o computador e a Internet se apresentam como uma grande evolução no que diz respeito à inclusão da pessoa surda, tendo em vista a impulsão da autonomia e da independência que estes trazem ao usuário. De acordo com a W3C, “quanto mais sites e programas acessíveis

estiverem disponíveis, mais efetivamente pessoas com deficiência poderão usar e contribuir com a *Web*”, [7].

Nesse contexto, o Modelo de Acessibilidade em Governo Eletrônico (eMAG)³ considerar a surdez como uma diferença não rigorosa o bastante a ponto de se tornar uma barreira para o uso da Internet. Porém, a forma de constatação das limitações proposta por esse modelo não considera a barreira linguística existente entre as línguas de sinais e escrita. Por exemplo, o eMAG sugere como prática para avaliação das dificuldades, o uso computador sem áudio, não identificando impedimentos de acessibilidade que dificultam o acesso aos seus conteúdos, por parte das pessoas surdas.

A bem da verdade, a comunidade surda não deve ser excluída do acesso a conteúdos da Web. Desse modo, tomando como princípio o conceito de *Design for All*⁴, no que se refere a produzir produtos ou serviços para todos, notou-se que uma extensão de navegador da Web para acessibilidade on-line de pessoas surdas usando um mecanismo de tradução automático de alta escala surge como ferramenta essencial para promoção da universalidade na Web. Dessa forma, a Web passaria a incluir membros da comunidade surda, ou seja, todos que se identificam como membros desse grupo cultural e linguístico, independente do grau da surdez.

TRADUÇÃO AUTOMÁTICA

Quando tratamos de tradução, quer seja automática ou feita pelo ser humano, deve-se levar em conta critérios que garantem a qualidade do resultado final. A seguir estão elencados pontos importantes que devem ser considerados no momento da tradução e que podem contribuir para um melhor resultado. O primeiro é que, segundo Campos[12], não se traduz de uma língua para outra, mas sim de uma cultura para outra. Dessa forma, no momento de traduzir um determinado trecho em uma língua de origem para uma língua de destino, o tradutor deve entregar algo o mais parecido possível com a semântica cultural apresentada pelo trecho na língua de origem. Outro ponto importante é o domínio das estruturas gramaticais que compõem as duas línguas, para que o tradutor passe a mensagem de maneira apropriada para a língua-alvo. Jakobson [27], afirma que existem três tipos de tradução: intralingual, interlingual e intersemiótica. A tradução intralingual se dá na substituição de signos verbais por outros equivalentes dentro da mesma

³ <http://emag.governoeletronico.gov.br/>, acesso em 22 de Setembro de 2018.

⁴ <http://designforall.org/>, acesso em 22 de Setembro de 2018.

língua. A interlingual ocorre envolvendo duas ou mais línguas diferentes, substituindo signos linguísticos da língua de origem por signos equivalentes na língua de chegada. Já a abordagem intersemiótica consiste na interpretação de um determinado sistema de signos verbais para outro sistema distinto, onde não apresenta uma equivalência sintática. Este é o caso predominante no processo de interpretação entre línguas escritas e línguas de sinais, objeto de estudo do presente trabalho.

O processo de tradução do texto escrito para a linguagem de sinais sem a intervenção de um tradutor humano é um problema típico de tradução automática (MT) que tem sido um assunto de interesse para muitos grupos de pesquisa em todo o mundo nas últimas décadas. Como a linguagem de sinais é uma linguagem visual baseada em movimentos manuais, faciais e corporais, o resultado da tradução é tipicamente representado por um avatar de assinatura, que é um modelo 3D de um ser humano virtual. Considerando as diferentes estratégias de tradução encontradas na literatura, o texto para sistemas de linguagem de sinais pode ser dividido em:

- Sistemas baseados em regras: aqueles que dependem de diferentes níveis de regras de tradução linguística.
- Sistemas baseados em dados (ou baseados em Corpus): aqueles que criam conhecimento computacional a partir de exemplos [7], ou a partir de modelos estatísticos derivados de grandes corpora paralelos bilíngües [17].
- Sistemas híbridos: aqueles que combinam aspectos dos sistemas baseados em regras com a abordagem baseada em dados [16].

TRABALHOS RELACIONADOS

Alguns trabalhos na literatura retratam iniciativas que visam a melhoria da acessibilidade para pessoas surdas. Huenerfauth [23], relata um conjunto de diretrizes de usabilidade em interfaces voltadas para pessoas surdas. As diretrizes apresentadas contemplam inclusive a constituição do avatar 3D. A extensão Web proposta em [20], considerou tais diretrizes em seu projeto gráfico. Em Bueno [4] relata-se três conjuntos de requisitos identificados para a construção de um ambiente voltado para a comunicação de pessoas surdas, tendo em vista necessidades específicas de interface e interação.

Efthimiou e Fotinea [8], apresentam iniciativas de acessibilidade voltadas ao ambiente educacional. Tais iniciativas são valiosas e complementares ao trabalho

apresentado aqui, que possui um foco mais geral e envolve uma solução voltada a tornar acessível todo o conteúdo da Web. Há também o trabalho de Bueno e García [3] que conduz uma pesquisa sobre o letramento bilíngüe de crianças surdos, e apresenta como resultados a descrição dos perfis de usuário e os requisitos para a construção para o ambiente para pessoas surdas. Já os trabalhos Rocha et al. [5] e Reinoso e Tavares [21] concentram-se em mostrar ferramentas para apoiar o ensino de pessoas surdas.

Em um contexto voltado à inclusão e inserção do surdo nas redes sociais, Silva et al. [2] integraram o tradutor automático Falibras e o aplicativo de mensagens instantâneas Telegram, com a finalidade de suprir a necessidade de comunicação instantânea entre surdos e ouvintes de forma eficiente e escalável. A extensão Web proposta aqui adota a mesma arquitetura de tradução de Silva et al. [2], mas a integra com diferentes navegadores Web, através da tecnologia Web Extension, ao invés de integrá-lo a uma tecnologia específica.

No contexto da acessibilidade para conteúdo, trabalhos como SensorLibras [14], Falibras [25], Vlibras [11] e outros, caracterizam-se por ostentarem soluções da academia, destinadas a tradução seja da língua oral para a língua gestual ou vice-versa. Com destaque para o Vlibras, que ser utilizado em várias plataformas, como Windows, Linux, Android, IOS e navegadores, possibilitando assim a seleção de textos em websites e gerando traduções por meio de um avatar 3D.

Por outro lado, HandTalk e ProDeaf apresentam soluções comerciais voltadas a tradução da língua oral para a língua gestual, e disponibilizam recursos de sinalização para páginas da Web. Apesar de não cobrar nada do usuário final do sistema, as soluções apresentadas incluem páginas específicas, que são trabalhadas individualmente, de acordo com parcerias realizadas com os sites. Em contrapartida, a solução apresentada no presente artigo é voltada para uma inclusão mais geral, que utiliza tradução automática online, para incluir o surdo a todo o conteúdo da Web.

ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE A VERSÃO ANTIGA E A ATUAL

O trabalho de [24] apresenta uma iniciativa anterior, que integrou o engenho de tradução Falibras ao navegador Web Firefox, denominado Falibras-Web. Apesar das semelhanças com o trabalho atual, algumas diferenças chave precisam ser destacadas. Apesar de utilizar o mesmo engenho de tradução, a integração anterior adota uma outra arquitetura de tradução no lado servidor, que limita consideravelmente o número de traduções simultâneas. A versão atual apresenta uma arquitetura dinâmica, que pode se adaptar a diferentes demandas de tradução. Outra

diferença importante é a tecnologia utilizada na integração com o navegador Web. Enquanto a versão anterior adota uma tecnologia específica, voltada exclusivamente ao navegador Firefox, o presente trabalho adota a tecnologia de Web Extension, compatível com todos os navegadores comerciais da atualidade. As diretrizes e preocupações de usabilidade presentes na primeira versão foram preservadas. A Tabela 1 apresenta um resumo das principais diferenças entre as versões.

Funcionalidade	Versão Atual	Versão Antiga
Portabilidade entre navegadores Web	SIM	NÃO
Conexão com o novo Servidor de Tradução	SIM	NÃO
Adaptada a diferentes demandas de tradução	SIM	NÃO

Tabela 1 . Comparação entre as funcionalidades da versão antiga com a versão atual do software.

EXTENSÃO DE NAVEGADOR WEB PARA ACESSIBILIDADE ONLINE

MODELO CONCEITUAL E DESCRIÇÃO DO SOFTWARE

Para proporcionar uma melhor interação entre o surdo e sua experiência de navegação no contexto da Internet, uma extensão para navegadores da Web foi desenvolvida. Características como fácil instalação e alta capacidade de escalabilidade para várias requisições simultâneas de tradução são responsáveis por motivar o desenvolvimento deste trabalho, uma vez que é executado em um contexto de navegação na Internet, em que todo e qualquer ponto de acesso necessita de um navegador (como Google Chrome, Mozilla Firefox, Opera, etc). O contexto de utilização da Internet é globalizado, abrangendo um público diversificado que necessita do acesso igualitário à ferramentas de tecnologia na Web, seja este público qualquer pessoa com acesso a um computador para uma simples pesquisa na Web ou mais especificamente, para acesso à aplicações voltadas a educação, como ambientes virtuais de aprendizado. Após a instalação da extensão, é

adicionada uma opção de tradução no menu de contexto do navegador (botão direito do mouse).

Assim, o usuário pode visitar uma página *on-line*, selecionar o texto-alvo da tradução e com o botão direito acessar o menu de contexto contendo a opção para iniciar o processo de tradução automática, como apresentado na Figura 1. Uma vez acessado o menu de contexto, um evento de clique é acionado enviando a requisição de tradução ao servidor, carregada com a informação do texto selecionado, a partir daí o servidor processa a requisição recebida de forma que sua resposta seja apenas a animação resultante da tradução, que é exibida em uma janela flutuante totalmente personalizável e responsiva, com a finalidade de não haver obstrução de informações relevantes na página, conforme é mostrado na Figura 3. Além disso, o usuário pode controlar a velocidade da animação para adequá-la ao seu nível de proficiência na língua de sinais. Adicionalmente, é apresentada uma legenda que contém as glosas equivalentes a cada sinal exibido na animação de resposta. Com isso, pode-se verificar que a pessoa surda tem possibilidade de acesso igualitário aos conteúdos no meio digital, seguindo o princípio de *Design for All*⁵, que se refere ao desenvolvimento de produtos e serviços para inclusão e acesso de todos aos meios digitais.

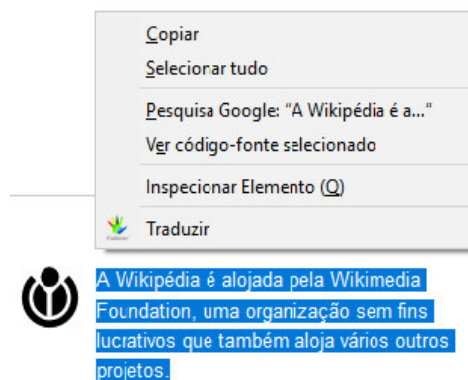


Figura 1. Menu de contexto habilitado a partir da seleção do texto na página.

⁵ <http://designforall.org/>, acesso em: 21 de Setembro de 2018.

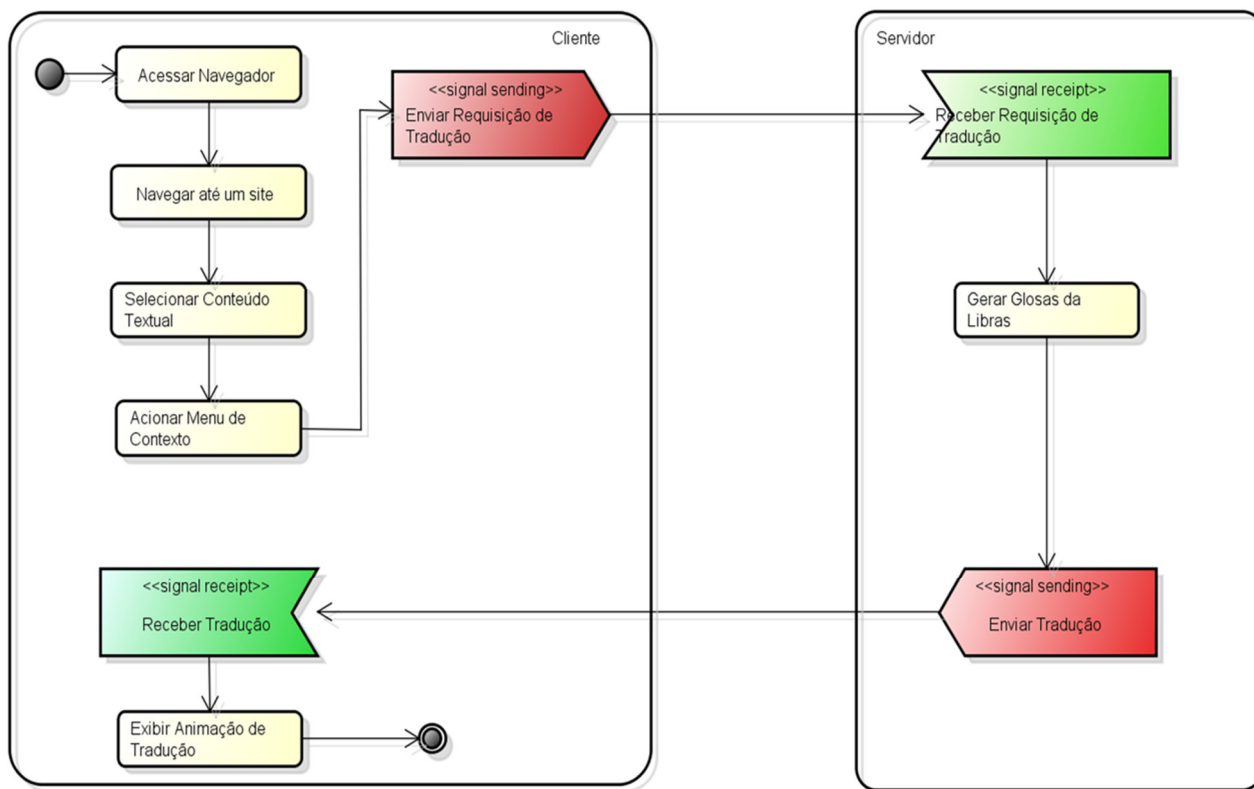


Figura 2. Diagrama de Atividades UML



Figura 3. Janela flutuante de tradução com exemplo de visualização das animações.

A interface da janela flutuante foi concebida e validada por voluntários baseando-se nas estratégias do workshop de requisitos [6] e fantasia direcionada [1]. A principal justificativa para a característica flutuante da janela é a necessidade de deslocar o intérprete virtual, de modo a não cobrir informações úteis do site, tais como imagens e vídeos.

Tendo em vista o foco no funcionamento da extensão, a Figura 2 descreve o conjunto de atividades executadas pelo *software*. Nesse contexto as quatro primeiras etapas do diagrama descrevem o acesso do usuário a ferramenta proposta em que no momento de acesso a um site ativo na web o usuário pode selecionar conteúdo textual presente na página para traduzir utilizando-se do recurso presente no menu de contexto do navegador. Ao realizar tal ato, é enviada uma requisição para o servidor com as informações selecionadas; uma vez recebida pelo servidor serão geradas as glosas da LIBRAS correspondentes às informações passadas, essas por sua vez serão devolvidas ao cliente para a geração da tradução em forma de animação 3D.

MOTOR DE TRADUÇÃO AUTOMÁTICA DE ALTA ESCALA

Servidor de Tradução

O Sistema Falibras tem o foco no processo de tradução da língua de origem – português – para a língua de destino – Libras. A versão atual do módulo Tradutor do Falibras apresenta uma abordagem híbrida para a tradução, que combina o uso da memória de tradução e estratégias baseadas em regras. [13]

A abordagem baseada em regras, permite analisar as frases do ponto de vista sintático e morfológico, sendo possível, uma construção da tradução de forma correspondente à estrutura sintática da língua de origem. Por outro lado, a memória de tradução, permite que a tradução seja baseada em exemplos contendo casos de tradução. Essa base de casos de tradução pode ser construída com as alternativas de traduções fornecidas pelos usuários, onde neste tipo de abordagem, o tradutor passa por um processo de aprendizagem.

No processo de tradução, exibido na Figura 4, com base em um texto de entrada, o servidor aciona o módulo de verificação ortográfica para corrigir os erros ortográficos mais gerais da frase. Em seguida, o analisador sintático é acionado para realizar a identificação de cada componente da frase, passando por uma identificação de artigos, substantivos e demais estruturas sintáticas. Após a estruturação sintática, a frase é encaminhada para o controlador de tradução, que funciona condicionando a frase nos módulos de tradução existentes, iniciando na memória de tradução, com base nos casos de exceção e posteriormente nos exemplos de traduções cotidianas. Quando não há casos de tradução com estrutura sintática análoga, aciona-se a tradução padrão, baseada em regras sintáticas. Finalizada a tradução, a frase passa por uma análise semântica para avaliar as ambiguidades geradas no processo de tradução. A estrutura do texto de saída é chamada de língua de destino, definida como uma saída textual contendo glosas. As glosas são apresentadas na estrutura sintática da língua de sinais [25].

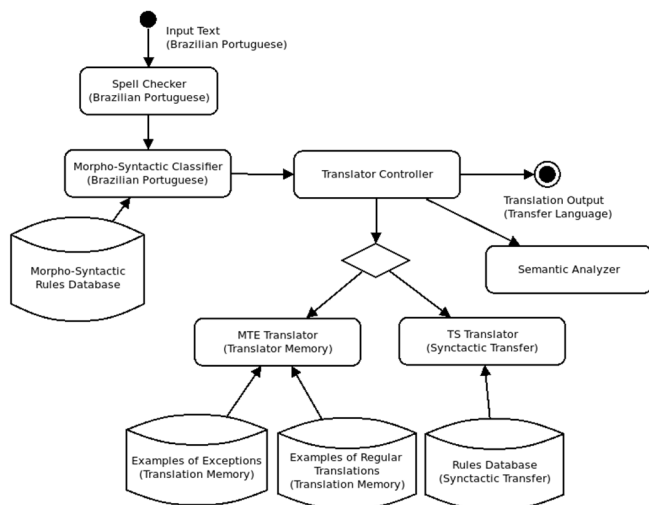


Figure 4. Translation Process of Falibras

Arquitetura Distribuída

Uma vez que o usuário selecionou o texto que deseja traduzir e aciona o serviço de tradução por meio da interface da extensão, o texto selecionado é enviado para o servidor por meio de uma requisição javascript/ajax, conforme pode ser visto na Figura 5. O Servidor de Tradução possui dois estados de saída, o primeiro é um conjunto de caracteres – string – considerado a linguagem intermediária da tradução. Trata-se de um conteúdo textual composto por glosas, mas estruturado de acordo com a gramática da língua de sinais alvo. Essa lista de glosas é, em seguida, processada, de forma a apresentar ao usuário uma sequência de animações correspondente.

Vale ressaltar que cada glosa é mapeada para um sinal. Em caso de inexistência do sinal relativo à glosa, no dicionário do cliente específico, o conteúdo textual da glosa é sinalizado através de datilologia, isto é, soletrado utilizando letras do alfabeto da língua de origem. Dicionários de sinais podem ser baixados e compartilhados entre usuários.

Em termos de estruturação, o servidor de tradução teve sua arquitetura redesenhada para atender requisitos de qualidade essenciais no contexto de sistemas Web, principalmente disponibilidade e escalabilidade [2]. O requisito de disponibilidade consiste da necessidade de favorecer o funcionamento do Servidor de Tradução, tornando acessível o máximo de tempo possível. Já a escalabilidade consiste na habilidade do sistema atender a uma demanda de requisições simultâneas, em decorrência do crescimento no volume de utilização da plataforma. Para atender tais requisitos, optou-se pela adoção de uma arquitetura de grade computacional voluntária, apresentada na Figura 6.

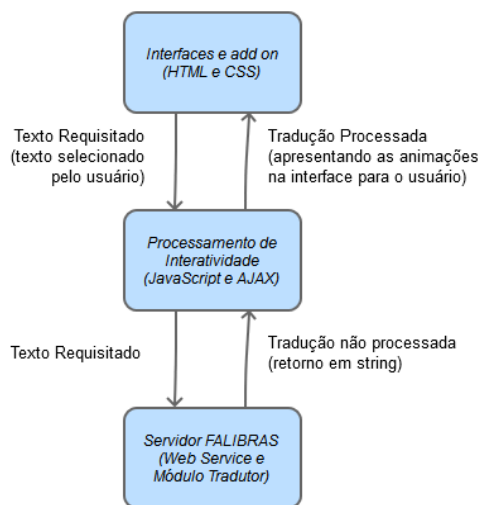


Figure 5. Integration architecture between the Falibras and the Web-Falibras

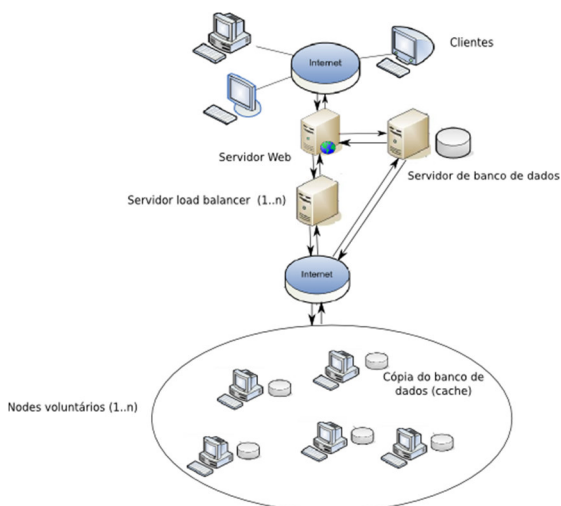


Figura 6. Grid computing translation architecture based on grid computing

A Arquitetura de Grade Computacional permite o processamento de uma grande quantidade de dados por diversas máquinas, dividindo o problema em pequenas tarefas. O conceito de Computação Voluntária, no que tange à grade computacional, relaciona-se com a possibilidade de usuários diversos contribuírem com suas máquinas no processamento das requisições, construindo uma rede de colaboração para o serviço de tradução, possibilitando com que a disponibilidade do serviço seja aumentada através dos componentes geograficamente dispersos.

Nesse contexto, para que ocorra a abstração da heterogeneidade dos diversos componentes conectados à rede distribuída é necessário ter uma camada intermediária, entre o servidor de tradução principal e os nós voluntários de tradução. A camada intermediária foi implementada através do *framework* JPPF, voltado para o processamento paralelo distribuído de acordo com a estruturação de uma grade computacional. Na Figura 6, a camada intermediária é representada pelo componente “Load Balancer”. Cada requisição de tradução ao servidor será representada como uma *Task* no JPPF. De um modo geral, quando o cliente requisita uma tradução de uma ou mais frases ao sistema através da interface da extensão Web, a frase é inserida em uma task dentro de um job. As tasks são enviadas para o componente “Load Balancer”, responsável pelo escalonamento das tarefas entre os nós voluntários. Os nós voluntários retornam as glosas para o servidor, os retorna ao componente cliente. Por sua vez, o cliente processa as glosas e, por sua vez apresenta os sinais correspondentes no navegador.

Como uma das principais características da Internet é a disponibilidade dos serviços, a utilização da tradução em larga escala permite uma maior disponibilidade e escalabilidade do serviço entre os nós voluntários, permitindo com que seja possível a utilização da extensão Web para garantir a acessibilidade universal aos seus usuários.

AVALIAÇÃO

A extensão Web proposta foi validada qualitativamente, por

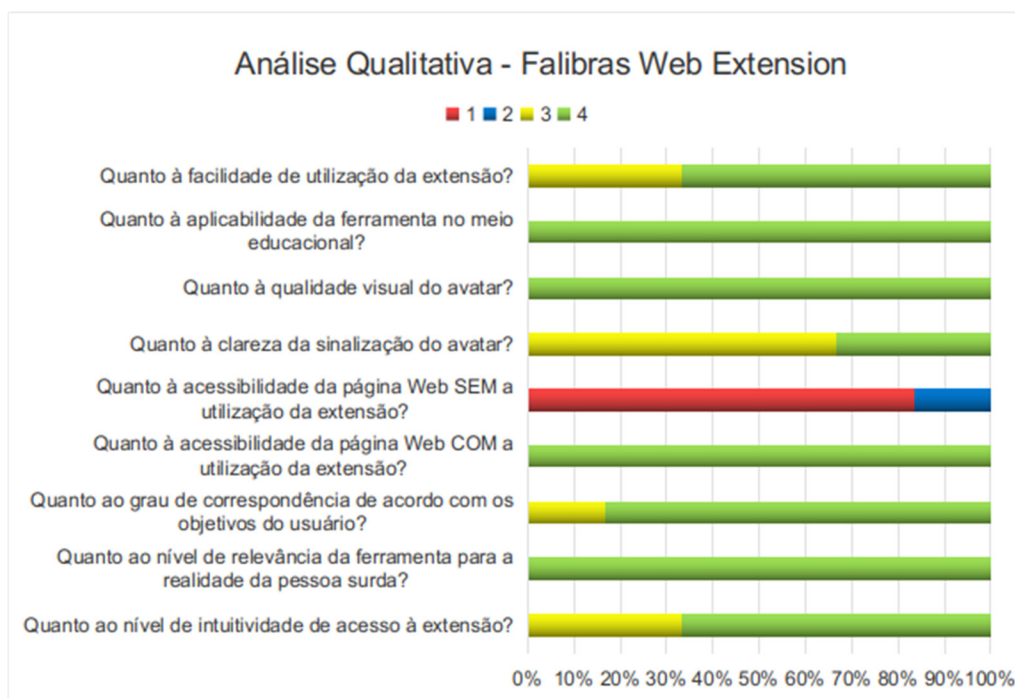


Figura 7. Análise Qualitativa

intérpretes voluntários. Foi adotada uma abordagem semiestruturada, utilizando um questionário avaliativo. O objetivo do questionário foi avaliar três aspectos complementares: (1) usabilidade da ferramenta; (2) efetividade da acessibilidade proporcionada; e (3) qualidade dos sinais. As respostas foram apresentadas em uma escala de 1 a 4, onde 1 significa fraco, 2 significa razoável, 3 significa bom e 4 significa muito bom. Cinco voluntários participaram da avaliação, sendo todos intérpretes da Libras. A Figura 7 apresenta as proporções das respectivas respostas, tendo em vista as perguntas apresentadas e os aspectos complementares apresentados nessa sessão.

Dessa maneira, os resultados preliminares mostram um grande potencial de uso da extensão desenvolvida, tanto na execução de atividades do cotidiano da pessoa surda, quanto para uso em sala de aula para educação de pessoas surdas e de pessoas ouvintes. Além dos resultados, a pesquisa semiestruturada gerou *feedbacks* importantes, que foram devidamente catalogados para melhorias futuras, dentre eles, a mais recorrente foi a necessidade de se ter um controle da velocidade do sinal.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para que pessoas com deficiência tenham acesso ao meio digital e suas tecnologias é necessário que alguns obstáculos sejam ultrapassados, no contexto da comunidade surda, com o uso de elementos visuais. Sendo assim, a solução aqui proposta foi concebida para facilitar o contato do surdo para com o meio digital, mais especificamente com o acesso a Internet, utilizando tradução automática e de larga escala para tal fim.

Dessa forma, de acordo com os dados apresentados, nota-se que a extensão de navegador da Web para acessibilidade on-line de pessoas surdas usando um mecanismo de tradução automático de alta escala proporciona a democratização do acesso aos diversos canais de informações disponíveis na Web, uma vez que a informação textual pode ser traduzida através de qualquer página na Web, por meio da interface da extensão. Nesse enquadramento a acessibilidade gerada à comunidade surda pela aplicação nos permite inferir que através da integração desta com a Web, a mesma estará também realizando contribuições para com a internet e consequentemente para a sociedade.

REFERÊNCIAS

1. Amanda M Melo. Design inclusivo de sistemas de informação na Web. Tese de Doutorado em Ciência da Computação, Instituto de Computação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.
2. Bruno RFSB da Silva; Patrick H. Brito; Alexandre A. Barbosa. Tradutor Português-Libras Adaptado a um Comunicador de Mensagens Instantâneas.
3. Bueno, Juliana; García, Laura Sánchez. Pesquisa-Ação na Construção de Insumos Conceituais de um Ambiente Computacional de Apoio ao Letramento Bilingue de Crianças Surdas. In: Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE). 2015. p. 887.
4. Bueno, Juliana. Requisitos para um ambiente de comunicação como ferramenta de apoio à alfabetização bilingue de crianças surdas. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Paraná, <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/24146>, aug 2010.
5. Denys Fellype Souza Rocha; Ig Ibert Bittencourt Santana Pinto; Rafael de Amorim Silva. AssistLIBRAS: An Authoring Tool for Building Signs of LIBRAS. Brazilian Journal of Computers in Education, v. 23, n. 02, p. 190, 2015.
6. Diego Dermeval, Jéssyka Vilela, Ig Ibert Bittencourt, Jaelson Castro, Seiji Isotáni, Patrick Brito, and Alan Silva. 2016. Applications of ontologies in requirements engineering: a systematic review of the literature. Requirements Engineering 21, 4. 40-437. 2016.
7. E. Sumita, H. Iida, and H. Kohyama. 1990. Translating with Examples: A New Approach to Machine Translation. In Proceedings of The Third International Conference on Theoretical and Methodological Issues in Machine Translation of Natural Language. Texas, 203-212.
8. Eleni Efthimiou; Stavroula-Evita Fotinea. An environment for deaf accessibility to educational content. Greek national project DIANOEMA,(GSRT, M3. 3, id 35), Hammamet-Tunisia, ICTA, v. 62, 2007.
9. Elisabeth Fátima Torres; Alberto Angel Mazzoni; João Bosco da Mota Alves. A acessibilidade à informação no espaço digital. Ciência da Informação, v. 31, n. 3, 2002.

10. Fernando César Capovilla; Raphael, Walkiria Duarte(2001). Dicionário Enciclopédico Ilustrado Trilíngue: Língua de Sinais Brasileira. 2. Ed. São Paulo: Edusp, 2001. 1632 p.
11. Francielly Grigório et al. VLibras-BOX: Flexible Portuguese-LIBRAS Translation Server Encapsulation for Distributed, Centralized or Hybrid Scenarios. In: Proceedings of the 21st Brazilian Symposium on Multimedia and the Web. ACM, 2015. p. 173-176.
12. G. Campos 1986. O que é tradução. Coleção Primeiros Passos – 166 Leituras Afins. SP: Editora Brasiliense.
13. J. P. F Silva; P. H. S Brito. Otimização de Desempenho e Escalabilidade do Sistema Falibras-Web com o Uso de Grid Computing. III Escola Regional de Alto Desempenho da Região Nordeste - ERAD-NE. 2015. (Congresso).
14. João E. da R. Tavares; Jorge L. V. Barbosa; Valderi R. Q Leithardt. SensorLibras: Tradução Automática Libras-Português através da computação ubíqua. In: II Congresso Nacional de Pesquisas em Tradução e Interpretação de Libras e Língua Portuguesa, Universidade Federal de Santa Catarina-UFSC. 2010.
15. João Paulo Ferreira da Silva; Bruno Rafael Ferreira Souza Barbosa da Silva; Patrick Henrique da Silva Brito. Falibras Messenger: Solution to the Accessibility of the Deafs in Telegram Web with the Aid of Volunteer Computer Grid. In: Proceedings of the 22nd Brazilian Symposium on Multimedia and the Web. ACM, 2016. p. 331-334.
16. Katharina Probst, Lori Levin, Erik Peterson, Alon Lavie, and Jaime Carbonell. 2002. MT for Minority Languages Using Elicitation-Based Learning of Syntactic Transfer Rules. *Machine Translation* 17, 4 (December 2002), 245–270.
17. Kenji Imamura, Hideo Okuma, Taro Watanabe, and Eiichiro Sumita. 2004. Example-based machine translation based on syntactic transfer with statistical models. In *Proceedings of COLING*. 99–105.
18. Larissa Leiros Baroni. Apesar do potencial, EAD ainda não atrai deficientes: Para alunos, modalidade não elimina obstáculos do ensino convencional, <http://www.universia.com.br/ead/materia.jsp?materia=1786>, Junho/2013.
19. Len Bass, Paul Clements, and Rick Kazman. *Software Architecture in Practice*. Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., Boston, MA, USA, 1998.
20. Lucila Maria Costi Santarosa; Débora Conforto; Lourenço de Oliveira Basso. AVA inclusivo: validação da acessibilidade na perspectiva de interagentes com limitações visuais e auditivas. In: *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)*. 2009.
21. Luiz Reinoso; Orivaldo Tavares. MVLIBRAS: ambiente digital para comunidades de aprendizagem com recursos inclusivos para surdos. In: *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)*. 2015. p. 772.
22. Maria Stela Oliveira Costa. Os benefícios da informática na educação dos surdos. *Momento-Diálogos em Educação*, v. 20, n. 1, p. 101-122, 2011.
23. Matt Huenerfauth; V. Hanson. Sign language in the interface: access for deaf signers. *Universal Access Handbook*. NJ: Erlbaum, v. 38, 2009.
24. Natália M. Franco; Patrick HS Brito; Luis C. Coradine, FALIBRAS-WEB: Acessibilidade de pessoas surdas na Web em LIBRAS utilizando Design Colaborativo. *Nuevas Ideas en Informática Educativa*. Anais, 2013.
25. P. H. S. Brito; L. C. Coradine; O. Tavares; J. M. De Martino. FALIBRAS: Automatic translator to promote inclusion of deaf people on the web. *Proceedings of the 1st International Workshop on Assistive Technology - IWAT 2015*.
26. R.M. Quadros; M. Schimiedt. *Ideias para ensinar português para alunos surdos*. Brasília: MEC/SEESP, 2006.
27. Roman Jakobson. *Linguística e comunicação*. 1969. São Paulo: Cultrix.
28. W3C. *Introduction to Web Accessibility – Web Accessibility Initiative*. Disponível em: <http://www.w3.org/WAI/intro/accessibility.php#i-what>.