



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
INSTITUO DE INFORMÁTICA

CAIO CÉSAR SILVA SOUSA

# **Estudo sobre Requisitos e Automação do Teste de Acessibilidade para Surdos em Aplicações Web**

Goiânia  
2020



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
INSTITUTO DE INFORMÁTICA

## TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO (TECA) PARA DISPONIBILIZAR VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES

### E DISSERTAÇÕES NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a [Lei 9.610/98](#), o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

O conteúdo das Teses e Dissertações disponibilizado na BDTD/UFG é de responsabilidade exclusiva do autor. Ao encaminhar o produto final, o autor(a) e o(a) orientador(a) firmam o compromisso de que o trabalho não contém nenhuma violação de quaisquer direitos autorais ou outro direito de terceiros.

#### 1. Identificação do material bibliográfico

Dissertação       Tese

#### 2. Nome completo do autor

Caio César Silva Sousa

#### 3. Título do trabalho

Estudo sobre Requisitos e Automação do Teste de Acessibilidade para Surdos em Aplicações Web

#### 4. Informações de acesso ao documento (este campo deve ser preenchido pelo orientador)

Concorda com a liberação total do documento  SIM       NÃO<sup>1</sup>

**[1]** Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. Após esse período, a possível disponibilização ocorrerá apenas mediante:

**a)** consulta ao(à) autor(a) e ao(à) orientador(a);

**b)** novo Termo de Ciência e de Autorização (TECA) assinado e inserido no arquivo da tese ou dissertação.

O documento não será disponibilizado durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro.

**Obs. Este termo deverá ser assinado no SEI pelo orientador e pelo autor.**



Documento assinado eletronicamente por **Cássio Leonardo Rodrigues, Professor do Magistério Superior**, em 01/09/2020, às 14:13, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).

---



Documento assinado eletronicamente por **Caio César Silva Sousa, Usuário Externo**, em 01/09/2020, às 15:22, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).

---



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.ufg.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **1525359** e o código CRC **57B5ECB7**.

---

CAIO CÉSAR SILVA SOUSA

# **Estudo sobre Requisitos e Automação do Teste de Acessibilidade para Surdos em Aplicações Web**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Instituto de Informática da Universidade Federal de Goiás, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação.

**Área de concentração:** Ciência da Computação.

**Orientador:** Prof. Dr. Cássio Leonardo Rodrigues

Goiânia  
2020

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

César Silva Sousa, Caio

Estudo sobre Requisitos e Automação do Teste de Acessibilidade para Surdos em Aplicações Web [manuscrito] / Caio César Silva Sousa. - 2020.

CXII, 112 f.

Orientador: Prof. Dr. Cássio Leonardo Rodrigues.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, , Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação, Goiânia, 2020. Bibliografia. Apêndice.

Inclui siglas, abreviaturas, gráfico, tabelas, algoritmos, lista de figuras, lista de tabelas.

1. Acessibilidade. 2. Automação. 3. Web. 4. Requisitos. 5. Surdos. I. Leonardo Rodrigues, Cássio, orient. II. Título.

CDU 004



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS

INSTITUTO DE INFORMÁTICA

**ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO**

Ata nº **21/2020** da sessão de Defesa de Dissertação de **Caio César Silva Sousa**, que confere o título de Mestre em Ciência da Computação, na área de concentração em Ciência da Computação .

Aos vinte e um dias do mês de agosto de dois mil e vinte, a partir das catorze horas, via sistema de webconferência da RNP, realizou-se a sessão pública de Defesa de Dissertação intitulada “Estudo sobre Requisitos e Automação do Teste de Acessibilidade para Surdos em Aplicações Web”. Os trabalhos foram instalados pelo Orientador, Professor Doutor Cássio Leonardo Rodrigues (INF/UFG) com a participação dos demais membros da Banca Examinadora: Professora Doutora Neuma Chaveiro (FL/UFG), membra titular externa; Professora Doutora Deller James Ferreira, membra titular interna. A realização da banca ocorreu por meio de videoconferência, em atendimento à recomendação de suspensão das atividades presenciais na UFG emitida pelo Comitê UFG para o Gerenciamento da Crise COVID-19, bem como à recomendação de isolamento social da Organização Mundial de Saúde e do Ministério da Saúde para enfrentamento da emergência de saúde pública decorrente do novo coronavírus. Durante a arguição os membros da banca **não fizeram** sugestão de alteração do título do trabalho. A Banca Examinadora reuniu-se em sessão secreta a fim de concluir o julgamento da Dissertação, tendo sido o candidato **aprovado** pelos seus membros. Proclamados os resultados pelo Professor Doutor Cássio Leonardo Rodrigues, Presidente da Banca Examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar, lavrou-se a presente ata que é assinada pelos Membros da Banca Examinadora, aos vinte um dias do mês de agosto de dois mil e vinte.

## TÍTULO SUGERIDO PELA BANCA



Documento assinado eletronicamente por **Cássio Leonardo Rodrigues, Professor do Magistério Superior**, em 21/08/2020, às 16:08, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Deller James Ferreira, Professor do Magistério Superior**, em 21/08/2020, às 16:08, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Caio César Silva Sousa, Usuário Externo**, em 21/08/2020, às 16:27, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Neuma Chaveiro, Professora do Magistério Superior**, em 21/08/2020, às 21:11, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).

A autenticidade deste documento pode ser conferida no site

[https://sei.ufg.br/sei/controlador\\_externo.php?](https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_imprimir_web&acao_origem=arvore_visualizar&id_documento=1601313&infra_sistema=1...)



[acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](#), informando o código verificador **1483703** e o código CRC **41C614D6**.

---

**Referência:** Processo nº 23070.032523/2020-49

SEI nº 1483703

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, do autor e do orientador(a).

**Caio César Silva Sousa**

Bacharel em Ciência da Computação pela Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC Goiás). Durante o mestrado foi bolsista da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG) e desenvolveu trabalhos relacionados a pessoas surdas.

Dedico este trabalho a minha esposa e filhos.

---

## Agradecimentos

---

Agradeço, primeiramente, a Deus, a presença dele faz muita diferença na minha vida.

Agradeço a minha mãe Rita, que me incentiva a sempre buscar o meu melhor.

Agradeço a minha esposa Cleonivane, pela paciência e cuidado que tem comigo e com os nossos filhos.

Agradeço aos meus filhos Hosana e Elias, pelos momentos que passamos juntos.

Agradeço a minha irmã Luana, por sempre preocupar com meu bem estar.

Agradeço a meu Pai Paulo, por ter me incentivado a entrar na área de informática e pelo seu exemplo profissional.

Agradeço ao Sílvio Souza, pelo apoio a toda minha família.

Agradeço as pessoas que exercem autoridade sobre minha vida: Jesus Cristo, Ap. César Augusto, Bp. Abrão Júnior e Pr. William.

Ao meu Orientador Dr. Cássio Leonardo Rodrigues, que me aceitou e me ajudou durante o desenvolvimento de novos conhecimentos e deste trabalho.

A Profa. Dra. Deller J. Ferreira, onde tivemos a oportunidade de realizar pesquisas na área de informática na educação.

Ao meu professor de graduação, Dr. Vicente Paulo de Camargo, que me incentivou a realizar o programa de mestrado.

Aos colegas de mestrado que tem me apoiado durante todo o ciclo de estudos neste programa, entre eles Ayrton Bordin, Luíla, Lucas Rodrigues, Robson e Sidnei.

Ao colega de profissão, Dr. Henrique Andrade, que me apoiou na realização deste trabalho.

Finalmente, agradeço a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG) pelo apoio financeiro.

Todo trabalho árduo traz proveito, mas o só falar leva à pobreza.

**Salomão,**  
*Provérbios 14:23, Bíblia.*

---

## Resumo

---

Sousa, Caio. **Estudo sobre Requisitos e Automação do Teste de Acessibilidade para Surdos em Aplicações Web**. Goiânia, 2020. 112p. Dissertação de Mestrado. Instituto de Informática, Universidade Federal de Goiás.

A acessibilidade em ambientes web significa que ferramentas e tecnologias são desenvolvidas e modeladas para pessoas que possuem deficiência poderem usá-las. Além do uso é necessário garantir que o público alvo pode entender, navegar, interagir, e perceber o ambiente proposto. A acessibilidade na web engloba diversos grupos de deficiências como: auditivo, visual, neurológico, cognitivo etc. Ao longo do tempo, inúmeras pesquisas apresentam formas de realizar testes de acessibilidade. No entanto, seus autores não tratam de avaliar acessibilidade com ênfase em usuários surdos. Como consequência, temos a ausência de recursos que auxiliam testes de acessibilidade para pessoas surdas. Assim, esta dissertação trata de identificar requisitos de acessibilidade para pessoas surdas e abordagens de automação do teste de acessibilidade. Para isto, foi realizado um estudo sobre diretrizes e padrões de acessibilidade para pessoa surda. No desenvolvimento deste estudo um protótipo de aplicação web denominado central de intérprete foi desenvolvido. Essa aplicação interage com usuários surdos por meio de vídeos em Língua de Sinal elaborados em parceria com a Faculdade de Letras da Universidade Federal de Goiás. Os resultados deste trabalho estão relacionados a definição dos requisitos de acessibilidade baseados nas diretrizes de acessibilidade identificados pela revisão da literatura. Os requisitos de acessibilidade levantados foram utilizados para elaborar 2 questões de pesquisa para realizar o teste de acessibilidade. A análise estática de software foi a abordagem principal para realizar o teste de acessibilidade. As 2 abordagens para o teste de acessibilidade neste trabalho são: i) Teste por metadados; ii) Teste por análise estatística descritiva. As contribuições desta dissertação envolvem a avaliação de acessibilidade para usuários surdos em ambientes web. Para automatizar a avaliação através do suporte ferramental uma ferramenta denominada *Web Accessibility Evaluation Testing* foi desenvolvida para tratar de acessibilidade em páginas web. Essa avaliação é baseada nos requisitos de acessibilidade onde por meio do suporte ferramental avisos mostra o sucesso ou falha da acessibilidade em páginas web. Concluímos que as abordagens apresentadas de avaliação de acessibilidade são eficazes para testar a acessibilidade para surdos em ambientes web.

**Palavras-chave**

Acessibilidade, Automação, Língua de Sinal, Requisitos, Surdos, Web

---

## Abstract

---

Sousa, Caio. **Study on Requirements and Automation of Accessibility Testing for the Deaf in Web Applications**. Goiânia, 2020. 112p. MSc. Dissertation.

Instituto de Informática, Universidade Federal de Goiás.

Accessibility in web environments means that tools and technologies are developed and modeled for people with disabilities to be able to use them. It is also necessary to ensure that the target audience can understand, navigate, interact, and perceive the proposed environment. Accessibility on the web includes several groups of disabilities such as: auditory, visual, neurological, cognitive, etc. Over time, numerous surveys show ways to conduct accessibility tests. However, its authors do not attempt to evaluate accessibility with an emphasis on deaf users. Therefore, there is a lack of resources that provide acceptable accessibility tests for deaf people. Therefore, this dissertation aims to identify accessibility requirements for deaf people and address automation approaches for accessibility testing. For this, a study was carried out on guidelines and accessibility standards for deaf people. In the development of this study, a prototype of a web application called the interpreter center was developed. This application interacts with deaf users through videos in Sign Language developed in partnership with the Language department of the Federal University of Goiás. The results of this work are related to the definition of accessibility requirements based on the accessibility guidelines identified through the literature review. The accessibility requirements were used to elaborate 2 research questions to carry out the accessibility tests. Static software analysis was the main approach to perform the accessibility test. The 2 approaches to accessibility testing in this work are: i) Metadata testing; ii) Test by descriptive statistical analysis. The contributions of this dissertation involve assessing accessibility for deaf users in web environments. To automate the evaluation through tooling support, a tool called Web Accessibility Evaluation Testing was developed to address accessibility on web pages. This assessment is based on accessibility requirements where, through tooling support, warnings display the success or failure of accessibility on a web page. We conclude that the approaches presented for assessing accessibility are effective for testing accessibility for deaf people in web environments.

### **Keywords**

Accessibility, Automation, Deaf, Requirements, Sign Language, Web

---

# Sumário

---

Lista de Figuras	16	
Lista de Tabelas	18	
Lista de Códigos de Programas	19	
Lista de Siglas e Acrônimos	20	
<b>1</b> Introdução	<b>22</b>	
1.1	Objetivos	24
1.2	Metodologia	24
1.3	Organização	25
<b>2</b> Revisão da Literatura	<b>26</b>	
2.1	Pesquisa exploratória: Padrões e Diretrizes de Acessibilidade Web	26
2.2	Revisão Sistemática: Acessibilidade para usuários surdos	29
2.2.1	Planejamento	29
2.2.2	Condução	30
2.2.3	Resultados	31
2.3	Requisitos de Acessibilidade em Aplicações Web para pessoa Surda	38
2.4	Considerações Finais	41
<b>3</b> Abordagens Automatizadas para Teste de Acessibilidade	<b>43</b>	
3.1	Testes de acessibilidade usando análise estática	44
3.1.1	Suporte ferramental para o estudo das abordagens	45
3.2	Teste de Acessibilidade por Metadados	46
3.2.1	Caracterização dos elementos de vídeo e input em páginas web	47
3.2.2	Representação de metadados em elementos web	50
3.2.3	Exemplo de Aplicação: Central de Intérprete	51
3.3	Teste de Acessibilidade por Análise Estatística Descritiva	55
3.3.1	Caracterização dos elementos de vídeo com LS e input em páginas web	56
3.3.2	Análise da quantidade e profundidade de elementos HTML	58
3.3.3	Análise Estatística Descritiva baseada na quantidade e profundidade de elementos HTML	62
3.3.4	Exemplo de Aplicação: Central de Intérprete	64
3.4	Comparando as abordagens	67
3.5	Considerações Finais	68

4	Conclusão	<b>69</b>
4.1	Trabalhos Futuros	70
4.2	Outros Resultados Obtidos	70
	Referências Bibliográficas	<b>71</b>
A	Lista de páginas web avaliadas	<b>77</b>
B	Technologies For Educating Deaf Children- A Systematic Literature Review	<b>85</b>
C	Lessons Learned about Oral–auditory and Visual–spatial Communication in Requirements Engineering with Deaf Stakeholders	<b>96</b>
D	Web Accessibility Testing for Deaf: Requirements and Approaches for Automation	<b>105</b>

---

## Lista de Figuras

---

2.1	Diretrizes de acessibilidade da WAI	27
2.2	Quantidade de artigos extraídos por ano de publicação.	31
2.3	Quantidade de artigos extraídos por ramo de aplicação.	34
2.4	Quantidade de referências por diretriz e tipo de revisão.	38
2.5	Quantidade de artigos relacionados por diretriz de acessibilidade.	39
3.1	Representação de uma página <i>Hypertext Markup Language</i> (HTML) através de uma interface <i>Document Object Model</i> (DOM).	45
3.2	Processo de avaliação de páginas web.	46
3.3	Exemplo de elementos com metadados de acessibilidade.	47
3.4	Categoria dos sites avaliados.	48
3.5	(a) e (b) representam elementos de uma seção web onde foi realizada a configuração de metadados.	50
	(a) Elemento de vídeo e input com atributos extensíveis.	50
	(b) Relacionamento muitos para muitos entre elementos de vídeo e input.	50
3.6	Associação de elementos input e vídeo por metadados.	51
3.7	Página web responsiva de autenticação do Central de Intérprete.	52
3.8	(a) e (b) representam a estrutura de verificação e validação da tela de autenticação do Central de Intérprete por meio da ferramenta WAET.	54
	(a) Avisos de acessibilidade.	54
	(b) Sub-árvore da estrutura HTML.	54
3.9	(a) e (b) representam a estrutura de dados de árvores binárias.	55
	(a) Modelo de árvore enraizada.	55
	(b) Modelo de árvore HTML com dados sobre altura e profundidade.	55
3.10	(a) e (b) representam a quantidade de LS identificadas nas páginas web avaliadas nesta seção.	57
	(a) Língua de Sinais (A-F).	57
	(b) Língua de Sinais (G-Z).	57
3.11	Categoria dos sites avaliados.	57
3.12	(a) e (b) dados identificados nas páginas web avaliadas nesta seção.	58
	(a) Quantidade de inputs por tipo identificado.	58
	(b) Quantidade de vídeos e iframes com vídeo em Língua de Sinal (LS).	58
3.13	Quantidade de input e vídeo nas páginas web avaliadas nesta seção.	59
3.14	Média da profundidade de input e vídeo nas páginas web avaliadas nesta seção.	61
3.15	(a) e (b) representam árvores binárias.	63
	(a) Árvore HTML com input e vídeo na mesma profundidade.	63
	(b) Árvore HTML com input e vídeo em profundidade diferentes.	63

3.16	Página de solicitação de intérpretes do Central de Intérprete.	65
3.17	Sub-árvore da estrutura HTML da tela de solicitação de intérpretes.	66
3.18	(a) e (b) representam avisos relacionados a análise estática descritiva.	67
	(a) Avisos da página de autenticação.	67
	(b) Avisos da página de solicitação de intérprete.	67

---

## Lista de Tabelas

---

1.1	Fases do método de pesquisa deste trabalho.	24
2.1	Diretriz de acessibilidade identificados para a pessoa surda.	28
2.2	Padrão de acessibilidade relacionados a diretriz de acessibilidade.	29
2.3	Fonte de dados e string de busca da revisão.	30
2.4	Etapas da revisão sistemática.	31
2.5	Padrão de acessibilidade por artigo extraído.	32
2.6	Plataformas de acessibilidade.	33
2.7	Ferramenta de automatização de acessibilidade.	35
2.8	Diretrizes de acessibilidade para surdos, utilizadas nos artigos.	37
2.9	Relação entre os requisitos e diretrizes de acessibilidade.	41
3.1	Caracterização dos elementos de input nas páginas avaliadas para metadados.	48
3.2	Dados dos vídeos identificados.	49
3.3	Dados de áudio identificados.	50
3.4	Algumas definições da Análise Estatística Descritiva.	62
3.5	Medidas com valor absoluto da MIV menor ou igual a 3.	64
3.6	Comparando a abordagens de metadados com estatística descritiva.	68
4.1	Contribuições publicadas em conferências.	70
A.1	Páginas web avaliadas por metadados.	77
A.2	Páginas avaliadas por análise estatística.	80
A.3	Característica das páginas e avaliadas por análise estatística.	81
A.4	Profundidade de vídeos e medidas de tendências centrais.	83

---

## Lista de Códigos de Programas

---

3.1 `login.html`

53

---

## Lista de Siglas e Acrônimos

---

**ABNT** Associação Brasileira de Normas Técnicas

**eMAG** Acessibilidade em Governo Eletrônico

**APA** *Accessible Platform Architectures*

**ADA** *Americans with Disabilities Act*

**ASL** *American Sign Language*

**ATAG** *Authoring Tool Accessibility Guidelines*

**CSS** *Cascading Style Sheets*

**CVAA** *Communications and Video Accessibility Act*

**dB** Decibéis

**DOM** *Document Object Model*

**EBU** *European Broadcasting Union*

**ES** Engenharia de Software

**HTML** *Hypertext Markup Language*

**IBM** *International Business Machines Corporation*

**IEC** *International Electrotechnical Commission*

**ISO** *International Organization for Standardization*

**JSL** *Japanese Sign Language*

**LIBRAS** Língua Brasileira de Sinais

**LS** Língua de Sinal

**MAUVE** *Multi-Guideline Accessibility and Usability Validation Environment*

**MIV** Média da Diferença da Profundidade entre Inputs e Vídeos

**NBR** Norma Brasileira

**OMS** Organização Mundial da Saúde

**QP** Questão de Pesquisa

**RS** Revisão Sistemática

**SAC** *Symposium on Applied Computing*

**SBIE** Simpósio Brasileiro de Informática na Educação

**SMC** *Systems, Man, and Cybernetics*

**SWEBOK** *Software Engineering Body of Knowledge*

**UAAG** *User Agent Accessibility Guidelines*

**URL** *Uniform Resource Locator*

**VVSG** *Voluntary Voting System Guidelines*

**WAAT** *Web Accessibility Assessment Tool*

**WAET** *Web Accessibility Evaluation Testing*

**WAI** *Web Accessibility Initiative*

**WAVE** *Web Accessibility Evaluation Tool*

**WCAG** *Web Content Accessibility Guidelines*

**W3C** *World Wide Web Consortium*

## Introdução

---

A Engenharia de Software (ES) é a aplicação de abordagens sistemáticas, disciplinadas e quantificadas para o desenvolvimento, operação e manutenção de Software [14]. Existem 4 atividades fundamentais da ES comum no processo de desenvolvimento de software, sendo elas: (i) Especificação de software; (ii) Desenvolvimento de software; (iii) Validação de software; (iv) Evolução de software. Processos não técnicos da ES, como gerenciamento de projeto, desenvolvimento de ferramentas, teorias e métodos também contribuem para a produção de software [56]. O uso de ferramentas surge de necessidades como redução do custo e tempo de desenvolvimento de projetos de software.

De acordo com o *Software Engineering Body of Knowledge (SWEBOK)*, ferramentas de teste de software são um tópico da área do conhecimento de teste de software. O uso de ferramentas serve para redução do esforço ligado ao teste, que muitas vezes requer diversas tarefas [14]. Na atividade de verificação e validação, o uso de ferramentas tem apoiado desenvolvedores na realização de atividades de forma automatizada ou semiautomatizada. Um *framework* automatizado de teste é um programa que facilita o desenvolvimento de testes executáveis e a submissão de um conjunto de testes para execução. Por exemplo, ferramentas de automação de testes, como a *JUnit*, podem executar e reexecutar testes no nível unitário [56]. Desta forma, os testes automatizados vêm crescendo significativamente no processo de desenvolvimento de software.

Os testes automatizados validam somente aquilo que um programa deve fazer. Estes testes devem basear nos requisitos de um sistema que descrevem aquilo que o sistema deve fazer, as tarefas que deve providenciar e as possíveis restrições. A engenharia de requisitos é o processo de descoberta, análise, documentação e verificação de serviços e restrições, esse processo é um subprocesso do desenvolvimento de software [56, 54]. A elicitação de requisitos é um tópico da área de conhecimento de requisitos de software, onde é abordada a origem do requisito de software, com o objetivo de compreender o problema que deve ser sanado [14]. Um dos desafios principais desta dissertação está relacionado a identificar os requisitos de acessibilidade para pessoa surda em ambientes web e automatizar os testes para estes ambientes.

Atualmente existem diversos padrões de acessibilidade onde são fornecidas

informações sobre como tratar acessibilidade aplicadas a diversos tipos de ambientes ou tecnologias. O termo acessibilidade é muitas vezes confundido com o de usabilidade. Em termos de aplicações voltadas para web, uma página é acessível quando ela é entendida, operada e percebida por usuários, independente de suas deficiências [50]. A usabilidade está relacionada a facilidade de uso e aprendizado de ferramentas ou dispositivos criados por humanos [49]. Pesquisas mostram a carência de acessibilidade para usuários surdos em páginas web, um dos principais pontos é a falta de recurso para os surdos que foram alfabetizados em LS [16].

A pessoa que tem perda auditiva muitas vezes é caracterizada de surdo ou deficiente auditivo. De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), o diagnóstico da perda auditiva em adultos está relacionado a perda de audição em mais de 40 Decibéis (dB) e mais de 30 dB em crianças. Pesquisas tem discutido aspectos relacionados a LS e como sua aquisição em estágios primários afetam o desenvolvimento da linguagem, interação entre pessoas, e cognição de pessoas surdas [23]. A LS é uma linguagem visual-espacial que faz uso da expressão facial, boca, olhos, cabeça e demais recursos para elaborar sua linguagem [54]. A Língua Brasileira de Sinais (LIBRAS) teve sua oficialização no ano de 2002 (Lei n. 10.436, de 24 de abril de 2002) [23]. Muitos trabalhos relacionados a acessibilidade tem sido desenvolvidos no contexto da inclusão de LS. No entanto, mesmo que pessoas caracterizadas como surdas se comuniquem tanto em língua (oral e/ou escrita) como em LS, não é possível generalizar a preferência de comunicação deste grupo de pessoas.

Estima-se que até 2050, 900 milhões de pessoas sofrerão de deficiência auditiva. Pessoas com perdas auditivas encontram alternativas no modo de comunicação (e.g., leitura labial, texto escrito, LS). A aquisição da Língua de Sinais para o surdo é tanto um direito linguístico para o surdo como primordial em diversas etapas de sua vida. Quando uma pessoa surda é privada da aquisição da LS ele poderá ter sérios problemas no seu desenvolvimento cognitivo, linguístico e funções mentais superiores. O uso de *captions* e interpretação de línguas de sinais em distribuições de vídeo e áudio facilita o acesso à informação [60]. Segundo a Federação Mundial de Surdos, 41 países têm reconhecimento legal de LS (e.g., Austrália, Brasil, Espanha, Estados Unidos) [32]. Devido às especificidades das LS os desafios da criação de ambientes acessíveis para pessoas surdas são inevitáveis. Neste trabalho, são apresentadas abordagens de automação para viabilizar o teste de acessibilidade para usuários surdos em ambientes web. Estes testes são baseados em requisitos levantados com ênfase no público surdo, para viabilizar ambientes acessíveis e iguais para esse grupo de usuários.

## 1.1 Objetivos

O objetivo geral desta dissertação consiste em identificar requisitos de acessibilidade em aplicações web para pessoas surdas e identificar abordagens de automação para o teste de acessibilidade para usuários surdos. Para isto, criamos os seguintes objetivos específicos: (i) Revisar a literatura para identificar padrões, diretrizes e definir requisitos de acessibilidade para a pessoa surda; (ii) Automatizar a avaliação de acessibilidade em aplicações web através de abordagens de automação; (iii) Propor um parecer por meio de avisos relacionados aos requisitos de acessibilidade atendidos e/ou não atendidos em páginas web.

## 1.2 Metodologia

Baseado na natureza desse trabalho, buscamos estudar e avaliar abordagens de automação referente à acessibilidade em aplicações web para pessoas surdas. A metodologia aplicada neste trabalho para alcançar os objetivos apresentados na Seção 1.1 está representada em fases exibidas pela Tabela 1.1.

Tabela 1.1: Fases do método de pesquisa deste trabalho.

<b>Condução</b>	<b>F1</b> Seleção do tema <b>F2</b> Revisão da literatura <b>F3</b> Definição do objetivo
<b>Desenvolvimento</b>	<b>F1</b> Identificação de diretrizes de acessibilidade <b>F2</b> Apuração dos requisitos <b>F3</b> Identificação de abordagens de automação
<b>Avaliação</b>	<b>F1</b> Avaliação de acessibilidade baseada em metadados <b>F2</b> Avaliação de acessibilidade baseada em estatística descritiva <b>F3</b> Relatório de acessibilidade baseado em avisos

- Fase de Condução- Composta por tarefas onde foram descobertos os problemas de pesquisa relacionados ao objetivo deste trabalho. Desta forma, foi proposto o estudo e avaliação de acessibilidade relacionado a usuários surdos. Baseado em pesquisas de automatização de acessibilidade em aplicações moveis [24] e requisitos de acessibilidade para usuários surdos [16], foi proposto a elaboração de abordagens que avaliam acessibilidade considerando a automação destas tarefas. Nesta etapa foi iniciado o processo de atender o primeiro objetivo específico relacionado a revisão da literatura.

- Fase de Desenvolvimento- Essa fase consiste em uma abordagem de identificação, elicitaco, e desenvolvimento de meios para tratar a acessibilidade para usuários surdos. Além do conhecimento levantado, foram desenvolvidas soluoes tecnolgicas que buscam atender e automatizar o processo da avaliao de acessibilidade. Nesta etapa foi finalizado o primeiro objetivo específico e iniciado o segundo objetivo específico que consiste em buscar meios de automatizar a avaliao de acessibilidade. O objetivo geral relacionado a identificao de requisitos de acessibilidade foi atingindo nesta fase, por meio da reviso da literatura.
- Fase de Avaliao- Baseado no conteúdo esttico de páginas web, foi feita a avaliao destas páginas para atender os requisitos de acessibilidade para o usuário surdo. A finalidade desta avaliao consiste em apresentar avisos referentes ao sucesso ou falhas na avaliao de acessibilidade em páginas web. Finalmente, nesta fase foi automatizada o processo de avaliao de acessibilidade e proposto um parecer ao usuário relacionado a acessibilidade em páginas web, desta forma atendendo o segundo e terceiro objetivo específico e o objetivo geral desta dissertao.

## 1.3 Organizao

Apresentamos neste capítulo o contexto do trabalho atual, o objetivo geral e a metodologia. O restante deste trabalho está dividido em mais 3 capítulos. No Capítulo 2 é apresentado uma reviso da literatura onde foi elaborada uma pesquisa exploratria e Reviso Sistemática (RS) apresentando diversos resultados de padres, diretrizes, e requisitos de acessibilidade para surdos. No Capítulo 3 é apresentado as abordagens de automao, o suporte ferramental para o estudo das abordagens, resultados obtidos durante este estudo com as abordagens e uma comparao entre as abordagens apresentadas. Finalmente as consideraoes finais so apresentadas no Capítulo 4, onde também so descritos os trabalhos futuros e outros resultados obtidos. O Apêndice A mostra o resumo expandido da lista de páginas web avaliadas neste trabalho. Os Apêndices B, C, e D contm outros resultados publicados em conferências.

## Revisão da Literatura

---

Com a finalidade de alcançar o objetivo geral deste trabalho contemplamos uma revisão da literatura para identificar padrões de acessibilidade para usuários surdos. Para compreender requisitos baseados em diretrizes de acessibilidade para pessoas surdas, revisamos diversas fontes (e.g., leis, normas, diretrizes). Para abordar o estado da arte referente aos padrões de acessibilidade para pessoas surdas, as plataformas aplicáveis aos padrões, forma de automatização e requisitos baseados em padrões de acessibilidade conduzimos uma **RS** da literatura. Finalmente, criamos requisitos baseados nos resultados obtidos referentes as diretrizes de acessibilidade em aplicações web para pessoas surdas.

### 2.1 Pesquisa exploratória: Padrões e Diretrizes de Acessibilidade Web

Nesta Seção é apresentado uma pesquisa exploratória onde foram revisados diretrizes e padrões de acessibilidade web para pessoas surdas. As fontes de pesquisa foram extraídas de autoridades, leis, normas e padrões relacionados ao tema. A sua execução foi realizada com base na busca de informações por meio do motor de pesquisa *Google*. As palavras-chave utilizada foram: (i) acessibilidade; (ii) pessoas surdas; (iii) padrão, normas e leis. Os resultados apresentados englobam orientações de acessibilidade estabelecido por diversos continentes como América do Sul, América do Norte e Europa. A seguir é apresentado um breve resumo dos padrões e diretrizes de acessibilidade que foram encontrados.

A *Americans with Disabilities Act* (**ADA**) foi publicada pelo Departamento de Justiça dos Estados Unidos em 2010. O objetivo desta diretriz é garantir que organizações possam se comunicar com todas as pessoas, independente destas possuírem ou não alguma deficiência. O grupo alvo desta diretriz são pessoas surdas, cegas e mudas. Para as pessoas surdas critérios de *caption*, material em texto, *notetaker* e Intérprete de **LS** são orientações sugeridas [4].

A *European Accessibility Act* tem como propósito melhorar acessibilidade entre serviços e produtos localizados na União Europeia. As principais orientações relacionadas a pessoa surda são o uso de legenda, dados exibidos em forma de texto ou imagens, interpretação de línguas de sinais e o uso de um terminal que facilite o acesso à informação de pessoas surdas [5]. A *Section 508 of the Rehabilitation Act e Telecommunications Act Section 255* tem como objetivo prevenir a injustiça relacionadas a pessoas que possuem deficiência dentro de agências federais. Essas diretrizes contêm critérios de usabilidade e acessibilidade como a sugestão do uso de Intérpretes de LS [2, 1].

A *World Wide Web Consortium (W3C)* é uma comunidade internacional que colabora em criar padrões abertos para web para sustentar o crescimento da web a longo prazo. Cada padrão divulgado por essa comunidade deve passar por um processo de revisão de conformidade feito pelo grupo *Accessible Platform Architectures (APA)*. A *Web Accessibility Initiative (WAI)* é responsável por criar diretrizes de acessibilidade como a da *Web Content Accessibility Guidelines (WCAG)* para usuários e desenvolvedores de programas web. A *Authoring Tool Accessibility Guidelines (ATAG)* para desenvolvedores de ferramentas de autoria. Por fim, a *User Agent Accessibility Guidelines (UAAG)* referente a agentes de usuário e sua acessibilidade [6]. Essas diretrizes estão representadas pela Figura 2.1. A diretriz **WCAG** cobre um conjunto de recomendações sobre como fazer conteúdos web mais acessíveis. Revisamos a versão 2.1 deste documento, onde o cumprimento destas recomendações influencia a experiência de usuários cegos, surdos, com movimento limitado, dificuldades de fala, fotossensibilidade, dificuldades cognitivas e de aprendizado. A **WCAG** contém recomendações perceptíveis, operáveis, compreensíveis e robustas para atender ambientes web. A aplicação deste padrão é recomendada para tecnologias desenvolvidas para pessoas surdas, para manter o sistema acessível [57]. O **WCAG** 2.0 recomenda diretrizes como Intérprete de LS, o uso de *caption* em áudio e vídeo, e a avaliação de conteúdos na internet que requer tempo na interação [34].

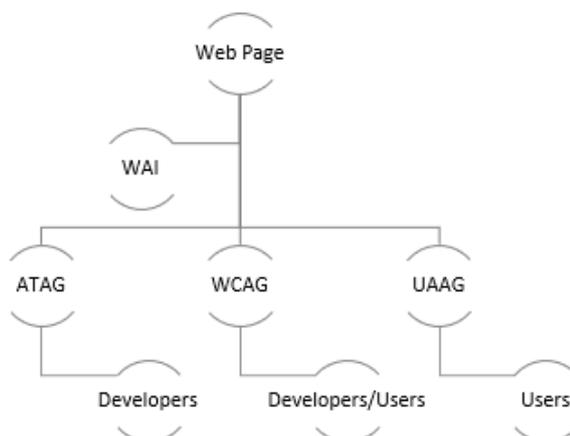


Figura 2.1: Diretrizes de acessibilidade da **WAI**

A *Communications and Video Accessibility Act (CVAA)* é uma lei estabelecida em 2010, aprovada pelo presidente americano Barack Obama. Essa diretriz tem como objetivo aumentar o acesso de pessoas com deficiência à comunicação moderna. Os critérios relacionados a pessoa surda abordados são: acesso a telecomunicações, o uso de menus em texto e captions em programas de televisão [3]. A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é uma referência de normalização nacional, seu objetivo é a criar normas brasileiras ABNT Norma Brasileira (NBR) com elaborações feitas por comitês brasileiros, comissões de estudos e organismos de normalização [7]. A norma ABNT NBR 15610 contempla a acessibilidade em televisores digitais, essa norma está dividida em 3 partes: (i) Ferramentas de texto que inclui a utilização de captions e legendas; (ii) Funcionalidades sonoras, provem orientações para a implementação de funcionalidades sonoras; (iii) LS LIBRAS apresenta uma orientação para a transmissão de conteúdo em LIBRAS [12]. As principais diretrizes que foram identificadas nesta seção estão descritas na Tabela 2.1.

Tabela 2.1: Diretriz de acessibilidade identificados para a pessoa surda.

Diretriz de acessibilidade	Descrição
A - Braile	Uso de braile
B - <i>Caption</i> ou legenda	Uso da <i>Caption</i> na mídia
C - Vídeo com LS	Intérprete de LS
D - <i>Notetaker</i>	Escrever anotações
E - Conteúdo programado	Diminuir interações cronometradas
F - Serviços/Dispositivos	<i>Hardware</i> , telecomunicações, etc.
G - Uso de texto	Dados alternativos de texto ou imagem

Na Tabela 2.1 temos 8 diretrizes de acessibilidade identificadas, dentre elas: (A) Braile que é uma forma de escrita tátil; (B) *Caption* é semelhante à legenda, porém sua aplicação não se limita ao diálogo falado, mas provém informações necessárias para entender o contexto de vídeo e áudio como efeitos sonoros, música, risos, localização e identificação do orador; (C) Intérprete, serve para pessoas que se comunica em LS. Esses indivíduos requerem um Intérprete de LS; (D) Conteúdo programado tem a intenção de reduzir ocorrências de conteúdo em páginas web que requerem interação cronometrada. Pessoas surdas que comunicam em LS podem precisar de mais tempo para ler informações; (F) Serviços e Dispositivos os serviços são software e *hardware* que melhoram a inclusão de pessoas surdas como serviços de mensagens, televisores, acesso à internet entre outros; (G) Materiais de texto é o uso de texto para explicar conteúdos em áudio e descrever vídeos e interação em páginas web, como serviços de mensagem por texto. O relacionamento entre as diretrizes identificadas e os padrões de acessibilidade onde foram encontradas estão representadas pela Tabela 2.2.

Tabela 2.2: Padrão de acessibilidade relacionados a diretriz de acessibilidade.

<b>Padrão de Acessibilidade</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>
<a href="#">ABNT NBR 15610</a>		X	X				
<a href="#">ADA</a>		X	X	X			X
<a href="#">CVAA</a>		X				X	X
European Accessibility Act		X	X			X	X
Section 255	X	X					X
Section 508	X	X	X			X	
<a href="#">WCAG 2.1</a>		X	X		X		

Na Tabela 2.2 percebemos que a diretriz *caption* foi a única que teve referência de todos os padrões de acessibilidade. A diretriz de conteúdo programado teve a menor referência, porém, isso não retira a importância dela. Os critérios identificados neste capítulo mostram que muito tem sido feito para padronizar a acessibilidade.

## 2.2 Revisão Sistemática: Acessibilidade para usuários surdos

Nesta seção desenvolvemos uma [RS](#) com o objetivo de identificar estudos sobre padrões e requisitos de acessibilidade para usuários surdos e como automatizar. Essa [RS](#) é baseada em diretrizes desenvolvidas por Kitchenham [11], que afirma que uma [RS](#) é desenvolvida para avaliar e interpretar as informações disponíveis que são consistentes com uma determinada Questão de Pesquisa ([QP](#)) ou área de interesse. Uma [RS](#) geralmente consiste em 3 fases, planejamento, condução e resultados.

### 2.2.1 Planejamento

O planejamento de uma [RS](#) é composto pela identificação da necessidade de uma revisão e o desenvolvimento de um protocolo de revisão. O intuito deste planejamento é compilar pesquisas de trabalhos relacionados a como diretrizes, padrões e requisitos de acessibilidade e como automatizar esse processo. Para atender o desenvolvimento do protocolo desta revisão elaboramos as seguintes [QP](#):

- **QP 1** Quais são os padrões de acessibilidade mencionados nos trabalhos?
- **QP 2** Quais são as plataformas aplicáveis aos padrões de acessibilidade?
- **QP 3** Houve automatização na avaliação de acessibilidade?
- **QP 4** Existem diretrizes de acessibilidade considerados nos trabalhos?

O levantamento de diretrizes e padrões de acessibilidade das QP1 e QP2 estão relacionadas à seção 2.1. No entanto, os padrões e diretrizes de acessibilidade desta RS divergem dos encontrados na seção anterior. Mais adiante será discutida tal divergência.

A estratégia de busca dos estudos primários para a condução desta revisão é composta do uso de 5 bibliotecas digitais. A estratégia de seleção das bibliotecas de pesquisa é baseada em fontes que autorizam seu acesso pela web, pertinência a área da computação e permitem filtros como data e termos. O planejamento de busca se resume na aplicação de 2 string de busca padrão conforme exibido na Tabela 2.3. A biblioteca scielo fez o uso de 2 string de busca uma vez que a string *deaf and software testing and accessibility* não teve resultados.

Tabela 2.3: Fonte de dados e string de busca da revisão.

<b>Biblioteca</b>	<b>URL</b>	<b>String de Busca</b>
ACM	<a href="http://dl.acm.org">dl.acm.org</a>	<i>deaf and software testing and accessibility</i>
IEEE	<a href="http://ieeexplore.ieee.org">ieeexplore.ieee.org</a>	<i>deaf and software testing and accessibility</i>
Scielo	<a href="http://search.scielo.org">search.scielo.org</a>	<i>deaf and software testing and accessibility or deaf and accessibility</i>
Science Direct	<a href="http://sciencedirect.com">sciencedirect.com</a>	<i>deaf and software testing and accessibility</i>
Springer	<a href="http://link.springer.com">link.springer.com</a>	<i>deaf and software testing and accessibility</i>

Os critérios de inclusão e exclusão são criados para apoiar a seleção e classificação de artigos conforme a definição das questões de pesquisa. Aplicamos as seguintes restrições na fase de identificação: (i) Trabalhos não escritos em inglês ou português; (ii) pesquisas não publicadas entre o ano de 2000 e 2020. A criação destas restrições buscou apontar pesquisas mais recentes da área e garantir a entrega dos resultados desta revisão de acordo com os recursos disponíveis para essa pesquisa. Os critérios de inclusão e exclusão são:

**Inclusão** Estudos relacionados a pessoa surda.

**Inclusão** Estudos que apresentam padrões de Acessibilidade.

**Exclusão** Estudos relacionados a pessoa com outras deficiências (e.g., cegos, mudos).

**Exclusão** Estudos que apresentam somente padrões de usabilidade.

**Exclusão** Estudos que fogem do objetivo da pesquisa.

## 2.2.2 Condução

Uma vez que o protocolo tenha sido definido, a fase de condução é composta pela aplicação das strings de busca relacionadas a biblioteca de busca conforme descrito na Tabela 2.3. A condução desta RS é composta por 3 etapas, identificação, seleção e ex-

tração dos artigos. A quantidade de artigos identificados em cada base está representada na Tabela 2.4. Na etapa de identificação buscamos os artigos em suas respectivas bibliotecas e string de busca. Para gerenciar os artigos na condução da pesquisa, fizemos uso de uma ferramenta denominada *State of the Art through Systematic Review* (StArt) [25] na versão *desktop* 3.0.3 beta. Essa ferramenta permite a inclusão do protocolo de pesquisa, a importação dos artigos em diversos formatos (e.g., bibtex, medline, ris, cochrane), a identificação automatizada de artigos duplicados e organização dos artigos por fases (e.g., identificação dos estudos, seleção, extração), assim como o resumo dos artigos em forma de gráficos através de filtros.

Tabela 2.4: Etapas da revisão sistemática.

Etapa	ACM	IEEE	Science Direct	Scielo	Springer	Total
Identificação	632	106	613	22	942	<b>2315</b>
Seleção	59	22	14	4	119	<b>218</b>
Extração	4	3	4	3	13	<b>27</b>

Sobre a frequência de publicações aceitas ao longo dos anos, os trabalhos extraídos tiveram publicações entre os anos de 2003 e 2020. A Figura 2.2 mostra os artigos publicados por ano. Conforme ilustrado, o maior número de publicações aceitas é nos anos de 2007, 2011 e 2014 com a quantidade de três publicações.



Figura 2.2: Quantidade de artigos extraídos por ano de publicação.

### 2.2.3 Resultados

Esta seção descreve os resultados encontrados através da apresentação e resposta das questões de pesquisa desta revisão. A primeira questão de pesquisa **QP1** é: “Quais são os padrões de acessibilidade mencionados nos trabalhos?”

Um padrão (*standard*) é uma norma estabelecida que pode ser utilizada como base para estipular comparações. A aplicação de padrões de acessibilidade em ambientes de software traz diversos benefícios (e.g., produtividade, redução de custo, qualidade de software) para usuários finais, *designers*, desenvolvedores e organizações [44]. Os padrões de acessibilidade identificados nos trabalhos estão disponíveis na Tabela 2.5. Entre os padrões identificados o WCAG teve o maior número de trabalhos relacionados a versão 1.0 teve 9 artigos relacionados, a versão 2.0 teve 17 artigos, e a versão 2.1 teve 1 artigo, somando um total de 27 referências que fazem uso deste padrão de acessibilidade.

Tabela 2.5: Padrão de acessibilidade por artigo extraído.

<b>Padrão de acessibilidade</b>	<b>Referência</b>
<i>AbleGamers Foundation</i>	[31]
<i>Accessible Design for Self-Service Interactive Devices</i>	[37]
<a href="#">ADA</a>	[37]
Acessibilidade em Governo Eletrônico ( <a href="#">eMAG</a> )	[16]
EN 301 549	[37, 38]
<i>European Broadcasting Union</i> ( <a href="#">EBU</a> )	[21]
<i>Game Accessibility Guidelines</i>	[31]
<i>IBM Software Accessibility Checklist</i>	[33]
<i>Irish National Disability Authority Guidelines</i>	[37]
<i>Irish National IT Accessibility Guidelines</i>	[33]
ISO 16071	[29]
<a href="#">ISO/IEC 24751</a>	[15]
<a href="#">ISO/IEC 40500</a>	[41]
MobiDeaf	[50]
<i>Section 508 Standards</i>	[16, 33, 13, 37, 39, 15, 36]
<i>SI 5568</i>	[15]
<i>U.S. Air Carrier Access Act</i>	[37]
<i>Voluntary Voting System Guidelines</i> ( <a href="#">VVSG</a> )	[37]
<a href="#">WCAG 1.0</a>	[42, 21, 22, 16, 13, 15, 52] [53, 20]
<a href="#">WCAG 2.0</a>	[42, 21, 17, 22, 16, 28, 43] [19, 35, 37, 48, 15, 41, 55] [46, 20, 47]
<a href="#">WCAG 2.1</a>	[15]

Foram identificados 21 padrões de acessibilidade, que estão resumidos na Tabela 2.5, esse valor representa um aumento de 66% com relação aos padrões encontrados na Seção 2.1. O total de 3 padrões identificados nesta seção são iguais a da seção anterior (e.g., [ADA](#), *Section 508*, [WCAG](#)), e 4 padrões da seção anterior não foram encontrados nesta seção (e.g., [ABNT NBR 15610](#), [CVAA](#), *European Accessibility Act*, *Section 255*).

A *AbleGamers Foundation* revela recursos de acessibilidade que podem ser aplicados em vídeo games baseado em três níveis de acessibilidade: nível um *good*, nível dois *better*, nível três *best*. O padrão *EBU* apresenta recomendações para pessoas surdas no ramo da indústria de *broadcasting* [21]. O padrão *WCAG* possui diversas versões, nesta revisão foi identificado o uso de 3 versões, a versão *WCAG* 1.0 teve sua última versão atualizada em maio de 1999, a versão *WCAG* 2.0 em dezembro de 2008 e a versão atual *WCAG* 2.1 em junho de 2018. O artigo que se refere ao padrão *MobiDeaf* sugere recomendações para criação de redes sociais para pessoas surdas. Neste trabalho houve uma comparação com as diretrizes recomendadas pela *WCAG* 2.0 onde foram mostrados resultados da eficácia deste padrão [50]. As recomendações de *eMAG* sugerem implementação de acessibilidade digital, esse documento é baseado no *WCAG*, porém reproduzido para o governo do Brasil [16]. O *Irish National IT Accessibility Guidelines* contempla informações referentes a descrição de objetivos de alto nível de acessibilidade, diretrizes caracterizadas por tecnologia, justificativa e motivação das diretrizes e orientações técnicas [10]. O *International Business Machines Corporation (IBM) Software Accessibility Checklist* na versão 7.1, incorpora requisitos de acessibilidade de referência na área de acessibilidade (e.g., *WCAG* 2.1, *Section 508 Standards*, *European EN 301 549 V2.1.2 standard*) [9]. O padrão SI 5568 contém ajustes realizados por Israel para atender recomendações ao nível AA do padrão *WCAG* 2.0 [15]. O padrão EN 301 549 é do continente Europeu, a estrutura deste padrão é *feature-based* devido a diversidade de tipos dispositivos atualmente disponível, neste trabalho consideramos os critérios de acessibilidade para software. A *International Organization for Standardization (ISO) 16071* fornece diretrizes sobre projeto de interface de software, para fornecer um bom nível de acessibilidade e promover o aumento de eficácia, eficiência e satisfação das pessoas de variadas capacidades e preferências [29].

Uma vez identificado os padrões de acessibilidade nos artigos extraídos, a segunda questão de pesquisa **QP2** “Quais são as plataformas aplicáveis aos padrões de acessibilidade?” pode então ser respondida. A Tabela 2.6 contém informações sobre as plataformas identificadas nesta **RS**.

Tabela 2.6: Plataformas de acessibilidade.

Plataforma	Referência
Aplicações Web	[42, 21, 22, 16, 28, 35, 19, 13, 46] [48, 15, 52, 53, 43, 47, 36, 55, 41]
Aplicação Móvel	[20, 50]
Jogos Digitais	[17, 31]
<i>Kiosk</i>	[37]
<i>Software</i>	[33, 39, 38, 29]

A plataforma de aplicações na web teve 18 trabalhos relacionados, essa plataforma atingiu o maior número de trabalhos relacionados. O padrão [WCAG](#) que é voltado para web e teve o maior número de trabalhos relacionados justifica o resultado da quantidade de plataformas de acessibilidade identificadas. Dentre as plataformas identificadas a diversidade nos ramos das aplicações varia significativamente. Na Figura 2.3 são listados os ramos das aplicações dos trabalhos extraídos, trabalhos que não especificam de forma explícita o ramo que foi aplicado não são considerados neste gráfico.



Figura 2.3: Quantidade de artigos extraídos por ramo de aplicação.

O ramo de educação teve o maior número de artigos relacionados (e.g., *m-learning*, *e-learning*, moodle). O trabalho de [31] não especifica um ramo específico, porém neste artigo o autor avalia jogos de diversas categorias instalados no *Android* 7.0, entre eles estão o jogo de ação *Metal Soldiers 2*, o jogo de corrida *Carreras en Bicicleta Grátis* e o jogo de ação *The Walking Dead: Season One*. Outros artigos falam de acessibilidade em termos mais gerais sem especificar um ramo de aplicação [21, 16, 37, 17].

Sobre a terceira questão de pesquisa **QP3** “Houve automatização na avaliação de acessibilidade?”. Um total de 14 ferramentas de avaliação de acessibilidade automatizada foram identificadas em 9 artigos conforme descrito na Tabela 2.7. Em 17 artigos não foi identificado ferramentas de automação de acessibilidade [21, 22, 17, 50, 16, 39, 28, 33, 13, 37, 31, 19, 38, 46, 29, 20, 47]

As ferramentas *AChecker*, *eXaminator* e *Bobby* tiveram o maior número de trabalhos relacionadas. A ferramenta *Bobby* lista os problemas identificados de acordo com o nível de prioridade definido pela [WCAG](#) [52]. No artigo [42] foram desenvolvidas duas aplicações web por meio da tecnologia *WordPress* onde ambas passaram por avaliações automatizadas de acessibilidade para a verificação de conformidade com critérios do padrão [WCAG](#) por meio das ferramentas *eXaminator8* e *TAW9* e depois por um processo de avaliação manual. Os detalhes do processo automatizado não foram descritos pelo autor.

Tabela 2.7: Ferramenta de automatização de acessibilidade.

Ferramenta de automação	Referência
AChecker	[41, 43, 15, 55]
aXe, EvalAccess, FAE, CynthiaSays, Accessibility valet, OCAWA etc.	[15]
Bobby	[52, 15, 53]
eXaminator	[48, 41, 42]
Hera robots	[48]
TAW	[41, 15]
TAW9	[42]
<i>Web Accessibility Assessment Tool (WAAT)</i>	[43]
<i>Web Accessibility Evaluation Tool (WAVE)</i>	[41, 15]
XValid	[35]

No trabalho [43], 2 ferramentas de testes automatizados foram utilizadas para validar conformidade com as diretrizes do WCAG 2.0: (i) AChecker - ferramenta web desenvolvida para apresentar resultados nas categorias de problemas potenciais, prováveis e conhecidos (ii) WAAT - Ferramenta desenvolvida na linguagem de programação Java através do projeto *EU FP7 ACCESSIBLE*. Ambas as ferramentas validam os níveis A, AA, e AAA de conformidade com o padrão WCAG. Os problemas identificados pelas ferramentas estão relacionados a textos alternativos, apresentação de conteúdo e contraste. Os resultados da avaliação automatizada entre as duas ferramentas apresentaram diferenças significativas em relação às métricas adotadas. Esse trabalho também apresentou avaliação subjetiva através de questionários com 3 usuários surdos.

Para validar critérios de acessibilidade WCAG em redes sociais (e.g., Facebook, Myspace, Youtube, iWiW) a ferramenta de código aberto XValid foi utilizada. A XValid foi desenvolvida por tecnologias do *.NET framework 2.0*, a aplicação permite a inserção do *Uniform Resource Locator (URL)* ou um arquivo do sistema para a avaliação de páginas web [35]. Uma equipe realizou testes automatizados para validar e verificar acessibilidade com as ferramentas eXaminator e Hera robots, porém foram apresentados detalhes do funcionamento das ferramentas ou resultados dos testes [42].

No trabalho de [15] foi apresentado uma RS sobre estudos empíricos relacionados a acessibilidade web de sites educacionais. Uma das questões de pesquisa relacionadas a essa revisão é relacionada a ferramentas que fazem avaliação de acessibilidade, desta forma este trabalho apresentou 8 ferramentas automatizadas. Dentre as ferramentas identificadas destacamos 3 que estão entre as ferramentas automatizadas que tiveram mais referência na revisão realizada: (i) WAVE é um conjunto de ferramentas de avaliação que ajuda a identificar falhas de acessibilidade do padrão WCAG e facilita a verificação

humana de conteúdo web; (ii) EvalAccess usa o URL de um site como entrada onde é avaliada violação de critérios de acessibilidade e exibido avisos contendo a linha de código de onde foi encontrado violação. (iii) TAW5 é uma ferramenta web que verifica o nível de acessibilidade encontrado no *design* e desenvolvimento de páginas web.

Muitos trabalhos extraídos na revisão da literatura apontam o uso de ferramentas de automação de acessibilidade. No entanto, as validações com ênfase em usuários surdos ainda são insuficientes [16], isso ocorre porque os trabalhos tratam de acessibilidade para diversos usuários (e.g., surdos, cegos, autista). O trabalho de [15] teve o maior número de ferramentas automatizadas de acessibilidade entres os extraídos, onde muitas das ferramentas apontadas apresentam a validação de acessibilidade para surdos. No entanto, detalhes sobre as diretrizes validadas ainda são insuficientes. No mapeamento sistemático realizado por [16], foi concluído que interfaces acessíveis para usuários surdos estão em falta, um dos motivos principais é a carência de ferramentas que apoia o desenvolvimento de produtos acessíveis.

Existem trabalhos que não fizeram uso de ferramenta para testes de acessibilidade, no entanto, foi sugerido uso das ferramentas automatizadas (e.g., A-Prompt, Bobby, Truwex) para a realização de avaliações de acessibilidade iniciais. Eles concluem que apesar de ferramentas de automação ser útil, elas não substituem a avaliação com o usuário [20].

Finalmente a quarta questão de pesquisa **QP4** “Existem diretrizes de acessibilidade considerados nos trabalhos?”, trata das recomendações sugeridas para pessoas surdas em relação a como manter os recursos descritos por elas acessíveis. O objetivo de diretrizes (*guidelines*) de acessibilidade em software é a redução da necessidade de tecnologias de software e *hardware* e, ao mesmo tempo promover usabilidade de programas de computadores por meio do uso destas tecnologias. A aplicação de diretrizes de acessibilidade em software não garante o entendimento de todos os usuários, uma vez que ainda não existem critérios maduros o suficiente para apresentar soluções para atender todas as deficiências. Porém, muitas vezes não é necessário e viável fazer todos os sistemas acessíveis sem o uso de tecnologias complementares [44]. Nesta seção temos as principais diretrizes identificadas pelas pesquisas extraídas na Tabela 2.8.

Tabela 2.8: Diretrizes de acessibilidade para surdos, utilizadas nos artigos.

Diretrizes	Referência	Orientações
Apresentação de informação	[21, 22, 17, 50, 15] [16, 43, 33, 13, 47] [35, 37, 31, 29, 36]	Ajustes em cor, áudio, contraste, redimensionamento de imagens de texto.
<i>Caption</i> ou legenda	[42, 21, 17, 50, 47] [16, 28, 19, 13, 20] [37, 31, 39, 15, 46] [52, 38, 53, 41, 36] [55]	Uso de <i>caption</i> ou legenda em vídeo ou áudio.
Conteúdo programado	[21, 17, 16, 28, 47] [33, 13, 35, 37, 15]	Apresentar alternativas para conteúdo cronometrado.
Notificações	[50, 16]	Evitar uso de áudio e alerta em notificações.
Sistema de ajuda	[16, 19, 35, 20]	Fornecimento de dicionário, escolha de idioma ou ajuda na navegação.
Uso de imagem	[42, 50, 16, 55, 47] [36, 29]	Uso de imagens com detalhes em texto (e.g., gráficos).
Uso de texto	[42, 22, 17, 50, 47] [16, 43, 33, 19, 53] [13, 35, 15, 52, 41]	Conteúdo de texto simples e claro.
Vídeo com <b>LS</b>	[42, 21, 17, 50, 20] [16, 28, 19, 31, 47] [48, 15, 41, 46]	Vídeos com Intérpretes de <b>LS</b> .

Em muitos casos, quando existem 2 ou mais trabalhos que fazem o uso do mesmo padrão de acessibilidade, eles apresentam diretrizes distintas, como nos trabalhos de [42] e [21]. O uso de *caption* ou legenda em mídia foi a diretriz mais recomendada nos trabalhos, com o total de 21 artigos relacionados. Apesar de *caption* ou legenda ter a maior quantidade de referências não é possível concluir que a implementação deste recurso atende a comunidade surda. Alguns artigos avaliaram a acessibilidade não só de pessoas surdas, mas de outras categorias como a de pessoas cegas. Muitas vezes a apresentação de uma diretriz para mais de uma categoria dificulta a rastreabilidade de diretrizes para uma categoria específica. A Figura 2.4 exibe um gráfico radar que trata das referências e diretrizes identificadas por tipo de revisão que estão nas Tabelas 2.2 e 2.8. A diretriz *caption* teve o maior número de referências tanto pela **RS** como na pesquisa exploratória. Vídeos em **LS** e o uso de texto também tiveram quantidades de referências expressivas.

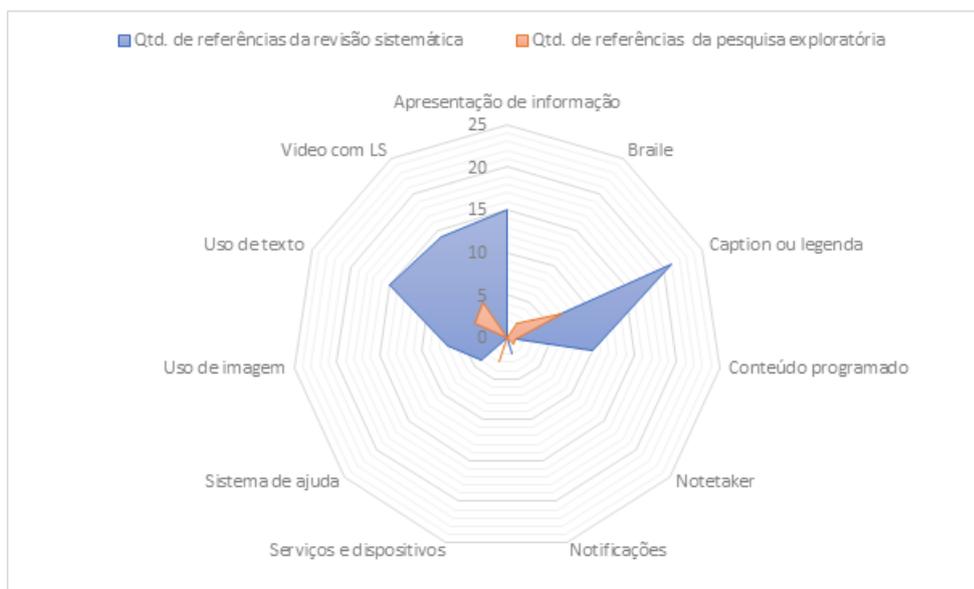


Figura 2.4: Quantidade de referências por diretriz e tipo de revisão.

Em alguns casos foram identificadas diretrizes que existem na pesquisa exploratória, mas não existem na RS (e.g. Serviços e dispositivos, Braile, *Notetaker*). Também, 4 diretrizes que estão na RS, não estão na pesquisa exploratória (e.g., apresentação de informação, uso de imagem, sistema de ajuda, notificações).

## 2.3 Requisitos de Acessibilidade em Aplicações Web para pessoa Surda

A partir dos resultados obtidos pelas Seções 2.1 e 2.2 foram criados requisitos de acessibilidade em aplicações web para a pessoa surda. A escolha dos requisitos de acessibilidade foi baseada nas diretrizes identificadas e exibidas pelas Tabelas 2.2 e 2.8. A Figura 2.5 ilustra a quantidade de diretrizes identificadas na revisão da literatura.

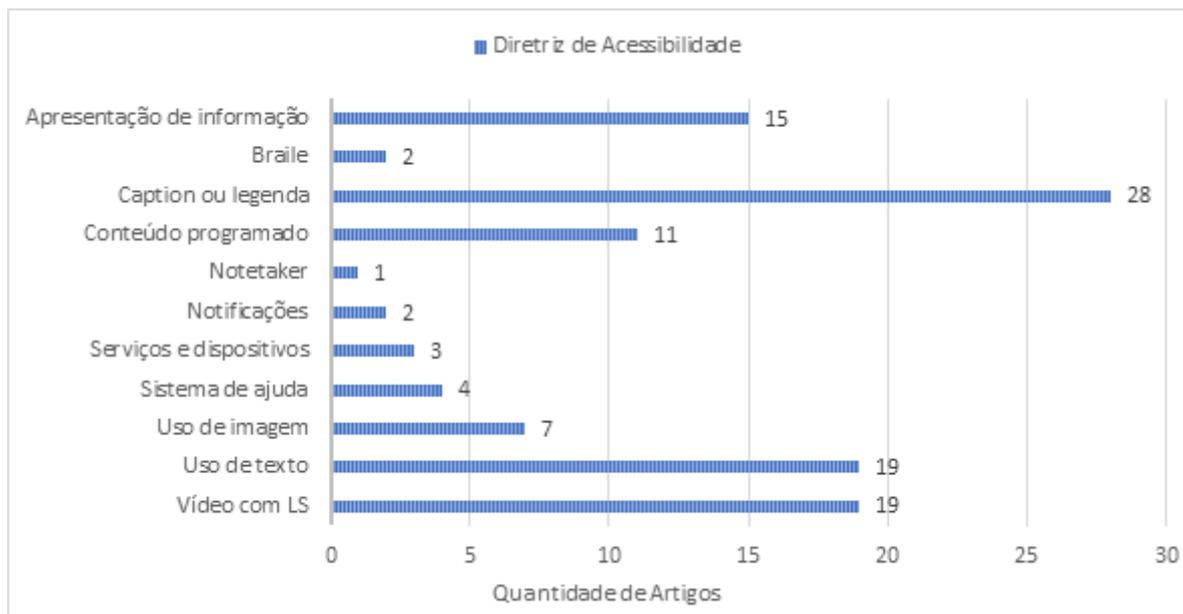


Figura 2.5: Quantidade de artigos relacionados por diretriz de acessibilidade.

No total foram identificadas 11 diretrizes de acessibilidade ilustradas na Figura 2.5. A diretriz de *Caption* e legenda teve 28 trabalhos relacionados, sendo a diretriz com a maior quantidade. As diretrizes uso de texto e vídeos com LS tiveram 19 trabalhos relacionados, sendo a segunda maior. Na lista abaixo cada diretriz é explicada com mais detalhes.

1. Apresentação de informação- Modificação do conteúdo que é apresentado para o usuário para manter interface simples e legível. Pontos a considerar são ajustes na cor de elementos, contraste, redimensionamento de elementos conforme ajustes de tamanho de tela.
2. Braille- Uma forma de escrita tátil usado por pessoas com deficiência visual.
3. *Caption* ou legenda- Disponibilidade de *caption* ou legenda em elementos de mídia como imagens e vídeos.
4. Conteúdo Programado- Conteúdos que requerem tempo para executar. Por exemplo, uma prova que deve ser finalizada com no máximo 10 minutos. Usuários surdos podem ter dificuldade de interpretar o conteúdo de uma aplicação caso os recursos não forem adequados para eles, isso pode requerer tempo suficiente para realizar atividades.
5. *Notetaker*- *Hardware* como tecnologia assistiva para surdos e cegos fazerem anotações.
6. Notificações- Sistemas de avisos e alerta para o usuário final do software. O uso de áudio em notificações pode impedir ao usuário surdo navegar na aplicação.
7. Serviços e dispositivos- Suprimento de certos serviços para surdos, como a neces-

- sidade de ter uma pessoa fluente em **LS** presente em todos os momentos dentro de uma organização, o que resulta em manter serviços mais acessíveis.
8. Sistema de ajuda- Fornecimento de recursos para o usuário surdo (e.g., dicionário de **LS**, escolha de idioma).
  9. Uso de imagem- Imagens deve ser clara e simples. O uso de texto pode auxiliar na explicação de uma figura.
  10. Uso de texto- Exibir conteúdo em aplicações de forma clara e simples.
  11. Vídeo com **LS**- O uso de Intérpretes fluentes em **LS** através de mídias como vídeo. Essa diretriz pode ser útil para explicar a funcionalidade de um sistema para usuários surdos.

Na lista abaixo temos 4 requisitos criados a partir das diretrizes de acessibilidade. O requisito 1 está relacionado as diretrizes de vídeo com **LS** e parcialmente sistema de ajuda. O requisito 2 atende as diretrizes *caption* ou legenda e notificações uma vez que a identificação de áudio precisa fazer o uso de *caption*. O requisito 3 está diretamente ligado a diretriz de conteúdo programado. O requisito 4 se relaciona a apresentação de informação, uso de texto, uso de imagem, e sistema de ajuda.

- **Requisito 1 (R1): Intérprete de **LS****- Para usuários que preferem se comunicar através de **LS**. Desta forma, um intérprete de **LS** deve estar disponível em formato de vídeos.
- **Requisito 2 (R2): *Caption* na mídia**- Mídia como áudio e vídeo deve fazer uso de *caption*, para ajudar pessoas surdas a entender conteúdos em tempo real.
- **Requisito 3 (R3): Conteúdo programado**- Pessoas surdas podem levar mais tempo para interagir em páginas web, isso pode ocorrer devido à dificuldade de interpretar informações da página que não esteja acessível. Páginas que exigem do usuário tempo para navegar deve ser avaliada.
- **Requisito 4 (R4): Materiais de texto**- Páginas web que fazem uso de áudio para alertar sobre possíveis erros, não é adequado para a pessoa surda. Ter uma fonte alternativa para exibir conteúdo é necessário (e.g., texto, imagens, vídeo). Além disso, a concordância ou formato do texto deve ser considerado.

A Tabela 2.9 apresenta a relação entre os requisitos de acessibilidade e as diretrizes de acessibilidade. Algumas diretrizes de acessibilidade não foram consideradas para a criação dos requisitos de acessibilidade porque fogem do contexto de aplicações web e usuários surdos. Por exemplo, *braille*, *notetaker*, Serviços e Dispositivos. O *braille* naturalmente se refere a usuários cegos, no entanto, existem pessoas que são surdas e cegas que poderiam se beneficiar do uso desta diretriz, portanto o objetivo deste trabalho trata-se primordialmente de usuários surdos. Um *notetaker*, e Serviços e dispositivos não

se aplicam a sistemas web, essas diretrizes tratam do fornecimento de equipamentos e serviços para o público surdo.

Tabela 2.9: Relação entre os requisitos e diretrizes de acessibilidade.

<b>Requisito de acessibilidade</b>	<b>Diretrizes de acessibilidade</b>
RQ1-Intérprete de <b>LS</b>	Vídeo com <b>LS</b> , Sistema de ajuda
RQ2-Caption na mídia	Caption ou Legenda, Notificações
RQ3-Conteúdo programado	Conteúdo Programado
RQ4-Materiais de texto	Apresentação de informação, Uso de texto, Uso de imagem, Sistema de ajuda

Os requisitos levantados nesta seção, serão aplicados as abordagens automatizadas para teste de acessibilidade que serão exploradas no próximo capítulo.

## 2.4 Considerações Finais

Neste capítulo foi realizado uma revisão da literatura com o objetivo de compreender aplicações de acessibilidade para pessoas surdas e o seu processo de automação. Para contribuir na investigação, quatro questões de pesquisa foram elaboradas. A primeira e segunda **QP** tratam de identificar padrões de acessibilidade e as plataformas onde são aplicados esses padrões. É perceptível a diversidade de padrões atualmente existentes: em alguns casos os padrões sofrem influência do tipo de plataforma que é desejado aplicar acessibilidade, em outros casos a leis estabelecidas por um determinado país ou continente.

A terceira **QP** refere-se à automatização de acessibilidade. Em 62% dos trabalhos extraídos nesta revisão não são utilizados recursos de automação de acessibilidade. Alguns artigos apresentam processos manuais e outras abordagens, fugindo da questão de acessibilidade e não apresentam informações sobre teste e automação. Para a maioria dos processos de automação os resultados apresentam satisfação no uso de automação para apoio na verificação de acessibilidade em aplicações de software. No entanto, somente a automatização muitas vezes não é suficiente para garantir que um sistema seja acessível.

A quarta **QP** trata-se de diretrizes de acessibilidade para pessoas surdas que são expostas pelos padrões de acessibilidade. No total, foram encontrados 11 diretrizes de acessibilidade voltados para usuários surdos. Embora certas diretrizes apresentem muitos artigos relacionados, todas são importantes quando se trata de acessibilidade.

O resultado desta revisão mostra que muito tem sido feito para tratar a acessibilidade em diversos ambientes. Ainda existe uma carência de ferramentas que atendem requisitos para usuários surdos. Outro ponto importante é a ausência quanto a tradução

em [LS](#). No entanto, se espera que o trabalho realizado possa estimular pesquisas relacionadas a área do tema de requisitos de acessibilidade e automação em ambientes web para o usuário surdo que se comunicam em [LS](#).

---

## Abordagens Automatizadas para Teste de Acessibilidade

---

Neste capítulo são discutidas as abordagens de automatização de testes de acessibilidade para surdos. De acordo com a revisão da literatura realizada no capítulo 2, atualmente existe a falta de ferramentas automatizadas voltadas para acessibilidade que atendam aos requisitos que obtivemos. Para atender a ausência de recursos e ferramentas automatizadas para usuários surdos, 2 questões de pesquisa são apresentadas com base no R1 e R2 da Seção 2.3. Não são abordados o R3, referente aos conteúdos programados, e R4, referente a materiais de texto, devido à limitação de recurso e o tempo de desenvolvimento de um trabalho de mestrado. Além disso, foi decidido priorizar o R1 e R2, logo, as diretrizes apresentadas nestes requisitos tiveram o maior número de trabalhos relacionados na revisão da literatura. Com bases em R1 e R2 nos derivamos as seguintes QP:

- **Questão de Pesquisa 1 (QP1)** — Como é possível automatizar a avaliação de associação entre elementos do tipo input com vídeos em LS em páginas web?
- **Questão de Pesquisa 2 (QP2)** — Como identificar a existência de *captions* em elementos de áudio e vídeo em páginas web de forma automatizada?

O vídeo é um elemento de mídia usado para reproduzir vídeos ou filmes, cujos dados de mídia são aparentemente dados de vídeo, possivelmente associados com dados de áudio [30]. O elemento input representa um campo de entrada tipificado, esse campo permite ao usuário editar dados. Atualmente existem 23 diferentes tipos de elementos inputs (e.g., text, email, file, button, date, password). A experiência anterior do grupo mostra que a interação com o usuário surdo através de inputs pode requerer informações adicionais como o uso de um intérprete em LS [54]. No entanto, priorizamos inicialmente identificar associações de elementos de vídeos com inputs. Uma questão importante para esse momento é identificar o que é input e vídeo tecnologicamente. O termo *caption* significa a transcrição de palavra por palavra do que está sendo dito, no mesmo idioma do áudio. Além disso, é providenciada informação que não está sendo falada, que ajuda

ao usuário compreender o contexto do vídeo, incluindo, ações, música e efeitos sonoros. Em contrapartida, o uso de legendas considera somente aquilo que está sendo falado que pode ser traduzido para outras línguas [26].

Este capítulo está estruturado da seguinte forma: a Seção 3.1 apresenta a abordagem de testes de acessibilidade através de análise estática. Na Seção 3.2 é descrito o teste de acessibilidade por metadados. Na Seção 3.3 é discutido teste de acessibilidade através de estatística descritiva, os cálculos desta análise, localizados na Tabela A.4, foram desenvolvidos com a colaboração de outro mestrando Luíla M. Oliveira em função da submissão de um artigo de pesquisa para uma conferência. A Seção 3.4 descreve a comparação entre as abordagens de automação. As considerações finais do capítulo são pontuadas na Seção 3.5.

### 3.1 Testes de acessibilidade usando análise estática

Aplicações web tendem a ter atualizações e mudanças constantes, considerando a evolução rápida de *frameworks* e *feedbacks* de usuários relacionados a usabilidade [45]. Uma vez que uma página web é carregada, a estrutura da página pode ser reconhecida, onde é possível executar testes de acessibilidade por meio da observação destes elementos. Para realizar a automação é necessário caracterizar esses elementos e isso é possível por meio da técnica de análise estática. Esta técnica de análise estática faz a verificação de sistemas, onde não é necessário a execução do programa. Desta forma, essa técnica realiza a análise por meio da representação de origem do software, isso inclui: (i) Análise por meio do modelo de especificação; (ii) Análise por meio do *design*; (iii) Análise por meio do código-fonte do programa [56]. Com influência da abordagem do trabalho de [45] e a ideia de [51], consideramos a análise estática como a abordagem genérica para tratar o teste de acessibilidade de acordo com as questões de pesquisa deste trabalho.

A natureza dinâmica de páginas web e o crescimento numérico de critérios de acessibilidade tornam o processo de testes automatizado um grande desafio [51]. No entanto, pesquisas apontam que o teste em aplicações web com técnicas de análise estática são eficientes para detecção de falhas [45]. O trabalho de [51] apresenta uma ferramenta denominada *Multi-Guideline Accessibility and Usability Validation Environment* (MAUVE) que realiza análise estática automatizada. Com base em análise estática de páginas HTML e a manipulação do DOM, essa ferramenta apresenta a opção de validar páginas baseadas em usuários cegos e padrões de acessibilidade WCAG. No entanto, assim como todos os trabalhos da revisão da literatura, não foram identificadas ferramentas que tratam da acessibilidade com a opção de usuários surdos, ou que apresentam testes baseados em requisitos ou diretrizes para pessoas surdas.

Quando uma página web é carregada pelo navegador, o arquivo **HTML** correspondente é baixado na rede e transmitido para o analisador que gera o **DOM** através de bibliotecas de pré-processamento [51]. A partir do **DOM** é possível identificar objetos de um documento **HTML** e realizar a análise estática de páginas web [30]. O **DOM** não determina a forma de implementação do documento. No entanto, essa interface de programação permite a manipulação de elementos de uma página web para serem representados em formato de árvore conforme representado na Figura 3.1.

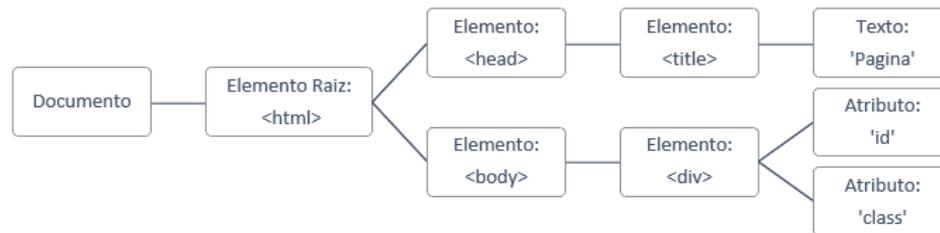


Figura 3.1: Representação de uma página **HTML** através de uma interface **DOM**.

A partir da estrutura da interface **DOM** e o conceito de análise estática, foram contempladas duas abordagens neste capítulo (i) Metadados; (ii) Análise Estatística Descritiva. Ambas as abordagens apresentam meios de responder a **QP1** e **QP2** com base na análise estática de páginas **HTML**. Mais detalhes sobre essas abordagens são apresentadas nas seções seguintes.

### 3.1.1 Suporte ferramental para o estudo das abordagens

Para a realização da análise estática automatizada é necessário a aplicação de uma ferramenta para o estudo das abordagens, onde a estrutura **HTML** possa ser importada para análise e verificação dos elementos contidos em uma página web. A Figura 3.2 ilustra o processo de avaliação de páginas web realizada neste trabalho. Para automatizar esse processo, foi desenvolvida uma ferramenta denominada *Web Accessibility Evaluation Testing* (**WAET**), ela permite realizar avaliações em páginas web através da manipulação do **DOM**.

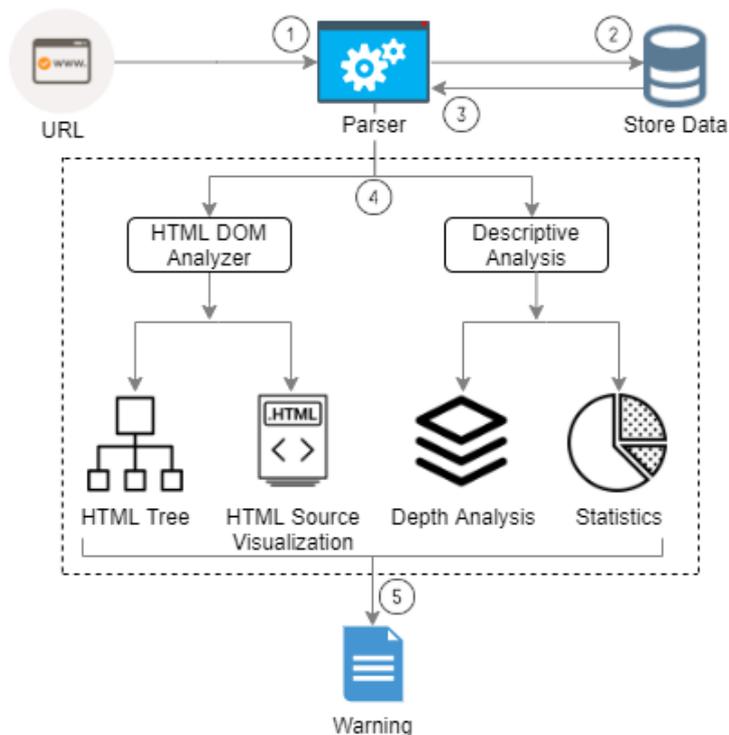


Figura 3.2: Processo de avaliação de páginas web.

No 1º passo da Figura 3.2 é informado o endereço de uma página web. Uma vez que o endereço foi informado, é possível visualizar o código-fonte [HTML](#) e elementos do tipo vídeo, áudio, input, iframe e *caption*, assim como a quantidade de cada um desses elementos. No 2º passo é permitido salvar em um banco de dados o código-fonte da página para realizar uma análise baseada no histórico da página. No 3º passo listamos todas as páginas salvas onde é permitido escolher qual será avaliada. Para o 4º passo, foi criada uma interface gráfica onde a visualização de uma estrutura [HTML](#) pode ser analisada através de uma árvore. Também, é permitido realizar a exportação de dados, isso inclui: (i) Altura da página; (ii) Profundidade de elementos; (iii) Parentesco de elementos; (iv) Tipo e atributos de tags [HTML](#). No 5º e último passo, foi realizado a geração de avisos que mostra evidências sobre o sucesso ou falha na avaliação de acessibilidade em páginas web. Com esse suporte ferramental, as condições para realizar os estudos das abordagens de metadados e estatística descritiva são alcançáveis. Esses estudos serão analisados nas seções seguintes.

## 3.2 Teste de Acessibilidade por Metadados

Metadados são utilizados para descrever um recurso a partir de *string-matching* e a validação semântica de conteúdo [58]. Pesquisas tem utilizado essa técnica para obter informações de imagens na web a partir da extração dos metadados dela. Neste caso,

metadados (e.g., name, title, alt) a respeito das imagens são utilizados como mecanismos de busca, onde busca pela imagem é realizada associando o termo de pesquisa com o metadado da imagem. Uma vantagem desta abordagem é que não é necessário baixar a mídia para identificação do elemento, uma vez que as informações dos metadados podem ser suficientes [40]. Seguindo a mesma analogia de [40], é possível testar a acessibilidade através de metadados, onde a inserção de metadados em elementos permite estabelecer associações entre 2 ou mais elementos, e com o recurso de *string-matching* é possível localizar elementos com valores iguais. A Figura 3.3 ilustra o vínculo de metadados de acessibilidade com elementos.

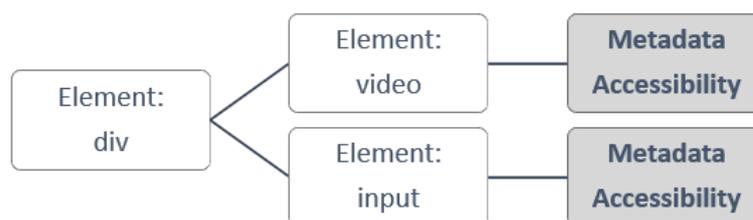


Figura 3.3: Exemplo de elementos com metadados de acessibilidade.

Antes de realizar a avaliação por metadados é necessário caracterizar como os elementos de vídeo e input são representados dentro de uma página web, considerando o contexto da **QP1**. Os elementos de input são campos de uma página onde o usuário pode inserir dados, sua representação em uma página web é somente por meio da tag `<input>`, onde o atributo `type` estabelece o tipo (e.g., `date`, `checkbox`, `email`, `password`). Os elementos de vídeo em páginas web pode ser implementados por mais de uma tag (e.g., `<video>`, `<iframe>`, `<object>`). Atualmente somente a tag `<video>` permite a inclusão de legendas por meio da tag `<track>` [30].

### 3.2.1 Caracterização dos elementos de vídeo e input em páginas web

Para caracterizar os elementos de vídeo e áudio, foram avaliadas 100 páginas web conforme a Tabela A.1, localizada no (Apêndice A). Através da ferramenta **WAET** foi possível manipular o **DOM**, para gerar os resultados automatizados. Ficou caracterizada a prevalência maior do elemento input do tipo *text*, com total de 169 elementos entre as 100 páginas web avaliadas. O resumo completo dos elementos identificados está na Tabela 3.1.

Tabela 3.1: Caracterização dos elementos de input nas páginas avaliadas para metadados.

<b>Variáveis</b>		
<b><i>Elementos input identificado (%)</i></b>	button	6 (00.97%)
	checkbox	99 (16.09%)
	email	38 (06.17%)
	image	24 (03.90%)
	password	19 (03.08%)
	radio	99 (16.09%)
	range	15 (02.43%)
	reset	1 (00.16%)
	search	39 (06.34%)
	submit	96 (15.60%)
	tel	08 (01.30%)
	text	169 (27.47%)
	url	2 (00.32%)
	<b>Total de inputs</b>	<b>615 (100%)</b>
<b><i>Quantidade de vídeo</i></b>	<b>Total de vídeos</b>	<b>22</b>

A escolha destas páginas foi de forma aleatória, e foi considerado páginas desenvolvidas para diversidade global (e.g., Estados Unidos, Brasil, Índia, China, Egito, Grécia, Austrália, África do Sul) e 16 categorias diferentes de sites conforme ilustrado na Figura 3.4. A categoria que teve o maior número de páginas foi a de notícias.

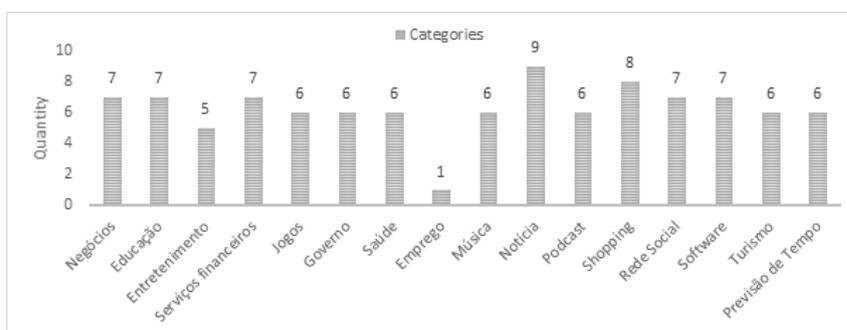


Figura 3.4: Categoria dos sites avaliados.

Uma vez que os elementos de vídeos e input foram identificados (Tabela 3.1), é eliminada a possibilidade da geração de falsos positivos em termos do elemento avaliado. No entanto, ainda existe a chance do erro de implementação. Neste caso, um aviso poderia ser útil para alertar a pessoa responsável pelo teste sobre a existência de falhas de acessibilidade. Os perfis avisos que poderiam ser gerados são: (i) A inserção de metadados estendidos em somente em 1 tipo de elemento (e.g., input, vídeo); (ii) A falta de metadados em elementos de vídeo e input; (iii) A inexistência de vídeo ou input na página.

Sobre a **QP2** é abordado a existência de legenda em elementos de vídeo e áudio. Para responder essa questão 100 páginas web foram avaliadas, localizadas na Tabela A.1, no (Apêndice A). Por meio desta avaliação foi pesquisado a existência de legendas através de uma abordagem automatizada. Devido à escolha das páginas ser de forma aleatória, somente 11% das páginas avaliadas possuem elementos de vídeo (Tabela 3.2), dentre essas, somente 1 página faz o uso de *caption* por meio da tag <track>. Nesta análise, foram considerados somente elementos de vídeo com a tag <video> onde é possível identificar o uso de *captions* por meio da análise do DOM. Na página de ID 91 foi identificado a existência de 2 elementos de vídeo para cada elemento de vídeo foi identificado 1 elemento track onde é providenciado *caption* para esses vídeos. Existem outras formas de representar vídeos dentro de páginas web, este trabalho é inicialmente limitado aos elementos do tipo <video>, como no caso da página de ID 99 (youtube.com) que utiliza uma imagem para exibir uma imagem de vários vídeos e somente após o acesso ao vídeo desejado que ele é carregado na página. A natureza dinâmica de páginas web pode influenciar a existência de vídeos dentro de uma página. Por exemplo, um evento disparado ao interagir com elementos na página pode realizar a inserção de vídeos em páginas web. Em casos em que os vídeos são inseridos dentro do elemento iframe, existe a possibilidade do uso de metadados no elemento iframe para indicar a existência de vídeos e *caption* neste elemento. Dentro da categoria de vídeo os seguintes avisos poderiam ser gerados: (i) A inexistência de vídeos em uma página; (ii) A falta de legenda em elementos de vídeo; (iii) A presença de outras tag que pode implementar vídeos na página (e.g., iframe, object).

Tabela 3.2: Dados dos vídeos identificados.

ID	URL	Qtd. de vídeo	Existe <i>Caption</i> ?
3	activision.com	5	Não
10	barcelona.com	1	Não
38	Exxonmobil.com	1	Não
59	lojasrenner.com.br	5	Não
60	meteoearth.com	1	Não
65	netflix.com	2	Não
70	picpay.com/site	1	Não
78	slack.com	1	Não
91	w3.org/WAI/perspective-videos/captions/	2	Sim
97	xerox.com	2	Não
99	youtube.com	1	Não

Sobre os elementos do tipo áudio, foram identificados 5 elementos de áudio em 4 páginas apresentados na Tabela 3.3. Vejamos o exemplo da página com o ID 11, existe a presença do elemento áudio, porém, nenhum arquivo de áudio foi atribuído para ele por

meio do atributo **src**. Esse atributo vincula o elemento de áudio com o arquivo ou fonte do áudio. Neste caso, um aviso poderia ser útil para informar o usuário, com informações sobre a inexistência de metadados no elemento áudio. Outro aviso importante é o alerta sobre a falta de *caption* nos elementos de áudio avaliados, o que ocorre em 100% dos casos.

Tabela 3.3: Dados de áudio identificados.

ID	URL	Fonte do áudio	Existe <i>Caption</i> ?
11	beercast.com.br/...	Programa-344.mp3	Não
18	brainson.org	-	Não
49	html5tutorial.info/...	vincent.mp3	Não
49	html5tutorial.info/...	vincent.mp3	Não
72	portalcafebrasil.com.br/...	...tempo.m4a	Não

A avaliação por metadados foi realizada de forma 100% automatizada e os resultados foram conferidos manualmente. Ao realizar testes automatizados, foi perceptível que a velocidade da ferramenta para detecção de vídeos e *caption* pode superar a de um usuário comum. O que mais influencia a avaliação manual é o tamanho das páginas e quantidade de mídia existente nelas.

### 3.2.2 Representação de metadados em elementos web

Nesta seção é abordado a representação e extensão de metadados de elementos **HTML** caracterizados na seção anterior. O termo usado para metadados em elementos web é atributo, desta forma, um atributo de um elemento web é um metadado. A Figura 3.5(a) mostra a extensão do atributo *data* por meio do elemento de vídeo e *input*. Pelo uso de metadados também é possível criar associações **n...n** conforme o modelo entidade relacionamento na Figura 3.5(b). Uma vez que o atributo *data* é extensível um elemento **HTML** pode comportar vários atributos estendidos, desta forma, associações do tipo muito para muitos entre elementos podem ser configurados.

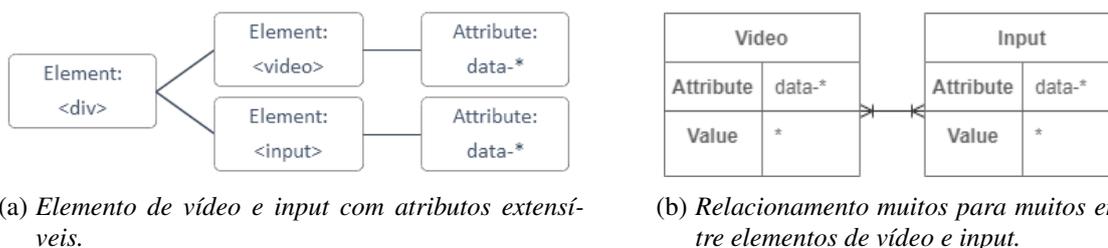


Figura 3.5: (a) e (b) representam elementos de uma seção web onde foi realizada a configuração de metadados.

A Figura 3.6 ilustra uma associação de um para um do elemento input e vídeo por meio do atributo **data-id-video-sl**, onde os valores do metadado estendido são iguais. Neste exemplo, o input representa uma entrada de dados do tipo data, o elemento vizinho do tipo vídeo contém informações na **LS** americana *American Sign Language (ASL)*. Percebe-se que neste exemplo além do mesmo atributo nos elementos de input e vídeo os valores atribuídos aos atributos estendidos também são iguais. Uma implementação com atributos sem valores também pode ser utilizada para estabelecer associações.

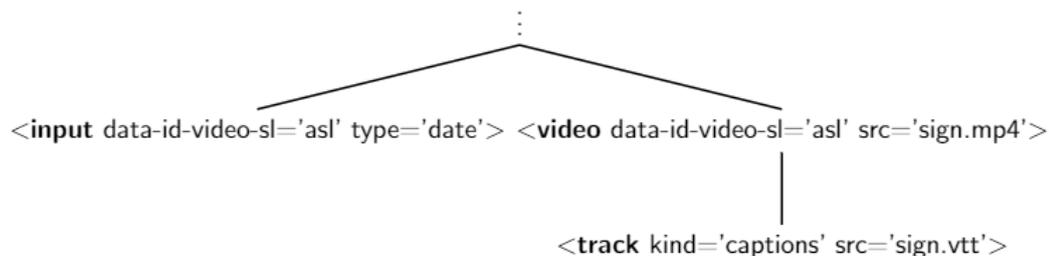


Figura 3.6: Associação de elementos input e vídeo por metadados.

A associação da Figura 3.6 depende da intervenção humana para implementar os atributos customizados. No entanto, por meio do suporte ferramental é possível avaliar se foi implementado os metadados em tempo de desenvolvimento de forma automatizada. Na próxima seção é apresentado um exemplo prático do uso de metadados e suporte ferramental para testar a acessibilidade no contexto da **QP1** e **QP2**.

### 3.2.3 Exemplo de Aplicação: Central de Intérprete

Nesta seção é abordado um protótipo de aplicação onde o teste por metadados é realizado em um sistema que interage com surdos brasileiros. Esse sistema, denominado Central de Intérprete, foi implementado durante o período de mestrado e permite o gerenciamento e alocação de intérpretes em ambientes educacionais [54]. Como exemplo de aplicação, é apresentada as funcionalidades da página de autenticação do usuário. Os recursos de geração de avisos, visualização da árvore **HTML** e a análise do código-fonte por meio do suporte ferramental também são explorados. A Figura 3.7 ilustra a tela de autenticação do Central de Intérprete, nesta página a existência de vídeos em **LS** com legendas, e os inputs são representados pelos campos de usuário e senha. Além de preocupar com a acessibilidade, o Central de Intérprete possui outras funcionalidades que trata da internacionalização para outros idiomas (e.g., inglês, português) e **LS** (e.g., **LIBRAS**) e usabilidade onde a tela é responsiva e adapta a telas de diversas dimensões como em dispositivos moveis.

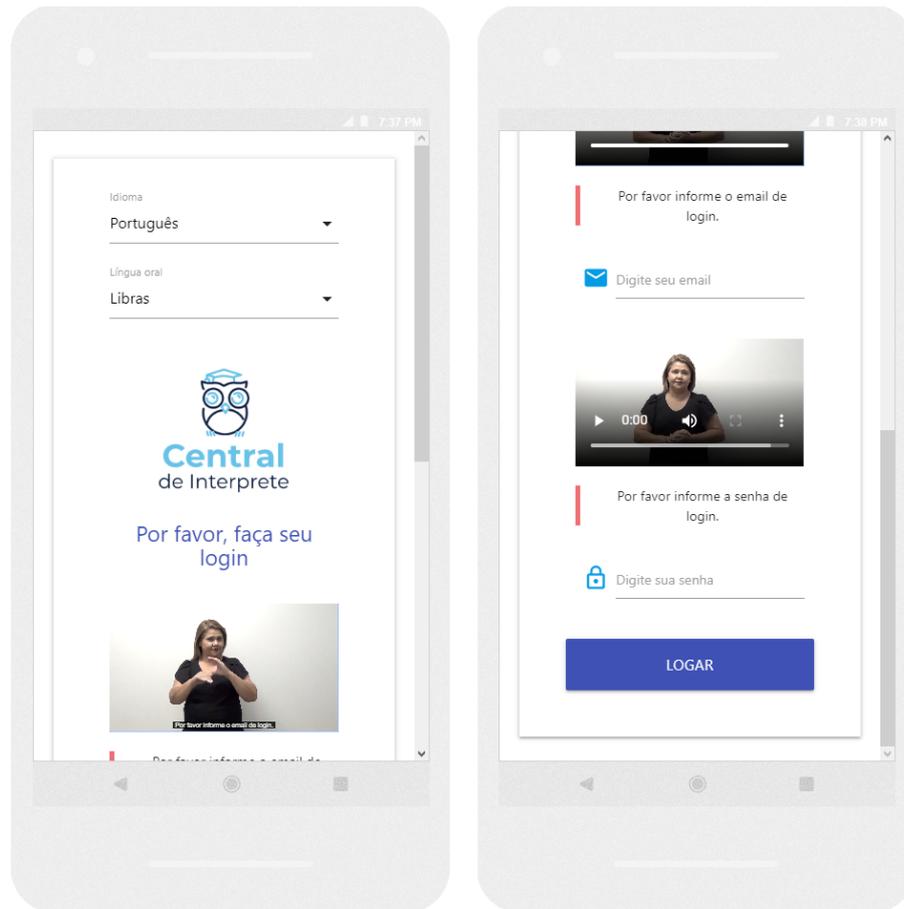


Figura 3.7: Página web responsiva de autenticação do Central de Intérprete.

Conforme ilustrado na Figura 3.7 a tela de autenticação do Central de Intérprete possui 2 elementos de vídeo em **LS** e 2 elementos de input, a inserção de metadados por meio do atributo **data-id-video-sl** foi realizada para o elemento de email. A implementação dos atributos estendidos está ilustrada pelo código 3.2.3 nas linhas 2 e 13. Por meio desta inserção de metadados foi possível associar elemento de input e vídeo em **LS**. Além da implementação por metadados a inserção de legendas foi realizada por meio do elemento track localizada na linha 4 e 5 do código 3.2.3.

---

**Código 3.1** login.html

---

```
1 <div class="video-container">
2   <video class="responsive-video" controls="" data-id-video-sl="email">
3     <source src="/assets/video/1.mp4" type="video/mp4">
4       <track label="portugues" kind="subtitles" srclang="pt"
5         src="/assets/video/1.vtt" default>
6     </video>
7 </div>
8
9 <div class="row">
10  <div class="input-field col s12">
11    <a class="material-icons prefix">email</a>
12    <input class="validate" type="email" name="email"
13      id="email" data-id-video-sl="email">
14    <label for="email">Digite seu email</label>
15  </div>
16 </div>
```

---

Após as implementações, ainda é necessário testar a acessibilidade por meio do suporte ferramental. Desta forma, foi implementado metadados e legendas para os dados relacionados ao campo de email e não foi implementado metadados e legendas para os dados relacionados ao campo de senha ambos presentes na tela de autenticação ilustrados pela Figura 3.7. Por meio da ferramenta [WAET](#), a criação automatizada de avisos foi realizada. Esses avisos indicam a presença ou ausência de qualquer atributo de metadados em elementos de vídeo e input assim como a existência de elementos de legenda track. A Figura 3.8(a) ilustra a exibição de avisos da página de autenticação do central de Intérprete, esses avisos geram informações da presença do atributo **data-id-video-sl** o seu valor a linha de código onde esse atributo foi identificado e o tipo de elemento associado ao atributo. Além disso, através de avisos foi possível identificar a existência dos elementos track e a linha de código onde foram encontrados.

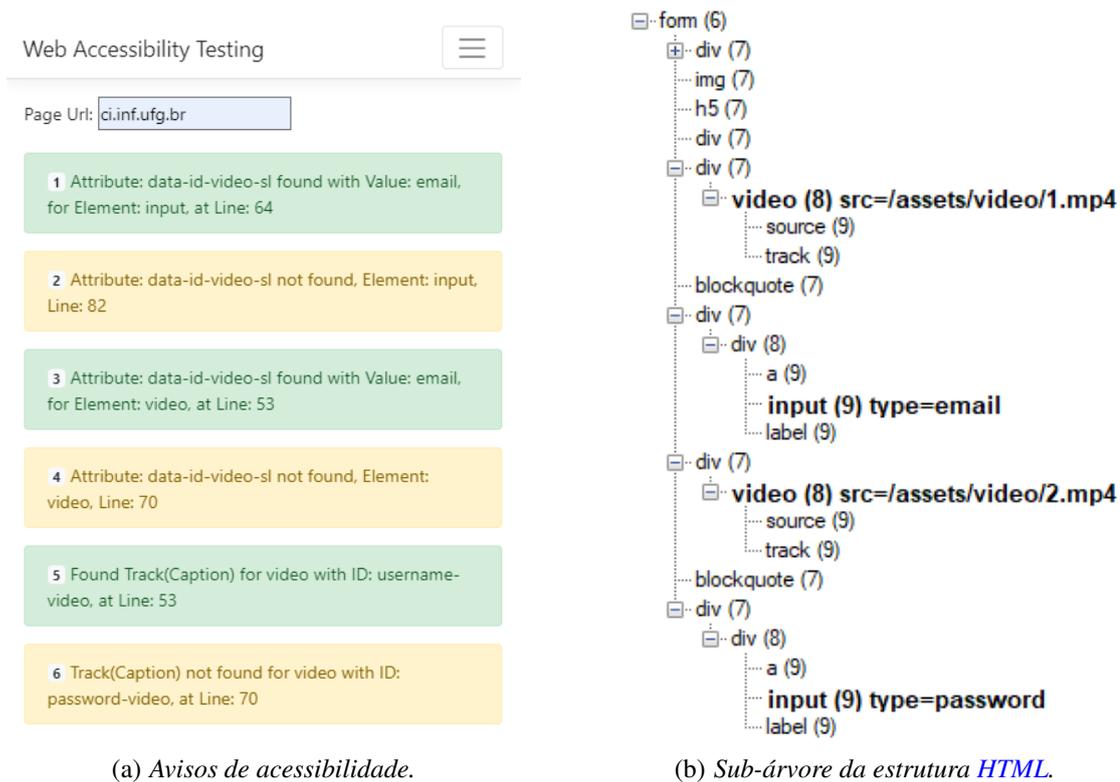


Figura 3.8: (a) e (b) representam a estrutura de verificação e validação da tela de autenticação do Central de Intérprete por meio da ferramenta WAET.

A Figura 3.8(a) ilustra os avisos gerados pela WAET, o aviso 1, 3 e 5 estão destacados na cor verde que indica a correta implementação de metadados e legenda. O aviso 2, 4 e 6 estão na cor rosa onde as falhas de acessibilidade são apresentadas. Os avisos mostram dados relacionados a linha de código e o elemento que foi verificado. O aviso 1 e 3 representa a associação entre os elementos vídeo e input do campo de email. O aviso 5 mostra que a legenda foi identificada para o campo de email. Nos avisos 2 e 4 é ilustrado que não foi encontrado metadados e associação nos elementos de input e vídeo referente ao campo de senha. O aviso 6 mostra falha relacionada a inexistência de legenda no vídeo de senha.

O suporte ferramental também permite a visualização do código-fonte em HTML que pode servir para realizar validações e análise de conformidade. Além disso, é possível visualizar o código HTML e seus elementos através de uma interface gráfica que exhibe a estrutura da árvore, conforme ilustrado na Figura 3.8(b). Em adição aos elementos presentes na árvore a profundidade dos elementos são exibidos assim como os elementos de metadados onde os mesmos podem ser customizados. Os elementos chave pode ser configurados para destacar na árvore, a Figura 3.8(b) destaca os elementos de input e vídeo. Por meio da árvore HTML o usuário responsável pela validação pode expandir seus nós e interagir com os elementos. Essa interação pode facilitar o entendimento da

estrutura da implementação de cada domínio.

### 3.3 Teste de Acessibilidade por Análise Estatística Descritiva

O uso de metadados implica em um esforço de programação onde é necessário implementar a associação entre elementos de input e vídeo conforme verificado na seção anterior. No entanto, esse esforço resulta em uma resposta do tipo sim ou não. Uma abordagem alternativa para automatizar o teste de acessibilidade é através de análise estática de elementos **HTML** baseado em análise estatística descritiva. Nesta abordagem não é necessário esforço de programação para garantir associação entre os elementos vídeo que possuem **LS** e input. Essa associação é estimada, então não pode garantir a associação. O desafio dessa abordagem, baseado no contexto da **QPI**, é descobrir se elementos de vídeo e input estão associados, desta forma, o uso da análise por estatística descritiva será aplicado a esse propósito. A estatística descritiva é um procedimento numérico ou gráfico, que sumariza dados para descrever o que ocorreu na amostra [27].

Nesta seção são considerados elementos de uma árvore em **HTML** representada por uma página web, como fonte de dados para a realização da análise estatística descritiva. Uma árvore enraizada ilustrada pela Figura 3.9(a) é uma estrutura de dados que possibilita armazenar dados através de nós em níveis [18], de forma que: (i) No nível 0 existe apenas um nó raiz; (ii) Cada nó pode ter referência a outros nós no próximo nível da árvore; (iii) Cada nó menos o nó raiz é referenciado por um único nó pai; (iv) O número de filhos de um nó representa o grau do nó; (v) Nós com os mesmos pais, são nós irmãos; (vi) Nós com grau 0, são nós folhas; (vii) Os nós que não são folhas são nós internos; (viii) A altura de uma árvore é definida pela profundidade máxima da árvore.

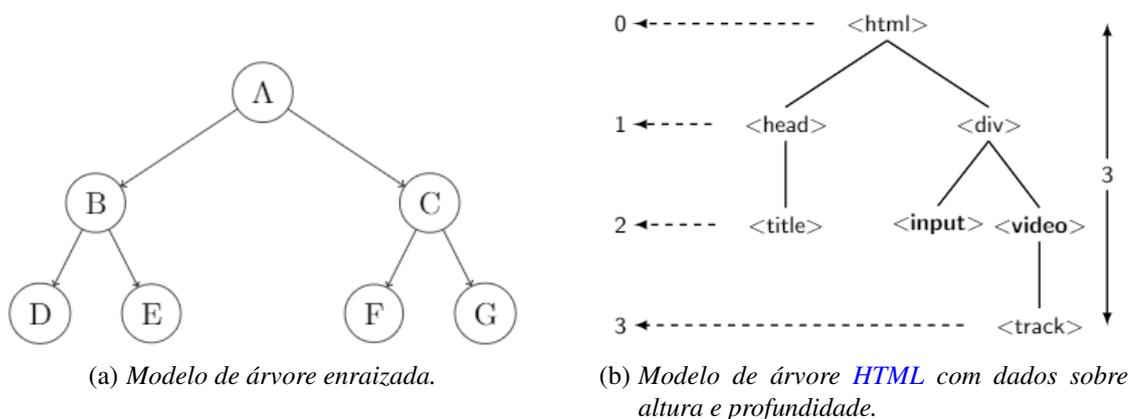


Figura 3.9: (a) e (b) representam a estrutura de dados de árvores binárias.

A Figura 3.9(b) ilustra uma árvore **HTML** de altura 3. Os elementos destacados de vídeo e input estão localizados na profundidade 2 e são irmãos, percebe-se que estes elementos estão no mesmo nível da árvore, podendo indicar que dado a proximidade destes elementos possa existir uma associação entre eles. Para melhor entender a relação de proximidade e como é possível estabelecer associações entre elementos de vídeo e input com base na análise de estatística descritiva foi avaliado páginas acessíveis à pessoa surda. Diferente da Subseção 3.2.1 onde as páginas foram escolhidas de forma aleatória para realizar os testes por metadados, nesta seção, foi considerado 50 páginas web representadas na Tabela A.2 localizada no (Apêndice A). Estas páginas foram projetadas para interagir com o usuário surdo através de vídeos em **LS**.

Nas próximas subseções considera-se a abordagem baseada em estatística descritiva, desta forma, será possível entender as características das páginas web que foram desenvolvidas para surdos e realizar o teste de acessibilidade sem intervenção humana. Primeiro, na Subseção 3.3.1 foi caracterizado os elementos de vídeo com **LS** e input em páginas web que foram originalmente desenvolvidas para interagir com surdos. Segundo, na Subseção 3.3.2 foi levantado a quantidade e profundidade dos elementos de input e vídeo para realizar análise estatística descritiva. Terceiro, na Subseção 3.3.3 é aplicado a análise estatística descritiva com base na quantidade e profundidade de elementos **HTML**. Finalmente, na Subseção 3.3.4 temos um exemplo de análise estatística descritiva com base no sistema do Central de Intérprete.

### 3.3.1 Caracterização dos elementos de vídeo com **LS** e input em páginas web

Considerando as 50 páginas avaliadas foi caracterizado os tipos de vídeo em **LS** e os tipos de input. A Figura 3.10 ilustra o tipo de **LS** utilizado por página avaliada, cada página fez uso de somente um tipo de **LS**. Entre as páginas avaliadas foi identificado 27 diferentes tipos de **LS**. A **LS** americana (**ASL**) teve a maior quantidade de referências, somando 10 páginas que representa 20% (10/50) das páginas avaliadas, conforme ilustrado na Figura 3.10. Em segundo lugar foi a **LS** Japonesa (*Japanese Sign Language* (**JSL**)) com referência em 5 páginas que representa 10% (5/50) das páginas avaliadas. A identificação da **LS** foi realizada de forma manual. Para identificar vídeos em **LS** através do suporte ferramental seria necessário baixar o conteúdo do vídeo para então realizar o reconhecimento da **LS**, isso foi sugerido como trabalho futuro. No entanto, conhecer os tipos de **LS** não impediu o teste por estatística descritiva neste trabalho, logo todas as páginas escolhidas possuem somente vídeos em **LS**. Em outros casos, onde o conteúdo dos vídeos são desconhecidos, é necessário identificar se os vídeos avaliados possuem **LS** antes dos testes, para atender a **QPI**.

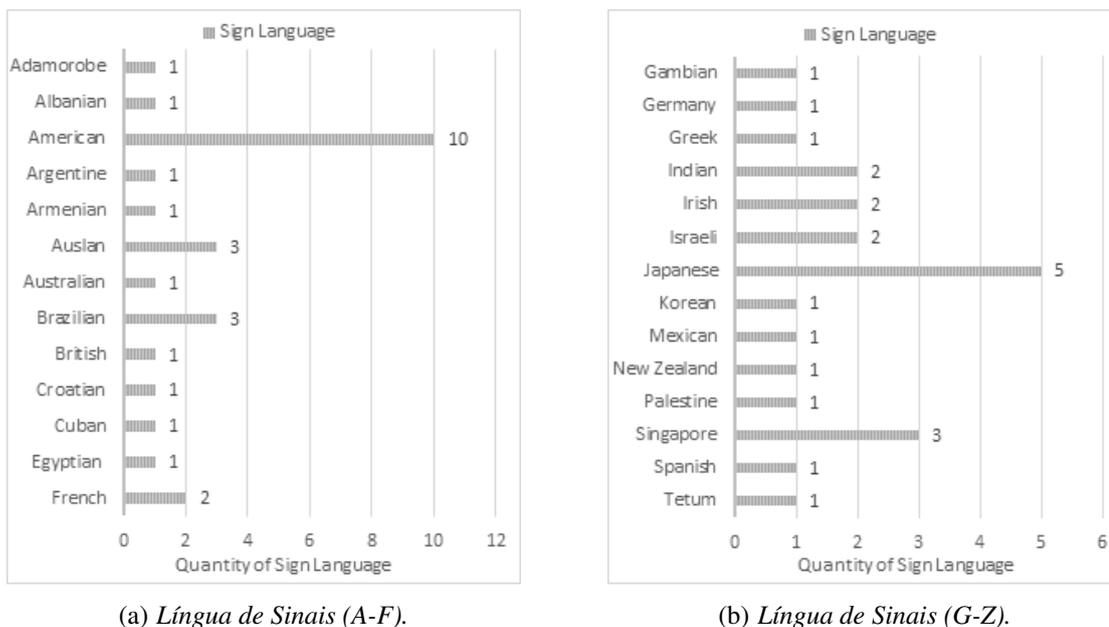


Figura 3.10: (a) e (b) representam a quantidade de LS identificadas nas páginas web avaliadas nesta seção.

Além da caracterização relacionada ao tipo de LS. Foi levantado a quantidade do tipo de input identificado nas páginas avaliadas. Atualmente existem 23 diferentes tipos de elementos input [30], no entanto, entre as páginas avaliadas foi encontrado somente 10 tipos ilustrado na Figura 3.12(a). No total foi encontrado 182 input a quantidade por página pode ser encontrada na Tabela A.3 no (Apêndice A). O input do tipo **text** teve o maior número de referências com 34.65% (63/182), esse elemento define um campo de texto de linha única. Em segundo lugar, os tipos **radio** e **submit** tiveram a maior quantidade, que representa 18.13% (33/182) de elementos identificados com esse tipo.

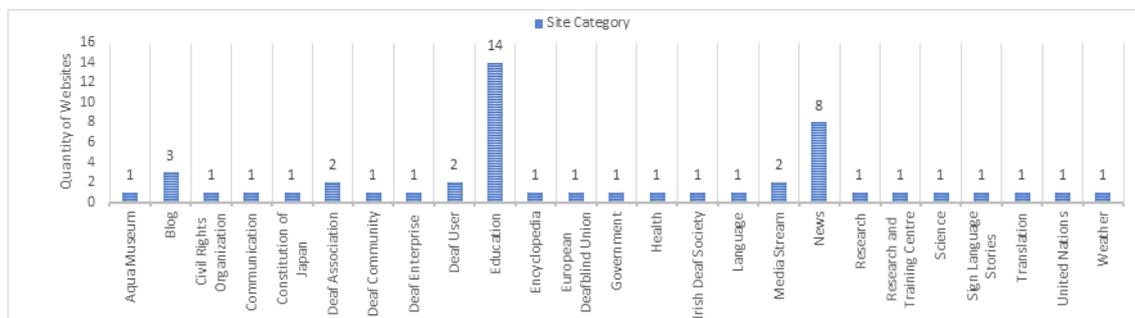


Figura 3.11: Categoria dos sites avaliados.

Além da diversidade nos tipos de LS, os sites avaliados foram classificados em diversas categorias conforme ilustrado pela Figura 3.11. Foi identificado 27 tipos de categorias diferentes, muitas destas categorias foram classificadas por meio do uso da

ferramenta de análise *Amazon Alexa* [8]. O total de 25 categorias foram identificadas. As 3 categorias com o maior número de sites referenciados foram: (i) Educação 56% (14/25); (ii) Notícias 32% (8/25); (iii) *Blog* 12% (3/25).

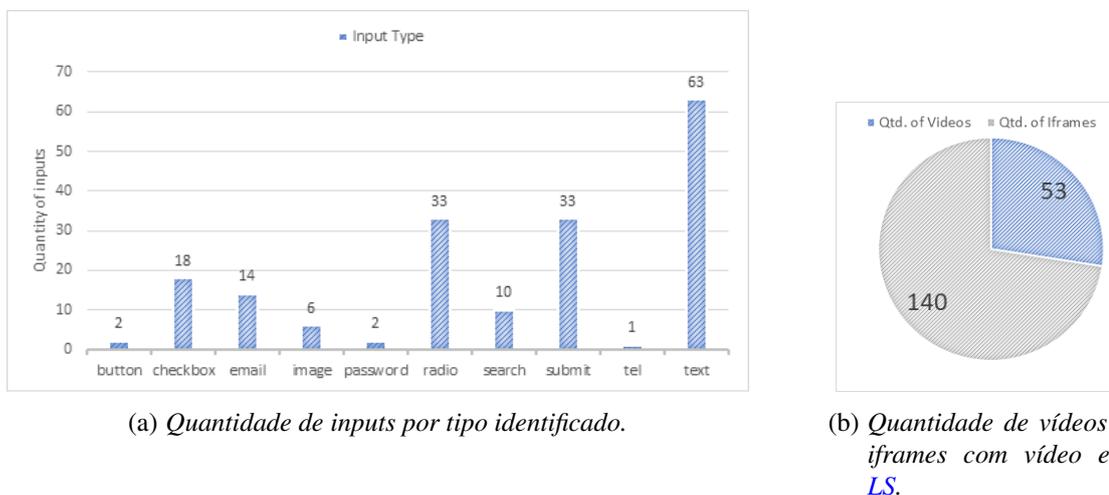


Figura 3.12: (a) e (b) dados identificados nas páginas web avaliadas nesta seção.

Para os elementos de mídia que transmite vídeo em *LS*, também foi realizado uma contagem onde os elementos com a tag <vídeo> e <iframe> foram considerados. Dos 193 vídeos na Figura 3.12(b), 140 fazem uso de <iframe>, isso corresponde a 72.5% (140/190), o resto 27.4% (53/193), faz uso de <vídeo>. A média de vídeos encontrados por página foi de 3,86 vídeos. Na próxima subseção foi realizado uma análise quantitativa da quantidade e profundidade dos elementos de input e vídeo.

### 3.3.2 Análise da quantidade e profundidade de elementos *HTML*

A associação entre elementos de input e vídeo em uma página web pode ser validada por meio da verificação da quantidade de input e vídeo, conforme ilustrado pela Figura 3.13. Muitas vezes a quantidade de vídeos identificados em uma página é próxima à quantidade de inputs conforme ilustrado na Tabela A.3. Caso contrário, o esforço para o usuário surdo seria maior, uma vez que seria necessário assistir um vídeo por completo, para compreender o conteúdo de um input, no entanto, pode existir exceções (e.g., desempenho, usabilidade, recurso disponível). É esperado que a diferença entre a quantidade de elementos input e vídeo seja igual ou próxima de zero. Quando o resultado é igual a zero, podemos associar um input para cada vídeo. Quando o resultado é diferente de zero, pode ser considerado que existe 1 vídeo para mais de 1 input ou não existe associação entre esses elementos. A Figura 3.13 ilustra a quantidade de input e vídeo que foram identificados em cada uma das 50 páginas avaliadas nesta seção.



Figura 3.13: Quantidade de input e vídeo nas páginas web avaliadas nesta seção.

Em 18% (9/50) das páginas avaliadas foi encontrado o mesmo número de vídeos e input (e.g., 2, 4, 9, 11, 12, 16, 22, 34, 38), esse resultado mostra que a maioria não tem o mesmo número de inputs que vídeo. Desta forma, é evidente que outros elementos **HTML** diferentes dos de input podem ser descritos por vídeos em **LS** ou esses vídeos podem não transmitir conteúdos relacionados aos elementos de uma página web. Para tratar da quantidade de elementos é recomendado o uso de avisos de acessibilidade que podem ser gerados pela diferença entre a quantidade de inputs e vídeos. Sobre a profundidade de elementos **HTML**, foi verificado se a profundidade dos elementos input está próxima à profundidade dos elementos de vídeo. Considerando uma página **HTML** como uma estrutura de dados árvore, a proximidade pode ser medida de acordo com a altura da árvore. Para estabelecer uma associação entre os elementos de vídeo e input foi considerado elementos que estão em profundidade iguais ou próximas. A profundidade próxima deve ser configurada ao valor esperado pela pessoa responsável pelos testes. Além da avaliação pela profundidade de elementos existe a possibilidade de validar o parentesco destes elementos (e.g., filho, pai, irmão, avô). A Figura 3.14, ilustra a média da profundidade de inputs e vídeos encontrados nas 50 páginas avaliadas. Para calcular essa média, foi somado todas as profundidades dos elementos de vídeo com **LS** e todas as profundidades dos elementos de input, para depois tirar a média. Nas próximas subseções, essas medidas serviram para tratar da profundidade entre esses elementos, onde é recomendado o uso de avisos de acessibilidade que podem ser gerados pela diferença entre a profundidade de inputs e vídeos.

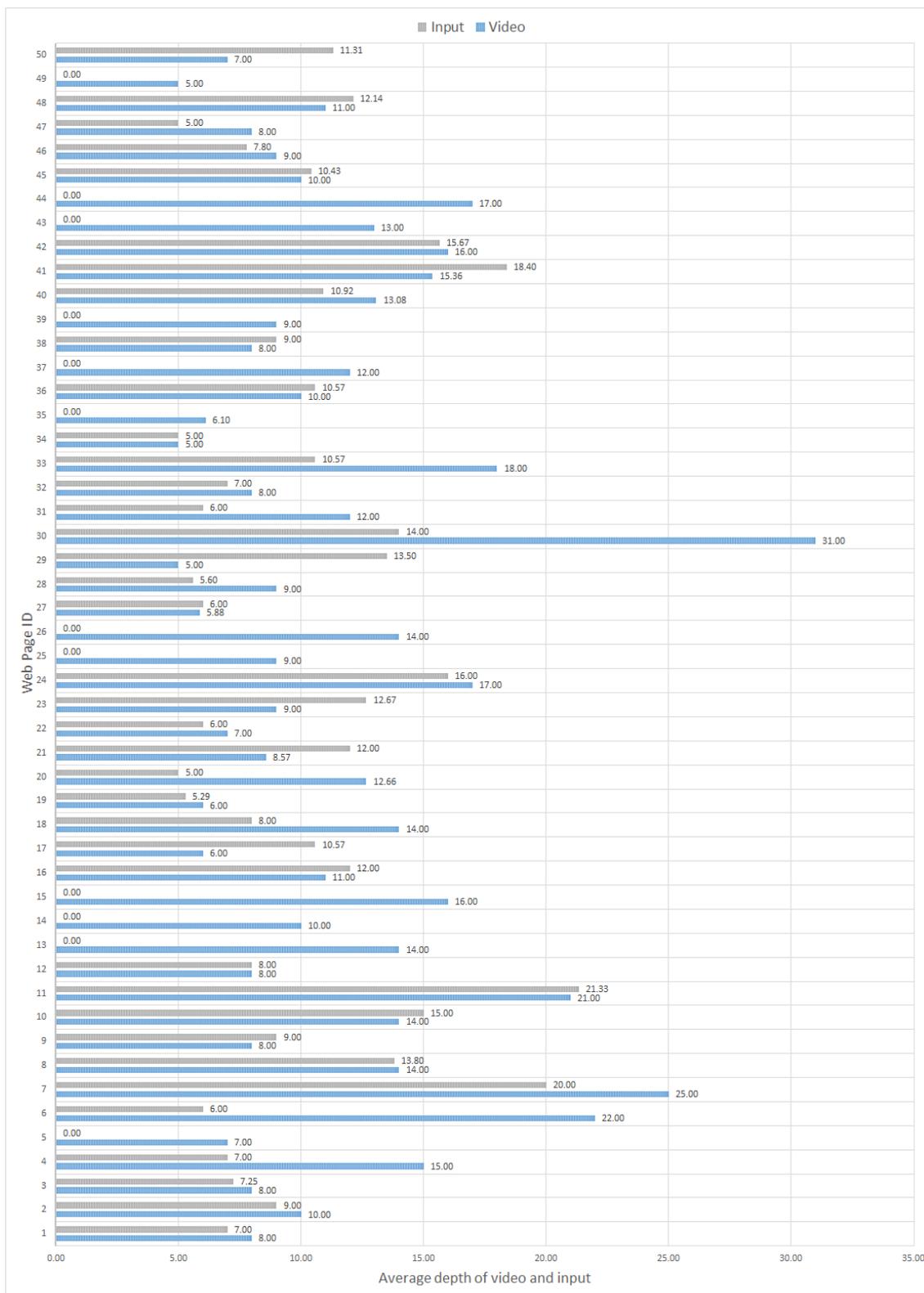


Figura 3.14: Média da profundidade de input e vídeo nas páginas web avaliadas nesta seção.

### 3.3.3 Análise Estatística Descritiva baseada na quantidade e profundidade de elementos HTML

A estatística faz o uso de dados numéricos, onde através de cálculos é possível descrever características de um grupo. A análise estatística de pequenos grupos de dados pode servir de base para fazer generalizações de populações maiores. Para decidir na estratégia de análise estatística descritiva, geralmente é verificado qual o nível de medição. O nível de medição é dividido em três grupos onde são estabelecidos pela forma que uma variável é medida: (i) *Nominal*; (ii) *Ordinal*; (iii) *Continuous*. Após a seleção do nível de medição as amostras de dados baseados em cálculos como medidas de tendência central e medidas de dispersão são efetuados, a Tabela 3.4 contém definições relacionadas a essas medições [27, 59].

Tabela 3.4: Algumas definições da Análise Estatística Descritiva.

Termo	Definição
Desvio padrão	A média da diferença de cada valor com a média.
Faixa	A diferença entre o maior e menor valor do conjunto.
Média	O valor médio da amostra.
Mediana	O valor central de uma distribuição ordenada.
Modo	O valor numérico com a maior frequência.

Com base nos dados da profundidade e quantidade de elementos identificados em páginas web, foi possível aplicar a análise de estatística descritiva, desta forma, temos um cenário ideal, onde: (i) Elementos de vídeo e input devem estar na mesma profundidade; (ii) A quantidade de input e vídeo são iguais. Apesar que esse cenário ideal não acontece com frequência, resultados que são próximos a este cenário mostrar evidências da possível associações entre os elementos de input e vídeo. A equação 3-1 representa o cálculo da diferença em profundidade de todos os inputs com vídeos de uma página web, esse cálculo foi denominado como a Média da Diferença da Profundidade entre Inputs e Vídeos (*MIV*) e quando esse resultado é 0 o cenário ideal foi atingido.

*MIV* Média da diferença de profundidade entre inputs e vídeos

*V* Quantidade de vídeos

*V<sub>j</sub>* Profundidade do vídeo

*I* Quantidade de inputs

*I<sub>n</sub>* Profundidade do input

$$\overline{MIV} = \frac{\sum_{n=0}^I \sum_{j=0}^V I_n - V_j}{V \times I} \quad (3-1)$$

Para efeitos de demonstração de como calcular a **MIV**, temos as árvores da Figura 3.15, onde existem dois conjuntos de dados com vídeo e input. O conjunto das Figuras 3.15(a) e 3.15(b) contém 1 elemento de vídeo (V1) e 1 elemento de input (I1). O primeiro conjunto, representado pela figura 3.15(a) tem o vídeo e o input na mesma profundidade o que resulta no **MIV** ser igual a 0. O segundo conjunto, 3.15(b) tem o vídeo e o input em profundidade diferentes e resultado do **MIV** é -1. Percebe-se que somente no exemplo onde a profundidade entre os elementos de input e vídeo são diferentes o resultado da **MIV** é diferente de 0. No entanto, -1 pode ser considerado um valor próximo de zero, desta forma, cabe ao responsável pela avaliação determinar valores aceitos para estabelecer a associação entre esses elementos.

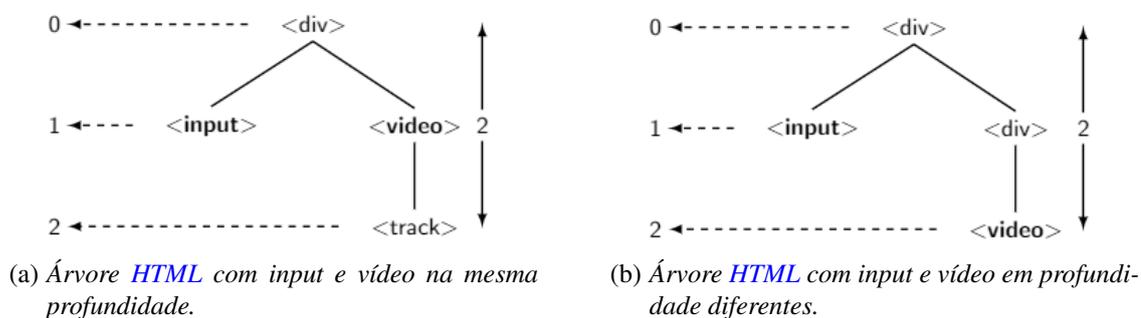


Figura 3.15: (a) e (b) representam árvores binárias.

A Tabela A.4 localizada no (Apêndice A) mostra todas as medidas da análise estatística descritiva da amostra de 50 páginas (e.g., **MIV**, Mediana, Modo, Faixa, Desvio padrão). Os resultados da Tabela A.4 mostra que as páginas de ID 12 e 34 que representa 4% (2/50) teve o resultado ideal da **MIV** igualando a 0, ambas as páginas têm a quantidade de elementos de input e vídeo iguais e também a média da profundidade dos elementos de vídeo e input iguais. No entanto, para efeito de análise, foi considerado os valores absolutos do **MIV** igual ou menor que 3 como aceitáveis para indicar uma associação entre os elementos de input e vídeo. Esse valor pode ser definido pela pessoa responsável pelo teste de acessibilidade do sistema. Desta forma, a Tabela 3.5 mostra as páginas avaliadas com resultados que foram considerados aceitáveis para estabelecer uma associação de inputs e vídeos. O total de 48% (24/50) das páginas avaliadas tiveram associação entre input e vídeo de acordo com o critério estabelecido. O valor da mediana também apresentam evidências importantes para esta análise, quando este valor é 0 o valor da **MIV** arredondada para baixo sempre é 0. Desta forma os valores da mediana que são 0 poderiam ser considerados casos ideais de associação entre inputs e vídeos. Combinações dos valores como os do modo e desvio padrão também apresentam **insights** importantes. Por exemplo, quando o desvio padrão é 0 e o valor absoluto do modo é menor ou igual a 1 o valor da **MIV** também é baixa, essa combinação também poderia servir como base

para estabelecer uma associação ideal entre vídeos e inputs.

Tabela 3.5: Medidas com valor absoluto da **MIV** menor ou igual a 3.

ID	Qtd. vídeo	Qtd. input	<b>MIV</b>	Mediana	Modo	Faixa	Desvio Padrão
1	9	2	-1.00	-1.00	-1.00	0	0.00
2	1	1	-1.00	-1.00	-	0	0.00
3	10	16	-0.75	0.00	0.00	2	0.97
8	2	20	-0.20	0.00	0.00	4	0.87
9	2	2	1.00	1.00	1.00	0	0.00
10	1	9	1.00	1.00	1.00	5	1.76
11	3	3	0.33	2.00	2.00	5	2.36
12	1	1	<b>0.00</b>	0.00	-	0	0.00
16	1	1	1.00	1.00	-	0	0.00
19	1	7	-0.71	-1.00	-1.00	0	0.70
22	1	1	-1.00	-1.00	-	0	0.00
24	1	2	-1.00	-1.00	-1.00	0	0.00
27	8	2	0.13	0.00	0.00	1	0.33
32	2	1	-1.00	-1.00	-1.00	0	0.00
33	4	2	-2.50	-2.50	-3.00/-2.00	1	0.50
34	1	1	<b>0.00</b>	0.00	-	0	0.00
36	1	7	0.57	1.00	1.00	2	0.73
38	1	1	1.00	1.00	-	0	0.00
40	13	12	-2.16	-2.00	-2.00	10	2.41
42	1	3	-0.33	2.00	2.00	7	3.30
45	1	7	0.43	1.00	-3.00/-3.00	6	2.38
46	6	10	-1.20	-2.00	-3.00	5	1.99
47	9	1	-3.00	-3.00	-3.00	0	0.00
48	3	7	1.14	3.00	3.00	7	2.47

Na próxima seção foi desenvolvido um exemplo da avaliação automatizada de acessibilidade por meio do suporte ferramental onde a medida **MIV** é apresentada através de avisos.

### 3.3.4 Exemplo de Aplicação: Central de Intérprete

Nesta seção é apresentado o sistema Central de Intérprete onde o teste por estatística descritiva é realizado. Desta vez o teste também foi aplicado à página de solicitação de intérpretes. Essa tela foi desenvolvida baseada em requisitos levantados por meio da inclusão de surdos na engenharia de requisitos [54]. As funcionalidades de solicitação de intérpretes são para um único evento de ocorrência onde o usuário deve

fornecer o local, a data e a hora do evento, opcionalmente, o usuário pode indicar até três intérpretes de sua preferência.

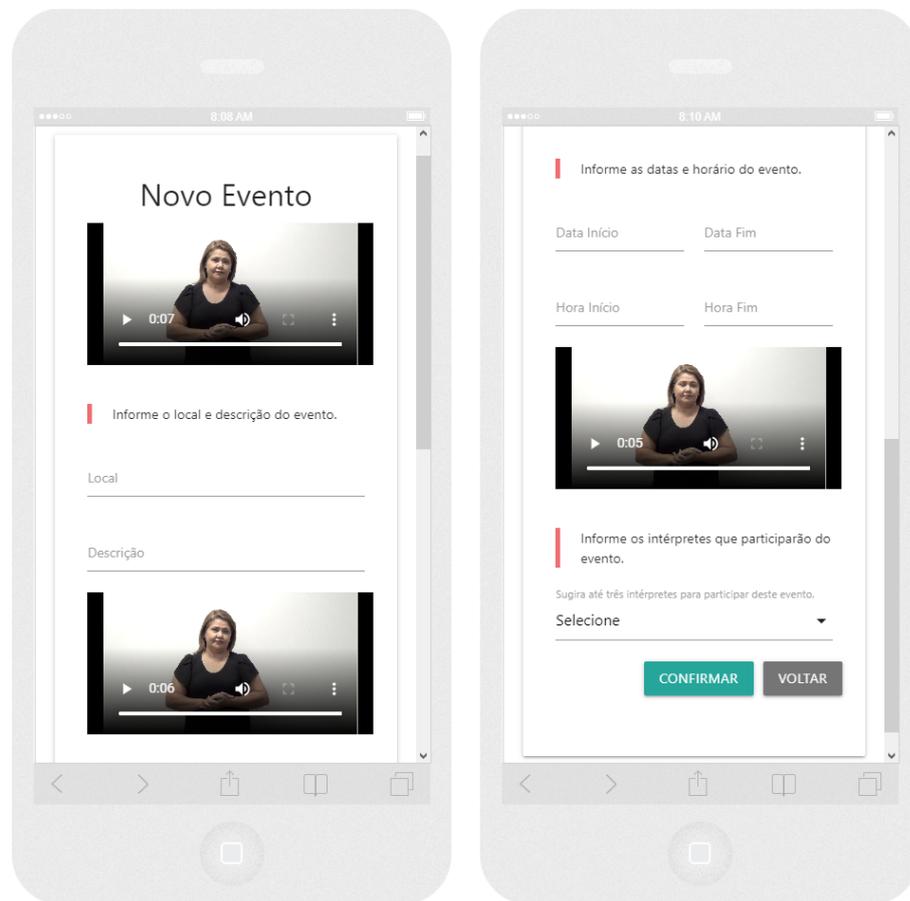


Figura 3.16: Página de solicitação de intérpretes do Central de Intérprete.

Conforme ilustrado na Figura 3.16 a tela de solicitação de intérpretes possui 3 elementos de vídeo em LS e 6 elementos de input. Nesta tela foi identificado 3 seções principais: (i) Local do evento; (ii) Horário do evento; (iii) Reserva de intérpretes. Desta forma um vídeo foi gravado vídeos em LIBRAS para cada Seção. A seção do local do evento tem 2 inputs para 1 vídeo, a seção de horário do evento tem 4 inputs para 1 vídeo e a seção de reserva tem 1 vídeo e um elemento do tipo **select**, ou seja, não tem input. Apesar da diferença entre quantidade de elementos de vídeo e inputs, todos os elementos de vídeo e input se encontram na mesma profundidade, conforme ilustrado pela árvore da Figura 3.17.

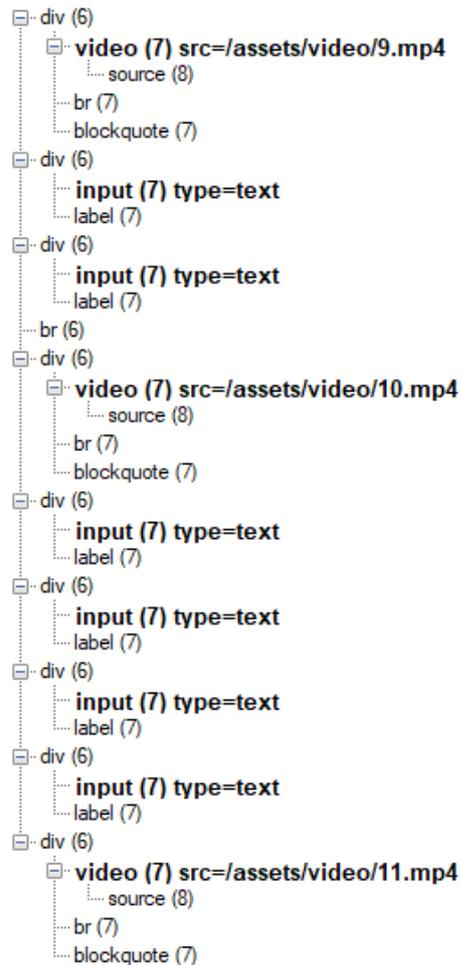
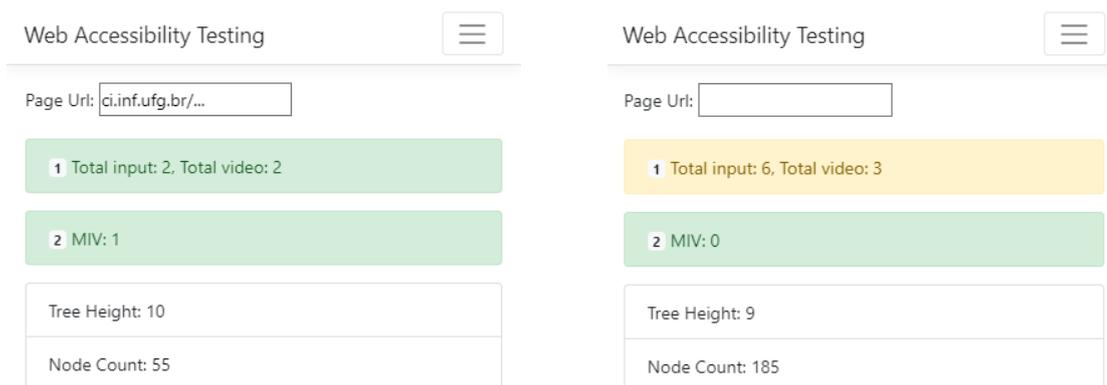


Figura 3.17: Sub-árvore da estrutura **HTML** da tela de solicitação de intérpretes.

Para automatizar a avaliação, avisos por meio do suporte ferramental, a ferramenta **WAET** revelou diversas informações que apoia na validação da associação entre elementos **input** e vídeo. A Figura 3.18 ilustra os avisos relacionados a Análise Estatística Descritiva para as telas de autenticação e solicitação de intérprete do Central de Intérprete.



(a) Avisos da página de autenticação.

(b) Avisos da página de solicitação de intérprete.

Figura 3.18: (a) e (b) representam avisos relacionados a análise estática descritiva.

A Figura 3.18(a) mostra os avisos gerados para tela de autenticação. O primeiro aviso revela a quantidade de input e vídeo, ele está na cor verde devido à quantidade de input ser o mesmo que a quantidade de vídeos. Apesar de a quantidade de elementos de associação ser iguais eles se encontram em profundidade diferentes conforme ilustrado pela árvore 3.8(b). Desta forma, o resultado da MIV foi 1, por padrão os valores do MIV que são maiores que 3 são destacados na cor amarela, no entanto, esse valor pode ser configurado. Os avisos da página de solicitação de intérprete estão ilustrados pela Figura 3.18(b) o primeiro aviso está destacado na cor amarela devido a diferença na quantidade de vídeos e input. Apesar de a quantidade de vídeos e inputs serem diferentes a profundidade de todos os elementos de vídeo e input estão na mesma profundidade conforme ilustrado na árvore da Figura 3.17, desta forma a MIV foi considerada ideal. Neste cenário mesmo que profundidade dos elementos de vídeo e input são iguais, nenhum desses elementos teve o grau de parentesco de irmãos. Futuramente esse grau de parentesco poderia ser considerado nesta análise. Outros dados quantitativos relacionados a árvore da página HTML também foram gerados. A altura da árvore (*Tree Height*) e o número de nós da árvore (*Node Count*) são ilustrados na Figura 3.18, esses dados podem ser usados em trabalhos futuros considerando a Análise Estatística Descritiva.

### 3.4 Comparando as abordagens

Nesta seção foi realizada uma comparação entre ambas as abordagens de automatização, os detalhes da comparação estão disponíveis na Tabela 3.6.

Tabela 3.6: Comparando a abordagens de metadados com estatística descritiva.

	<b>Metadados</b>	<b>Estatística descritiva</b>
Avaliação 100% automatizada	SIM	SIM
Avalia Profundidade	NÃO	SIM
Dependente de implementação	SIM	NÃO
Faz o uso do <a href="#">DOM</a>	SIM	SIM
Gera falso positivo	NÃO	SIM
Permite configurar avisos	SIM	SIM

As divergências identificadas na Tabela 3.6 estão relacionadas a avaliação por profundidade e geração de falso positivos. A abordagem de análise de estatística descritiva faz uso da profundidade dos elementos [HTML](#) para realizar os cálculos estatísticos, ao contrário da abordagem por metadados que não faz uso da profundidade e depende da intervenção humana para a configuração e implementação de metadados. Sobre os avisos, a abordagem por metadados não gera falsos positivos, uma vez que a verificação não está relacionada a proximidades, mas as respostas do tipo sim ou não.

### 3.5 Considerações Finais

Este capítulo apresentou abordagens de testes de acessibilidade por meio da análise estática de conteúdo de web. Para isso, 2 [QP](#) baseadas em requisitos de acessibilidade para surdos foram apresentadas e respondidas. A principal técnica apresentada para realizar avaliação de acessibilidade foi por análise estática de software. Foram propostas duas abordagens de avaliação: (i) Teste de acessibilidade por metadados; (ii) Teste de acessibilidade por estatística descritiva. Para automatizar ambas as abordagens, foi necessário o uso de suporte ferramental, onde foi apresentado a ferramenta [WAET](#). Exemplos de testes automatizados foi aplicado ao sistema do Central de Intérprete onde avisos mostram o sucesso ou falha de acessibilidade. Além dos exemplos, outros resultados baseados no teste de 150 páginas, mostram evidências da possibilidade de avaliar acessibilidade pelas abordagens apresentadas. Finalmente, foi feito uma comparação do uso de cada abordagem, onde foi apresentando as vantagens e desvantagens.

Concluimos que as abordagens apresentadas neste capítulo para automatizar o teste de acessibilidade a partir da análise estática de páginas tiveram resultados positivos. Desta forma, foi concluído a fase de avaliação apresentada no objetivo deste trabalho, uma vez que a avaliação de acessibilidade baseada em metadados e estatística descritiva apresentaram resultados através de avisos. As principais contribuições e trabalhos futuros são apresentas no próximo capítulo.

---

## Conclusão

---

Este capítulo apresenta as principais contribuições, trabalhos futuros e outros resultados obtidos com o objetivo de identificar requisitos de acessibilidade em aplicações web para pessoas surdas e abordagens de automação. Nesta dissertação é apresentada uma revisão da literatura (Capítulo 2) com o objetivo de identificar padrões e diretrizes de acessibilidade para pessoas surdas. Essa revisão consiste no desenvolvimento de uma pesquisa exploratória que busca leis e normas de acessibilidade diretamente das fontes e autoridade que a estabelecem. Também, a realização de uma RS com QP orientadas a: (i) Padrões de acessibilidade; (ii) Plataformas e tecnologias; (iii) Automação e ferramentas; (iv) Diretrizes de acessibilidade. Os resultados desta primeira etapa se resumem na elicitación requisitos de acessibilidade para o usuário surdo em ambientes web.

Com base nos requisitos do Capítulo 2, na próxima etapa (Capítulo 3), são discutidas abordagens de automação para testes de acessibilidade. Para isso, 2 QP foram definidas: (i) “Como é possível automatizar a avaliação de associação entre elementos do tipo input com vídeos em LS em páginas web?” (ii) “Como identificar a existência de *captions* em elementos de áudio e vídeo em páginas web de forma automatizada?”. A resposta a essas QP foram apresentadas por meio da análise estática de páginas HTML, automatizando o processo de extração das páginas por meio da ferramenta WAET desenvolvida neste trabalho. Finalmente, foram realizados testes de acessibilidade automatizados considerando as abordagens de metadados e estatística descritiva. Os resultados destes testes foram reportados por meio de avisos e foi apresentado comparações entre as abordagens.

Esta dissertação fornece contribuições relevantes relacionadas a um problema que muitas vezes é desprezado em pesquisas para pessoas surdas. Por meio deste trabalho, é esperado que as áreas de investigação sobre tópicos de acessibilidade avancem ao ponto de chegarmos ao patamar justo e igual para todos os públicos.

## 4.1 Trabalhos Futuros

A seguir estão sugestões de trabalhos futuros com o foco no aprimoramento das abordagens de testes de acessibilidade:

- Realizar a análise estática de páginas web considerando elementos dinâmicos (e.g., *Cascading Style Sheets (CSS)*, Javascript).
- Realizar a avaliação dinâmica de páginas web, considerando a navegação e interação com seus elementos.
- Aprimorar e disponibilizar ferramentas de teste de acessibilidade para usuários surdos.
- Testar o R3 e R4 apresentados neste trabalho.
- Automatizar o processo de identificação de vídeos em [LS](#) em páginas web.
- Avaliar a acessibilidade com base na estatística inferencial.
- Realizar o teste de usuário com pessoas surdas e pessoas fluentes em [LS](#).

## 4.2 Outros Resultados Obtidos

Atualmente está sendo desenvolvido uma [RS](#) que traz uma visão geral da área da [ES](#) no tema de métodos, técnicas e ferramentas que contribuem para o desenvolvimento de software que interage com usuários surdos através de linguagens de sinais. Além disso, os resultados obtidos pelos Capítulos 2 e 3 desta dissertação foram submetidos para uma conferência. Futuramente, é pretendido submeter as principais contribuições desta dissertação no formato de *jornal*. Durante este programa de mestrado, alguns resultados parciais foram apresentados em congressos [[57](#), [54](#)]. Os trabalhos publicados estão disponíveis na Tabela 4.1 e nos Apêndices [B](#), [C](#), e [D](#).

Tabela 4.1: Contribuições publicadas em conferências.

<b>Título</b>	<b>Conferência</b>	<b>Ano</b>	<b>QUALIS</b>
<i>Web Accessibility Testing for Deaf: Requirements and Approaches for Automation</i>	<a href="#">SMC</a>	2020	A2
<i>Lessons learned about oral-auditory and visual-spatial communication in requirements engineering with deaf stakeholders</i>	<a href="#">SAC</a>	2020	A1
<i>Technologies for educating deaf children- a systematic literature review</i>	<a href="#">SBIE</a>	2019	B1

---

## Referências Bibliográficas

---

- [1] **Section 255**, 1998. [access-board.gov/attachments/article/1067/255rule.pdf](https://access-board.gov/attachments/article/1067/255rule.pdf) [Accessed: 08-2019].
- [2] **Section 508**, 1998. [section508.gov/manage/laws-and-policies](https://section508.gov/manage/laws-and-policies) [Accessed: 07-2019].
- [3] **21st Century Communications and Video Acc. Act**, 2010. [fcc.gov/consumers/guides/21st-century-communications-and-video-accessibility-act-cvaa](https://fcc.gov/consumers/guides/21st-century-communications-and-video-accessibility-act-cvaa) [Accessed 01-2020].
- [4] **Americans with Disabilities Act (ADA)**, 2010. [ada.gov/effective-comm.htm](https://ada.gov/effective-comm.htm) [Accessed: 07-2019].
- [5] **Euro Acc Act**, 2018. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:32019L0882&from=EN> [Accessed: 08-2019].
- [6] **World Wide Web Consortium**, 2019. [w3.org](https://w3.org) [Accessed 01-2019].
- [7] **ABNT**, 2020. <http://abnt.org.br/abnt/conheca-a-abnt> [Accessed 05-2020].
- [8] **Amazon Alexa**, 2020. <https://alexa.com> [Accessed: 05-2020].
- [9] **IBM Accessibility Center: Developer guidelines: Software accessibility**, 2020. [ibm.com/able/guidelines/ci162/accessibility\\_checklist.html](https://ibm.com/able/guidelines/ci162/accessibility_checklist.html) [Accessed 06-2020].
- [10] **Irish National Disability Authority ITAccessibility Guidelines**, 2020. [accessit.nda.ie](https://accessit.nda.ie) [Accessed 06-2020].
- [11] A. KITCHENHAM, B. **Kitchenham, B.: Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in software engineering**. EBSE Technical Report EBSE-2007-01. N/A, 01 2007.
- [12] ABNT, N. **15610-3. digital terrestrial tv—accessibility—part 3: Brazilian sign language (libras)**. *Brazilian National Standards Organization (ABNT), Brasília, DF, Brazil*, 2016.

- [13] BECKER, A. **Accessibility of Federal Electronic Government**, p. 141–155. Springer US, Boston, MA, 2008.
- [14] BOURQUE, P.; FAIRLEY, R. E. **Guide to the Software Engineering Body of Knowledge, Version 3.0**. IEEE Computer Society Press, 2014. [swebok.org](http://swebok.org).
- [15] CAMPOVERDE-MOLINA, M.; LUJÁN-MORA, S.; GARCÍA, L. V. **Empirical studies on web accessibility of educational websites: A systematic literature review**. *IEEE Access*, 8:91676–91700, 2020.
- [16] CARMO, G. M. D.; PAIVA, D. M. B.; CAGNIN, M. I. **How to develop accessible web interfaces for deaf people?** In: *Proceedings of the 18th Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems, IHC '19*, New York, NY, USA, 2019. Association for Computing Machinery.
- [17] CHEIRAN, J. F. P.; PIMENTA, M. S. **“eu também quero jogar!”: Reavaliando as práticas e diretrizes de acessibilidade em jogos**. In: *Proceedings of the 10th Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems and the 5th Latin American Conference on Human-Computer Interaction*, p. 289–297, Porto Alegre, BRA, 2011. Brazilian Computer Society.
- [18] CORMEN, T. H.; LEISERSON, C. E.; RIVEST, R. L.; STEIN, C. **Introduction to algorithms**. MIT press, 2009.
- [19] DEBEVC, M.; STJEPANOVIČ, Z.; POVALEJ, P.; VERLIČ, M.; KOKOL, P. **Accessible and adaptive e-learning materials: Considerations for design and development**. In: Stephanidis, C., editor, *Universal Access in Human-Computer Interaction. Applications and Services*, p. 549–558, Berlin, Heidelberg, 2007. Springer Berlin Heidelberg.
- [20] DEBEVC, M.; VERLIČ, M.; KOSEC, P.; STJEPANOVIČ, Z. **How can hci factors improve accessibility of m-learning for persons with special needs?** In: Stephanidis, C., editor, *Universal Access in Human-Computer Interaction. Applications and Services*, p. 539–548, Berlin, Heidelberg, 2007. Springer Berlin Heidelberg.
- [21] DEBEVC, M.; KOSEC, P.; HOLZINGER, A. **Improving multimodal web accessibility for deaf people: sign language interpreter module**. *Multimedia Tools and Applications*, 54(1):181–199, Aug. 2011.
- [22] DIAS, A. L.; D. M. FORTES, R. P.; MASIERO, P. C. **Increasing the quality of web systems: By inserting requirements of accessibility and usability**. In: *2012 Eighth International Conference on the Quality of Information and Communications Technology*, p. 224–229, 2012.

- [23] DIZEU, L. C. T. D. B.; CAPORALI, S. A. **A língua de sinais constituindo o surdo como sujeito.** *Educação & Sociedade*, 26(91):583–597, 2005.
- [24] ELER, M. M.; ROJAS, J. M.; GE, Y.; FRASER, G. **Automated accessibility testing of mobile apps.** In: *2018 IEEE 11th International Conference on Software Testing, Verification and Validation (ICST)*, p. 116–126, April 2018.
- [25] FABBRI, S.; SILVA. **Improvements in the start tool to better support the systematic review process.** In: *Proceedings of the 20th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering, EASE '16*, p. 21:1–21:5, New York, NY, USA, 2016. ACM.
- [26] FIRTH, A. **Deafness and hard of hearing**, p. 135–178. Apress, Berkeley, CA, 2019.
- [27] FISHER, M. J.; MARSHALL, A. P. **Understanding descriptive statistics.** *Australian Critical Care*, 22(2):93–97, 2009.
- [28] FLOR, C. D. S.; VANZIN, T.; ULBRICHT, V. **Recomendações da wcag 2.0 (2008) e a acessibilidade de surdos em conteúdos da web.** *Revista Brasileira de Educação Especial*, 19(2):161–168, 2013.
- [29] GULLIKSEN, J.; HARKER, S. **The software accessibility of human-computer interfaces—iso technical specification 16071.** *Universal Access in the Information Society*, 3(1):6–16, 2004.
- [30] HICKSON, I. **HTML5 A vocabulary and associated APIs for HTML and XHTML**, 2020. [w3.org/TR/2010/WD-html5-20101019/](https://www.w3.org/TR/2010/WD-html5-20101019/) [Accessed 01-2020].
- [31] JARAMILLO-ALCÁZAR, A.; LUJÁN-MORA, S. **An approach to mobile serious games accessibility assessment for people with hearing impairments.** In: Rocha, Á.; Guarda, T., editors, *Proceedings of the International Conference on Information Technology & Systems (ICITS 2018)*, p. 552–562, Cham, 2018. Springer International Publishing.
- [32] JOSEPH J. MURRAY, K. K. **Legal Recognition of SL by Country**, 2017. [wfdeaf.org/news/resources/legal-recognition-sign-languages-country](https://wfdeaf.org/news/resources/legal-recognition-sign-languages-country) [Accessed: 05-2020].
- [33] KAVCIC, A. **Software accessibility: Recommendations and guidelines.** In: *EUROCON 2005 - The International Conference on Computer as a Tool*, volume 2, p. 1024–1027, 2005.
- [34] KIRKPATRICK, A.; CONNOR, J.; CAMPBELL, A.; COOPER, M. **WCAG 2.1.** [w3.org/TR/WCAG21/](https://www.w3.org/TR/WCAG21/), 2018.

- [35] LÁNYI, C. S. **Accessibility Testing of Social Websites**, p. 409–425. Springer US, Boston, MA, 2010.
- [36] LAZAR, J.; WENTZ, B.; AKELEY, C.; ALMUHIM, M.; BARMOY, S.; BEAVAN, P.; BECK, C.; BLAIR, A.; BORTZ, A.; BRADLEY, B.; CARTER, M.; CROUCH, D.; DEHMER, G.; GORMAN, M.; GREGORY, C.; LANIER, E.; MCINTEE, A.; NELSON, R.; RITGERT, D.; ROGERS, R.; ROSENWALD, S.; SULLIVAN, S.; WELLS, J.; WILLIS, C.; WINGO-JONES, K.; YATTO, T. **Equal access to information? evaluating the accessibility of public library web sites in the state of maryland**. In: Langdon, P.; Clarkson, J.; Robinson, P.; Lazar, J.; Heylighen, A., editors, *Designing Inclusive Systems*, p. 185–194, London, 2012. Springer London.
- [37] LAZAR, J.; JORDAN, J. B.; VANDERHEIDEN, G. **Toward unified guidelines for kiosk accessibility**. *Interactions*, 26(4):74–77, June 2019.
- [38] MARTÍNEZ, L.; PLUKE, M. **Mandate m 376: New software accessibility requirements**. *Procedia Computer Science*, 27:271 – 280, 2014. 5th International Conference on Software Development and Technologies for Enhancing Accessibility and Fighting Info-exclusion, DSAI 2013.
- [39] MUELLER, J. **What Is Section 508 Accessibility?**, p. 3–40. Apress, Berkeley, CA, 2003.
- [40] MUNSON, E.; TSYMBALENKO, Y. **Using html metadata to find relevant images on the web**. *Proceedings of Internet Computing*, 2:842–848, 2001.
- [41] NAVARRETE, R.; LUJÁN-MORA, S. **Bridging the accessibility gap in open educational resources**. *Universal Access in the Information Society*, 17(4):755–774, 2018.
- [42] PASCUAL, A.; RIBERA, M.; GRANOLLERS, T. **Impact of web accessibility barriers on users with hearing impairment**. In: *Proceedings of the XV International Conference on Human Computer Interaction*, New York, NY, USA, 2014. Association for Computing Machinery.
- [43] PIVETTA, E. M.; SAITO, D. S.; ULBRICHT, V. R. **Surdos e acessibilidade: análise de um ambiente virtual de ensino e aprendizagem**. *Revista Brasileira de educação especial*, 20(1):147–162, 2014.
- [44] REED, P.; GARDNER-BONNEAU, D.; ISENSEE, S. **Software accessibility standards and guidelines: Progress, current status, and future developments**. *Universal Access in the Information Society*, 3:30–37, 03 2004.

- [45] RICCA, F.; TONELLA, P. **Analysis and testing of web applications**. In: *Proceedings of the 23rd International Conference on Software Engineering. ICSE 2001*, p. 25–34. IEEE, 2001.
- [46] RUTH-JANNECK, D. **Experienced barriers in web applications and their comparison to the wcag guidelines**. In: Holzinger, A.; Simonic, K.-M., editors, *Information Quality in e-Health*, p. 283–300, Berlin, Heidelberg, 2011. Springer Berlin Heidelberg.
- [47] SANDERSON, N. C.; CHEN, W.; KESSEL, S. **The accessibility of web-based media services – an evaluation**. In: Antona, M.; Stephanidis, C., editors, *Universal Access in Human-Computer Interaction. Access to Today's Technologies*, p. 242–252, Cham, 2015. Springer International Publishing.
- [48] SANTAROSA, L.; CONFORTO, D.; MACHADO, R. **Whiteboard: Synchronism, accessibility, protagonism and collective authorship for human diversity on web 2.0**. *Computers in Human Behavior*, 31:591–601, 02 2014.
- [49] SASTRY, J. K. R.; SREENIDHI, N.; SASIDHAR, K. **Quantifying quality of web site based on usability**. *International journal of engineering and technology*, 7:320, 2018.
- [50] SCHEFER, R. P.; AREÃO, A. S.; ZAINA, L. A. M. **Guidelines for developing social networking mobile apps to deaf audience: A proposal based on user experience and technical issues**. In: *Proceedings of the 17th Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems, IHC 2018*, New York, NY, USA, 2018. Association for Computing Machinery.
- [51] SCHIAVONE, A. G.; PATERNÒ, F. **An extensible environment for guideline-based accessibility evaluation of dynamic web applications**. *Universal Access in the Information Society*, 14:111–132, 03 2015.
- [52] SHI, Y. **The accessibility of queensland visitor information centres' websites**. *Tourism Management*, 27(5):829 – 841, 2006.
- [53] SHI, Y. **The accessibility of chinese local government web sites: An exploratory study**. *Government Information Quarterly*, 24(2):377 – 403, 2007.
- [54] SILVA, A. C. F.; RODRIGUES, C. L.; CHAVEIRO, N.; GARCIA, R. R. O.; DUARTE, S. B. R.; ARAÚJO, M. A. R.; SANTOS, V. B.; SILVA, K. R. G.; RODRIGUES, P. M. S.; OLIVEIRA, L. M.; SOUSA, C. C. S. **Lessons learned about oral-auditory and visual-spatial communication in requirements engineering with deaf stakeholders**. In: *Proceedings of the 35th Annual ACM Symposium on Applied Computing, SAC '20*, p. 1379–1386, New York, NY, USA, 2020. Association for Computing Machinery.

- [55] SOHAIB, O.; KANG, K. **E-commerce web accessibility for people with disabilities.** In: Goluchowski, J.; Pankowska, M.; Linger, H.; Barry, C.; Lang, M.; Schneider, C., editors, *Complexity in Information Systems Development*, p. 87–100, Cham, 2017. Springer International Publishing.
- [56] SOMMERVILLE, I. **Software engineering 9th edition.** ISBN-10, 137035152, 2011.
- [57] SOUSA, C. S.; FERREIRA, D.; RODRIGUES, C. L. **Technologies for educating deaf children-a systematic literature review.** In: *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)*, volume 30, p. 1161, 2019.
- [58] STEINACKER, A.; GHAVAM, A.; STEINMETZ, R. **Metadata standards for web-based resources.** *IEEE MultiMedia*, 8(1):70–76, 2001.
- [59] THOMPSON, C. B. **Descriptive data analysis.** *Air medical journal*, 28(2):56–59, 2009.
- [60] VAUGHAN, G. **Facts about deafness**, 2020. <https://who.int/news-room/fact-sheets/detail/deafness-and-hearing-loss> [Accessed: 05-2020].

## Lista de páginas web avaliadas

Neste apêndice é apresentada uma versão completa dos sites avaliados no capítulo 3 esses sites representam os dados de avaliação através de metadados da Seção 3.2 e avaliação por análise estatística descritiva da Seção 3.3.

Tabela A.1: Páginas web avaliadas por metadados.

<b>ID</b>	<b>URL</b>	<b>Data</b>	<b>Categoria</b>
1	9gag.com	02/13/2020	<i>Entertainment</i>
2	accuradio.com	02/13/2020	<i>Music</i>
3	activision.com	02/12/2020	<i>Games</i>
4	africanbank.co.za	02/12/2020	<i>Financial Services</i>
5	android.com	02/13/2020	<i>Software</i>
6	apa.org	02/13/2020	<i>Health</i>
7	bankaust.com.au	02/12/2020	<i>Financial Services</i>
8	bankofamerica.com	02/11/2020	<i>Financial Services</i>
9	bankofcanada.ca	02/11/2020	<i>Financial Services</i>
10	barcelona.com	01/29/2020	<i>Travel</i>
11	beercast.com.br/programas/e-natal-hops-h...	02/12/2020	<i>Podcast</i>
12	bja.ojp.gov/library/multimedia/list	02/12/2020	<i>Government</i>
13	blizzard.com	02/12/2020	<i>Games</i>
14	bloomberg.com	02/13/2020	<i>News</i>
15	bom.gov.au	02/14/2020	<i>Weather</i>
16	booking.com	11/21/2019	<i>Travel</i>
17	bportugal.pt	02/12/2020	<i>Financial Services</i>
18	brainson.org	02/13/2020	<i>Podcast</i>
19	businessinsider.com	02/14/2020	<i>Business</i>
20	cancer.org	01/13/2020	<i>Health</i>
21	cea.com.br/institucional/conheca-a-cea	02/14/2020	<i>Shopping</i>
22	cia.gov/index.html	02/14/2020	<i>Government</i>
			continuação

Tabela A.1 – Páginas web avaliadas por metadados.

<b>ID</b>	<b>URL</b>	<b>Data</b>	<b>Categoria</b>
23	climatempo.com.br/brasil	02/12/2020	<i>Weather</i>
24	cmpdi.uff.br	11/21/2019	<i>Education</i>
25	coursera.org	11/21/2019	<i>Education</i>
26	cvc.com.br	02/13/2020	<i>Travel</i>
27	decolar.com	02/13/2020	<i>Travel</i>
28	deezer.com	02/14/2020	<i>Music</i>
29	dostor.org	03/14/2020	<i>News</i>
30	dotnetrocks.com	02/14/2020	<i>Podcast</i>
31	ebay.com	11/21/2019	<i>Business</i>
32	edition.cnn.com/weather	02/13/2020	<i>Weather</i>
33	egyptindependent.com	03/21/2020	<i>News</i>
34	en.wikipedia.org	11/21/2019	<i>Education</i>
35	etsy.com	02/12/2020	<i>Shopping</i>
36	europeanspodcast.com/episodes/how-the-he...	02/13/2020	<i>Podcast</i>
37	examine.com/about/	02/13/2020	<i>Health</i>
38	exxonmobil.com	01/29/2020	<i>Business</i>
39	facebook.com	02/12/2020	<i>Social</i>
40	fandango.com	02/13/2020	<i>Entertainment</i>
41	ford.com	02/13/2020	<i>Business</i>
42	gamespot.com	02/11/2020	<i>Games</i>
43	gamesradar.com	02/12/2020	<i>Games</i>
44	google.com	10/30/2019	<i>Software</i>
45	gov.il/en	02/13/2020	<i>Government</i>
46	gozambiajobs.com	03/14/2020	<i>Jobs</i>
47	groupon.com	02/12/2020	<i>Shopping</i>
48	heart.org	02/13/2020	<i>Health</i>
49	html5tutorial.info/html5-audio.php	01/25/2020	<i>Education</i>
50	hulu.com/press/	02/13/2020	<i>Entertainment</i>
51	indiatoday.in/livetv	02/14/2020	<i>News</i>
52	infoescola.com	11/21/2019	<i>Education</i>
53	infomoney.com.br	02/12/2020	<i>News</i>
54	itau.com.br	02/11/2020	<i>Education</i>
55	justice.gov	02/12/2020	<i>Government</i>
56	licensing.jamendo.com/en/royalty-free-mu...	02/13/2020	<i>Music</i>
57	lifo.gr	03/14/2020	<i>News</i>
			continuação

Tabela A.1 – Páginas web avaliadas por metadados.

<b>ID</b>	<b>URL</b>	<b>Data</b>	<b>Categoria</b>
58	linkedin.com	02/12/2020	<i>Social</i>
59	lojasrenner.com.br	02/14/2020	<i>Shopping</i>
60	meteoearth.com	01/25/2020	<i>Weather</i>
61	microsoft.com	11/21/2019	<i>Education</i>
62	msn.com/en-us/weather	02/13/2020	<i>Weather</i>
63	msn.com/pt-br/noticias	02/12/2020	<i>News</i>
64	nbcnews.com	02/13/2020	<i>News</i>
65	netflix.com	12/09/2019	<i>Entertainment</i>
66	nih.gov	02/14/2020	<i>Health</i>
67	olx.com	11/21/2019	<i>Business</i>
68	opera.com	02/13/2020	<i>Software</i>
69	pcgamer.com	02/11/2020	<i>Games</i>
70	picpay.com/site	02/12/2020	<i>Financial Services</i>
71	pitchfork.com/best/	02/13/2020	<i>Music</i>
72	portalcafebrasil.com.br/podcasts/704-45-...	02/12/2020	<i>Podcast</i>
73	price.com.hk	03/14/2020	<i>Shopping</i>
74	primevideo.com	02/12/2020	<i>Entertainment</i>
75	qq.com	02/14/2020	<i>Social</i>
76	samsung.com	02/14/2020	<i>Business</i>
77	serpro.gov.br	02/12/2020	<i>Government</i>
78	slacker.com	01/29/2020	<i>Music</i>
79	southindianbank.com	02/12/2020	<i>Financial Services</i>
80	soylent.com	01/29/2020	<i>Shopping</i>
81	spotify.com/br/	02/12/2020	<i>Music</i>
82	theweathernetwork.com	02/13/2020	<i>Weather</i>
83	thrillist.com/entertainment/nation/best-...	02/13/2020	<i>Podcast</i>
84	tjgo.jus.br	11/21/2019	<i>Government</i>
85	travelsa.com.br	02/13/2020	<i>Travel</i>
86	tripadvisor.com	11/21/2019	<i>Travel</i>
87	tumblr.com	02/13/2020	<i>Social</i>
88	twitter.com	11/21/2019	<i>Social</i>
89	unix.com	02/13/2020	<i>Software</i>
90	ups.com/us/en/services/knowledge-center/...	02/14/2020	<i>Business</i>
91	w3.org/wai/perspective-videos/captions/	11/21/2019	<i>Software</i>
92	walmart.com	02/12/2020	<i>Shopping</i>
			continuação

Tabela A.1 – Páginas web avaliadas por metadados.

<b>ID</b>	<b>URL</b>	<b>Data</b>	<b>Categoria</b>
93	washingtonpost.com	01/15/2020	<i>News</i>
94	whatsapp.com	02/14/2020	<i>Social</i>
95	who.int	02/12/2020	<i>Health</i>
96	xbox.com	02/11/2020	<i>Games</i>
97	xerox.com	02/13/2020	<i>Software</i>
98	yahoo.com	11/21/2019	<i>Software</i>
99	youtube.com	11/04/2019	<i>Social</i>
100	zapposinsights.com	02/12/2020	<i>Shopping</i>

Tabela A.2: Páginas avaliadas por análise estatística.

<b>ID</b>	<b>URL</b>	<b>Data</b>
1	africansignlanguages.org/downloads/adamorobe-sign-language-c...	03/18/2020
2	aquaworld-oarai.main.jp/contents/signlanguage-3/	03/05/2020
3	arasaac.org/videos_lse.php	03/05/2020
4	aslteachingresources.com	03/05/2020
5	aussieeducator.org.au/curriculum/sign.html#othersign	03/18/2020
6	bda.org.uk/project/healthwellbeing/	03/05/2020
7	blog.ai-media.tv/blog/video-why-i-learned-mexican-sign-langu...	03/16/2020
8	cbc.ca/news/canada/newfoundland-labrador/deaf-choir-st-johns...	03/18/2020
9	ci.inf.ufg.br	03/05/2020
10	deaf.sg/cute-korean-sign-language-ksl/	03/19/2020
11	deafnewstoday.blogspot.com	03/05/2020
12	deafvideo.tv/496083	03/18/2020
13	dw.com/en/how-germanys-fight-against-coronavirus-excludes-th...	03/18/2020
14	edbu.eu/edbu-news-archive/a-memorable-day-for-croatian-deafb...	03/15/2020
15	eohorizons.com/videos	03/19/2020
16	expression.com.au/content.asp?id=272&t=deaf-parenting-stori...	03/12/2020
17	gallaudet.edu/asl-connect/asl-courses	03/05/2020
18	guides.dtwd.wa.gov.au/nmtafe-auslan/videos	03/18/2020
19	handspeak.com	03/05/2020
20	helloasphyxia.wordpress.com/blog/learn-auslan-australian-sig...	03/18/2020
21	interactive.aljazeera.com/aje/palestineremix/stronger-than-w...	03/17/2020
22	irishdeafsociety.ie/irish-sign-language/	03/05/2020
23	isl.org.il/en/home-page-2/	03/19/2020
continuação		

Tabela A.2 – Páginas avaliadas por análise estatística.

<b>ID</b>	<b>URL</b>	<b>Data</b>
24	islrtc.nic.in/video-content/126	03/05/2020
25	jisls.jp/kenpo/	03/05/2020
26	kotzinfrench.weebly.com/french-sign-language.html	03/19/2020
27	libras.ufsc.br	03/05/2020
28	limpingchicken.com/2018/04/19/darren-townsend-handscomb-help...	03/19/2020
29	manosquehablan.com.ar	03/18/2020
30	millneckinternational.org/stories/wrong-answer-makes-sense/	03/17/2020
31	nad.org/2020/02/21/census-and-ac/	03/12/2020
32	nzsl.nz	03/18/2020
33	ohchr.org/en/udhr/pages/udhrinsignlanguages.aspx	03/19/2020
34	omniglot.com/language/numbers/albanian.htm	03/18/2020
35	otjc.org/syuwa-movie	03/05/2020
36	pappaspost.com/greek-wedding-video-sign-language-goes-viral/	03/19/2020
37	sadeaf.org.sg/whats-the-sign-for-jewel-changi-airport-in-sin...	03/19/2020
38	sciencemag.org/news/2016/04/new-sign-languages-hint-how-all-...	03/16/2020
39	signedstories.com	03/05/2020
40	signingsavvy.com	03/05/2020
41	signlanguage101.com	03/05/2020
42	silentgrapevine.com/2018/05/the-alphabet-in-cuban-sign-langu...	03/19/2020
43	stepfeed.com/an-egyptian-girl-performed-a-song-in-sign-langu...	03/19/2020
44	straitstimes.com/videos/learn-more-about-singapore-sign-lang...	03/19/2020
45	talkinghands.co.in/video/alphabetsmp4	03/05/2020
46	thejournal.ie/irish-sign-language-1089166-sep2013/	03/05/2020
47	tofugu.com/japan/japanese-sign-language/	03/05/2020
48	tradonline.fr/en/french-sign-language-a-language-in-its-own-...	03/19/2020
49	whoqol.inf.ufg.br	03/05/2020
50	www.nhk.or.jp/strl/sl-weather/movie/?area=mito	03/05/2020

Tabela A.3: Característica das páginas e avaliadas por análise estatística.

<b>ID</b>	<b>Altura</b>	<b>Qtd. vídeo</b>	<b>Qtd. input</b>	<b>Categoria</b>	<b>LS</b>
1	9	9	2	<i>Research</i>	<i>Adamorobe</i>
2	11	1	1	<i>Aqua Museum</i>	<i>Japanese</i>
3	10	10	16	<i>Communication</i>	<i>Spanish</i>
					continuação

Tabela A.3 – Característica das páginas e avaliadas por análise estatística.

<b>ID</b>	<b>Altura</b>	<b>Qtd. vídeo</b>	<b>Qtd. input</b>	<b>Categoria</b>	<b>LS</b>
4	24	1	1	<i>Education</i>	<i>American</i>
5	10	1	0	<i>Education</i>	<i>Auslan</i>
6	22	2	1	<i>Health</i>	<i>British</i>
7	29	1	3	<i>Blog</i>	<i>Mexican</i>
8	16	2	20	<i>News</i>	<i>American</i>
9	10	2	2	<i>Deaf User</i>	<i>Brazilian</i>
10	24	1	9	<i>Sign Language Stories</i>	<i>Korean</i>
11	26	3	3	<i>News</i>	<i>American</i>
12	11	1	1	<i>Media Stream</i>	<i>Armenian</i>
13	19	1	0	<i>News</i>	<i>Germany</i>
14	10	1	0	<i>European Deafblind Union</i>	<i>Croatian</i>
15	19	12	0	<i>Deaf Enterprise</i>	<i>Singapore</i>
16	13	1	1	<i>Education</i>	<i>Australian</i>
17	13	1	7	<i>Education</i>	<i>American</i>
18	15	5	1	<i>Government</i>	<i>Auslan</i>
19	10	1	7	<i>Education</i>	<i>American</i>
20	17	44	1	<i>Blog</i>	<i>Auslan</i>
21	13	7	2	<i>Media Stream</i>	<i>Palestine</i>
22	10	1	1	<i>Irish Deaf Society</i>	<i>Irish</i>
23	14	1	6	<i>Education</i>	<i>Israeli</i>
24	22	1	2	<i>Research and Training Centre</i>	<i>Indian</i>
25	13	1	0	<i>Constitution of Japan</i>	<i>Japanese</i>
26	14	1	0	<i>Language</i>	<i>French</i>
27	10	8	2	<i>Education</i>	<i>Brazilian</i>
28	14	1	10	<i>Blog</i>	<i>Gambian</i>
29	16	1	4	<i>Education</i>	<i>Argentine</i>
30	34	1	7	<i>Deaf Community</i>	<i>American</i>
31	16	1	2	<i>Civil Rights Organization</i>	<i>American</i>
32	15	2	1	<i>Education</i>	<i>New Zealand</i>
33	18	4	2	<i>United Nations</i>	<i>Tetum</i>
34	11	1	1	<i>Encyclopedia</i>	<i>Albanian</i>
35	8	10	0	<i>Deaf Association</i>	<i>Japanese</i>
36	12	1	7	<i>News</i>	<i>Greek</i>
37	12	1	0	<i>Deaf Association</i>	<i>Singapore</i>
38	13	1	1	<i>Science</i>	<i>Israeli</i>

continuação

Tabela A.3 – Característica das páginas e avaliadas por análise estatística.

<b>ID</b>	<b>Altura</b>	<b>Qtd. vídeo</b>	<b>Qtd. input</b>	<b>Categoria</b>	<b>LS</b>
39	10	1	0	<i>Education</i>	<i>American</i>
40	18	13	12	<i>Education</i>	<i>American</i>
41	24	11	5	<i>Education</i>	<i>American</i>
42	22	1	3	<i>News</i>	<i>Cuban</i>
43	15	1	0	<i>News</i>	<i>Egyptian</i>
44	21	1	0	<i>News</i>	<i>Singapore</i>
45	22	1	7	<i>Education</i>	<i>Indian</i>
46	11	6	10	<i>News</i>	<i>Irish</i>
47	12	9	1	<i>Education</i>	<i>Japanese</i>
48	17	3	7	<i>Translation</i>	<i>French</i>
49	8	1	0	<i>Deaf User</i>	<i>Brazilian</i>
50	12	1	13	<i>Weather</i>	<i>Japanese</i>

Tabela A.4: Profundidade de vídeos e medidas de tendências centrais.

<b>ID</b>	<b>MIV</b>	<b>Mediana</b>	<b>Modo</b>	<b>Faixa</b>	<b>Desvio Padrão</b>
1	-1.00	-1.00	-1.00	0	0.00
2	-1.00	-1.00	-	0	0.00
3	-0.75	0.00	0.00	2	0.97
4	-8.00	-8.00	-	0	0.00
5	-7.00	-7.00	-	0	0.00
6	-16.00	-16.00	-16.00	0	0.00
7	-5.00	-7.00	-7.00	6	2.83
8	-0.20	0.00	0.00	4	0.87
9	1.00	1.00	1.00	0	0.00
10	1.00	1.00	1.00	5	1.76
11	0.33	2.00	2.00	5	2.36
12	0.00	0.00	-	0	0.00
13	-14.00	-14.00	-	0	0.00
14	-10.00	-10.00	-	0	0.00
15	-16.00	-16.00	-16.00	0	0.00
16	1.00	1.00	-	0	0.00
17	4.57	6.00	6.00	6	2.32
18	-6.00	-6.00	-6.00	0	0.00
continuação					

Tabela A.4 – Profundidade de vídeos e medidas de tendências centrais.

<b>ID</b>	<b>MIV</b>	<b>Mediana</b>	<b>Modo</b>	<b>Faixa</b>	<b>Desvio Padrão</b>
19	-0.71	-1.00	-1.00	0	0.70
20	-7.66	-7.00	-6.00	7	2.03
21	3.43	3.50	2.00 e 4.00	3	1.12
22	-1.00	-1.00	-	0	0.00
23	3.67	5.00	5.00	4	1.89
24	-1.00	-1.00	-1.00	0	0.00
25	-9.00	-9.00	-	0	0.00
26	-14.00	-14.00	-	0	0.00
27	0.13	0.00	0.00	1	0.33
28	-3.40	-4.00	-5.00	4	1.74
29	8.50	8.50	7.00 e 10.00	3	1.50
30	-17.00	-16.00	-16.00	7	2.45
31	-6.00	-6.00	-6.00	0	0.00
32	-1.00	-1.00	-1.00	0	0.00
33	-2.50	-2.50	-3.00 e -2.00	1	0.50
34	0.00	0.00	-	0	0.00
35	-6.10	-6.00	-6.00	1	0.30
36	0.57	1.00	1.00	2	0.73
37	-12.00	-12.00	-	0	0.00
38	1.00	1.00	-	0	0.00
39	-9.00	-9.00	-	0	0.00
40	-2.16	-2.00	-2.00	10	2.41
41	3.04	4.00	4.00	11	2.81
42	-0.33	2.00	2.00	7	3.30
43	-13.00	-13.00	-	0	0.00
44	-17.00	-17.00	-	0	0.00
45	0.43	1.00	-3.00 e -3.00	6	2.38
46	-1.20	-2.00	-3.00	5	1.99
47	-3.00	-3.00	-3.00	0	0.00
48	1.14	3.00	3.00	7	2.47
49	-5.00	-5.00	-	0	0.00
50	4.31	5.00	5.00	3	1.26

## **Technologies For Educating Deaf Children- A Systematic Literature Review**

---

Neste apêndice esta anexo o artigo publicado no Simpósio Brasileiro de Informática na Educação ([SBIE](#)), este artigo tem conteúdo relacionado a surdos, acessibilidade e educação. Ele foi submetido na trilha de interação humano-computador, inclusão e acessibilidade.

## Technologies For Educating Deaf Children- A Systematic Literature Review

Caio C. S. Sousa<sup>1</sup>, Deller James<sup>1</sup>, Cassio L. Rodrigues<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institute of Informatics – Federal University of Goiás (UFG)  
Alameda Palmeiras – Campus Samambaia – Goiania – GO – Brazil

{caiocsousa,deller,cassio}@inf.ufg.br

**Abstract.** *This paper presents a systematic review (SR) about technologies for educating the Deaf or Hard of Hearing (D/HH) children. A total of 21 papers published between 2010 and 2018 were examined. For this review, we aimed at analyzing empirical evidence concerning children education experiences and how the use of technology can influence this environment. We evaluated the following categories: age, grade level, technology, and topics taught. Results of this research show that using technology for educational purposes has positive outcomes such as sign language and vocabulary acquisition for children. However, accessibility guidelines should be taken into consideration when developing technology for the Deaf.*

**Resumo.** *Este artigo apresenta uma revisão sistemática (RS) sobre tecnologias para educação de crianças surdas ou com deficiência auditiva. Um total de 21 artigos publicados entre 2010 e 2018 foram examinados. Para esta revisão, focamos em analisar evidências empíricas sobre experiências na educação infantil e como o uso da tecnologia pode influenciar esse ambiente. Avaliamos as seguintes categorias: idade, série, tecnologia e tópicos ensinados. Os resultados desta pesquisa mostram que o uso de tecnologia para fins educacionais é eficiente, como aquisição de linguagem de sinais e vocabulário para crianças. No entanto, as diretrizes de acessibilidade devem ser levadas em consideração ao criar tecnologias para o surdo.*

### 1. Introduction

The inclusive model of education states that all children should have access to education, with the opportunity to be educated with moral and ethical support. An agreement was signed by several countries around the world, which outlined that inclusive education has to be for all children [Xie and Potměšil 2014]. To address this statement, we propose to review the education context of deaf children, regarding how technology can influence their educational environment.

Due to the increasing use of technology, education, in general, is more accessible. The D/HH today that has access to education are benefited by having expanded opportunities to interact with society, communicate with people that are hearing, access to linguistic, and acceptance from the hearing [Xie and Potměšil 2014]. Even though education is essential, technology also has had a significant impact on the deaf in general. There was a time when deaf students could not communicate with people who were

not on their visual circle. With the advance of technology, long-distance communication like chat rooms and video conferences, deaf communication practices have improved [Denham and Battro 2012], thus enabling a better social and intellectual network for the D/HH.

The goal of this Systematic Review (SR) is to evaluate the effects has technologies for educating D/HH children. This research consists of searching for primary and secondary studies related to the research topic and considering relevant digital bases. This paper is structured as follows. Section 2 describes the method applied to create this systematic review. Section 3 presents the results obtained from the research based on the categories of age, grade, topics taught, and technology. Section 4 contains the conclusion of this systematic review, based on the research question.

## 2. Systematic Review Method

This SR was elaborated using a trustworthy, rigorous, and auditable method. According to Kitchenham [A. Kitchenham 2007], an SR has the purpose of evaluating and analyzing available research relevant to the research question given. The stages included in this SR process consist of, planning the review, conducting the review, and reporting the review. The activities applied in this paper involved in these stages include but are not limited to:

- Analyzing the need for the review.
- Defining the research question(s).
- Create and maintain a review protocol.
- Identification and Selection of relevant primary and secondary research.
- Quality assessment by inclusion the of criteria.
- Maintaining and organizing research data.
- Writing descriptive summaries of results.
- Formatting and Writing reports.

### 2.1. Search Strategies

For this review we used a total of 5 digital libraries for searching information related to the research topic, the libraries are ACM digital library, Journal of Deaf Studies and Deaf Education (JDSDE), IEEE, Science Direct and Scopus. In order to effectively manage and organize this research, we used a software tool called StArt [Fabbri and Silva 2016] on its 3.3 beta version. This software was used to import most of the articles using the BibTeX format and divide the evaluation and classification process of the review and separate the articles according to their source and research string. Table 1 shows the library used for research and the related search string applied.

Table 1: Source and Search String

Source	Search String
ACM	+("Technology" "Software" "application") +("Education" "Educating" "Schooling") +("Deaf" "Hard of Hearing" "Hearing Impaired") + (Children Kid) or +(Deaf "Hard of Hearing" "Hearing Impaired") + (Children Kids)

IEEE	((Education or Educating or Schooling) and (Technology or Software ) and (Deaf or Hard of Hearing or Hearing Impaired) and (Children or Kids)) or (Education) and (Technology) and (Deaf) and (Children))
JDSDE	(Education or Educating or Schooling) and (Technology or Software) and (Deaf or "Hard of Hearing" or "Hearing Impaired") and (Children or Kids)
Science Direct	(Education or Educating or Schooling) and (Technology or Software ) and (“Deaf or Hard of Hearing” or “Hearing Impaired”) and (Children or Kids) or (Education and Technology and Deaf and Children)
Scopus	(Education and Technology and Deaf and Children)

---

## 2.2. Research Question

The objective of this review is to understand the effects that technology has on teaching the deaf and hard of hearing children, so we aimed at answering the following research question: What empirical evidence is there concerning the positive impacts and outcomes of technological tools for the education of deaf children?

## 2.3. Inclusive and Exclusive Criteria

The papers that passed the selection and extraction process must have met the inclusive and exclusive criteria:

- Inclusive- Research published between Jan/2010 to Jan/2018.
- Inclusive- All research must be written in English.
- Exclusive- Duplicate research created by the same authors that have related topic, the least relevant one will be removed from this study.
- Exclusive- Research papers that are not relevant to the research objective.

## 2.4. Study Identification, Selection, and Extraction

The selection of the papers went through a three-step analysis. First, we executed a search using specific search strings in each library to find related studies. Second, we read the title and abstract and selected the most relevant papers and rejected the ones that did not fit the inclusion and exclusion criteria. Finally, we read each article thoroughly accepting and rejecting them based on the information each paper had on answering the research question. Figure 1 shows the three-step process, a total of 902 papers were initially identified for step one. The selection step then reduced the articles to 251. Finally, after the extraction took place a total of 21 articles were accepted.

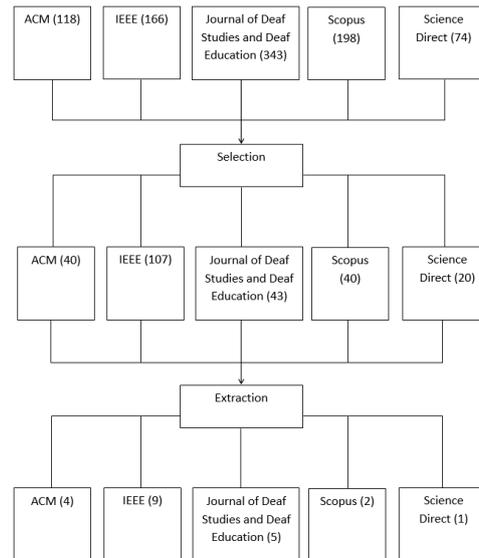


Figure 1. Studies Identification and Selection.

### 2.5. Related Work

We have identified in the literature one paper that is related to our study. The paper is a systematic literature review based on collaborative learning as an educational strategy for deaf children, collaborative learning in this context is referred to as group learning where students help each other to reach a common goal. [Aristizábal et al. 2017] had the objective of identifying how collaborative learning is being applied for educating deaf children and the kinds of technology that has been used in these environments. However, our paper has the goal of describing empirical evidence concerning the positive impacts of technological tools for the education of deaf children. We used a total of 5 digital libraries, out of these two were not used in the related work, we also had 902 papers identified and 21 papers accepted differently from 229 identified papers and 14 selected, our search string did not contain the word collaborative learning. The results we had differ from that of [Aristizábal et al. 2017] paper. We identified age or grade group of the children involved and subjects or topics being taught for each paper. We also analyzed evidence concerning the positive impacts that the result had like the students experience and feedback during the experiment. In our research, we suggest improving existing software accessibility, differently from [Aristizábal et al. 2017] that proposed a framework to promote the development of a collaborative tool.

### 3. Results

This section provides information from the 21 extracted articles, we created three categories and distributed each of the categories by authors in alphabetical order in 2 tables. Data that are not available has been labeled as not applicable (N/A). The categories are:

- Age or Grade Group
- Topics Taught
- Technologies

### 3.1. Age or Grade Group and Topics Taught

This section provides information about children participating in the experiments. Age, grade level, and topics taught are covered here. Age distinction is necessary because the age of children is related to what is being taught and the learning expectancy of the target group. One cannot expect a group of 3 years old's to learn how to read and write effectively but could expect vocabulary gain. [A Davenport and Alber-Morgan 2017] states that children with good vocabulary tend to have better language results than children with limited vocabulary and that vocabulary gained at age 3 can have outcomes for children at age 9-10. According to [Akalin and Uluer 2014], the early stages of human life has significant impacts on language and cognitive development and that children between 2-7 years old knowledge are characterized by mental imagery, language, and symbolic thought. Research shows us that children that are D/HH experiences delays in rules that affect linguistics units in the English language [Cannon and Easterbrooks 2011].

We conclude that some of the studies had references on the importance of teaching deaf children and why teaching at such an early stage can influence results throughout life. Emotional factors can also influence children learning experience [Gupta and Martin 2013] states that anxiety when learning math can initiate in first graders. Due to this evidence classifying the age group or grade level has become consistent evidence for this research.

Teaching occurred on a diverse number of subjects identified in the extracted research. Animation with 3D virtual space environment was customized for children to improve spatial perception and flexible thinking of D/HH children [Lin and Wang 2010]. One study had three different modules in one application, which are Jawi script, quiz, and memory games [Hussain 2014]. In Fernandez paper, music was an innovative proposal topic that has positive results in the integration of the class, which enabled a positive effect on the teaching and learning process [Chao-Fernandez and Román-García 2017]. Subjects were also taught in an organized order, first children were asked to read a story, then complete a set of exercise problems, last create a drawing to illustrate the story they read. TuxPaint drawing software was used to evaluate the student's readability of a set of stories [Mich 2011]. Finally, [Messier and Wood 2015] application helped children on their reading and vocabulary with three main tasks to measure, receptive pointing, expressively labeling, and word definitions.

Table 2: Age, Grade Group and Topic

<b>Author</b>	<b>Age or Grade</b>	<b>Topic</b>
[A Davenport and Alber-Morgan 2017]	3 years old	Vocabulary
[Akalin and Uluer 2014]	9 to 16 years old	Teaching Sign Language
[Bouzid and khenissi 2016]	10 to 14 years old	Vocabulary
[Cannon and Easterbrooks 2011]	5 to 12 years old	Grammar
[Chaisanit and Suksakulchai 2010]	9th grade	Vowel Training
[Chao-Fernandez and Román-García 2017]	5 to 6 years old	Music
[Chebka and Essalmi 2015]	10 to 11 years old	Arabic vocabulary
[Egusa and Sakai 2016]	8 to 12 years old	Science and Japanese

Continued on next page

**Table 2 – continued from previous page**

<b>Author</b>	<b>Age or Grade</b>	<b>Topic</b>
[Gupta and Martin 2013]	8 to 16 years old	Math
[Hu and Wang 2013]	N\A	Language Abilities
[Hussain 2014]	9 to 15 years old	Jawi Script and Games
[Lin and Wang 2010]	10 to 13 years old	Virtual Games
[Messier and Wood 2015]	4 to 9 years old	Reading and Vocabulary
[Mich 2011]	8 to 14 years old	Reading and Drawing
[Mueller and Hurtig 2010]	2 to 5 years old	Reading
[Priestley and Enns 2018]	4 to 8 years old	Math and other Subjects
[Ryohei and Kumiko 2013]	1st to 6th grade	Theater and Storytelling
[Saud and Nasruddin 2016]	7 to 8 years old	Alphabet, Numbers and Jawi
[Vesel and Robillard 2013]	4th to 8th grade	Math
[Vettori and Mich 2011]	8 to 14 years old	Reading Comprehension
[Wang and Paul 2011]	7 to 11 years old	Literacy

Table 2 shows that 20 out of the 21 studies contains data regarding the age or grade level of the children ranging from 2 to 16 years old ranging, from 1st to 9th grade. The children with ages between 10-11 years old had the highest average of participation. [Hu and Wang 2013] paper did not inform the children age or grade level but did inform the school name that is Nanjing School for Deaf located in China. [A Davenport and Alber-Morgan 2017] paper had only 2 participants attending school for the deaf and diagnosed with profound hearing loss. In [Akalin and Uluer 2014] study, tests were executed with a total of 28 children that were fluent in Turkish sign language. [Bouid and khenissi 2016] had a total of 6 deaf participants with experiments performed at the Tunisian Association for deaf people (ATAS).

The studies have some diversity of topic taught, ranging from Japanese grammar to Jawi that is an Arabic alphabet created for writing the Malay language and music, among these subjects math, vocabulary and reading were the most common subjects taught. With the help of technology, we understand that teaching can be explored efficiently since some research had more than one subject being taught using only one type of application, which could also be used to evaluate what has been learned and help measure progress during the educational process.

For [Cannon and Easterbrooks 2011] intervention, 26 children participated in the study, and 8 teachers who taught kindergarten to fifth grade were recruited as a facilitator of the experiment. [Chaisanit and Suksakulchai 2010] evaluation had 10 D/HH students that attended the Setsatian School for the deaf who participated in the vowel training class. A study was implemented at the 2013/14 school year with 23 pupils aging from 5-6 years old attending the 3rd grade [Chao-Fernandez and Román-García 2017]. Finally, [Chebka and Essalmi 2015] experiment had a total of 38 participants, divided between 22 males and 16 females. The described studies varied greatly in the number of participants, age group, type of experiments, and experiment quantity. These variations show why a certain subject was being taught due to the level of the expected learning capabilities of the group.

### 3.2. Technologies

Technology can be used as a teaching tool, measure what has been taught, and also evaluate what was learned. This section aims at describing some of the technologies and how they have been applied during the experiments. Data such as navigation, usability, rules, accessibility, and other features regarding using the technology will also be described. According to [Chebka and Essalmi 2015], games can be used as a mechanism for stimulating social, motor, and cognitive skills. Depending on the background, some children can be more easily attracted to games than books or vice versa. [Gupta and Martin 2013] states that accessibility is fundamental to permit people with disabilities to comprehend and understand subjects, accessible formats include but are not limited to sign language and captioning support.

Table 3: Technologies

<b>Technology</b>	<b>Description</b>	<b>Author</b>
Bilingual Program	Sign and Spoken English	[Priestley and Enns 2018]
Desktop/Web App	3D Virtual Environment	[Lin and Wang 2010]
Desktop/Web App	Drawings	[Vettori and Mich 2011]
Desktop/Web App	e-drawing	[Mich 2011]
Desktop/Web App	e-learning	[Saud and Nasruddin 2016]
Desktop/Web App	Signing Math Dictionary	[Vesel and Robillard 2013]
Desktop/Web App	Software Program	[Cannon and Easterbrooks 2011]
Desktop/Web App	Speech Training Aid	[Hu and Wang 2013]
Desktop/Web App	Storytelling	[Chao-Fernandez and Román-García 2017]
e-book	Shared Reading	[Mueller and Hurtig 2010]
e-book	Vocabulary Intervention	[Messier and Wood 2015]
Mobile Application	Crossword Game	[Chebka and Essalmi 2015]
Mobile Application	Learning Game	[Hussain 2014]
Multimedia/Video	Beginning Literacy	[Wang and Paul 2011]
Multimedia/Video	Mathematics	[Gupta and Martin 2013]
Multimedia/Video	Puppet Theater	[Ryohei and Kumiko 2013]
Multimedia/Video	Vowel Training	[Chaisanit and Suksakulchai 2010]
Picture labeling	Race Track Game	[A Davenport and Alber-Morgan 2017]
Robots	Sign Language Game	[Akalin and Uluer 2014]
Video Game	Computer Game	[Bouzzid and khenissi 2016]
Video Game	Kinect Sensor	[Egusa and Sakai 2016]

We identified a total of 8 distinct types of technology represented in table 3. Desktop and Web applications were the most common type of technologies. The bimodal-bilingual program is a unique technology because it focuses on developing proficiency in both languages speaking and signing [Priestley and Enns 2018]. [Chebka and Essalmi 2015] used a crossword game that enables the user to watch a sign language video and write the word in the corresponding location in the game, even though this technology was listed in the video game column a mobile version is also made available in the Arabic store of mobile apps with more than 1000 downloads.

[Egusa and Sakai 2016] papers describes a collaborative and interactive game that has activities that involve jumping and filling in the blank, the jumping stage uses a Xbox Kinect to evaluate when two players jump at the same time thus encouraging collaboration between users, the filling in the blank option allows selecting articles and inserting in sentences, this feature evaluates children grammar. The varied types of teaching tools provided a unique way for user interaction, thus enriching the usability of deaf children.

#### 4. Conclusion

**The research question:** What empirical evidence is there concerning the positive impacts and outcomes of technological tools for the education of deaf children?

All of the research had a positive conclusion about the method applied for teaching deaf children. Out of these we highlighted 9 papers that had evidence regarding the impacts of the experiments. Experimental results show that two deaf preschoolers had sign language vocabulary acquisition, after the intervention [A Davenport and Alber-Morgan 2017]. Use of software improved the acquisition of sign-writing notation and could help promote bilingualism [Bouzid and khenissi 2016]. The given technology presents a productive environment for learning [Chaisanit and Suksakulchai 2010]. Children participating had improvements in music skills [Chao-Fernandez and Román-García 2017]. Collaborative learning was encouraged, and students had grammar acquisition after the intervention [Egusa and Sakai 2016]. Language skills have significantly improved with the help of Speech training aid system (STAS) as seen in Wang's paper [Hu and Wang 2013]. The e-drawing method applied helped children on their reading comprehension [Mich 2011]. Signing e-books can facilitate hearing parent's ability to provide their children with hearing loss those invaluable shared reading experiences [Mueller and Hurtig 2010]. Access to technology using signing math dictionary (SMD) may help students work independently as they learn math [Vesel and Robillard 2013]. Due to this evidence, we conclude that the use of technology has a positive impact on educating D/HH children.

In some cases, children struggled to use the given technology, we suggest that software developed for the D/HH should be accessible and accessibility standards and guidelines provided by the Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) and World Wide Web Consortium (W3C) should be considered [WCAG 2008, W3C 2019], to reduce difficulties in navigation, provide relevant consistent data and create acceptable user experience. This systematic review has the aim of identifying empirical evidence on technology for teaching the D/HH children. All identified studies had some experimentation with positive impacts on educating D/HH children. We suggest that educational tools should continue to be developed for D/HH in general due to the results obtained from this review. The need to maintain the quality of the technology is also a concern, considering users usability and accessibility.

#### 5. Acknowledgement

The authors would like to thank FAPEG for helping on funding this research.

## References

- A Davenport, C. and Alber-Morgan (2017). Effects of a picture racetrack game on the expressive vocabulary of deaf preschoolers. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 22:1–10.
- A. Kitchenham, B. (2007). *Kitchenham, B.: Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in software engineering*. EBSE Technical Report EBSE-2007-01. N/A.
- Akalin, N. and Uler, P. (2014). Non-verbal communication with a social robot peer: Towards robot assisted interactive sign language tutoring. In *2014 IEEE-RAS International Conference on Humanoid Robots*, pages 1122–1127.
- Aristizábal, L. F., Cano, S., Collazos, C. A., Solano, A., and Slegers, K. (2017). Collaborative learning as educational strategy for deaf children: A systematic literature review. In *Proceedings of the XVIII International Conference on Human Computer Interaction*, pages 38:1–38:8, New York, NY, USA. ACM.
- Bouزيد, Y. and khenissi, M. A. (2016). The effect of avatar technology on sign writing vocabularies acquisition for deaf learners. In *2016 IEEE 16th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT)*, pages 441–445.
- Cannon, J. E. and Easterbrooks (2011). Improving dhh students' grammar through an individualized software program. *The Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 16(4):437–457.
- Chaisanit, S. and Suksakulchai, S. (2010). Interactive multimedia courseware of vowel training for the hearing impaired. In *ICCAS 2010*, pages 1196–1199.
- Chao-Fernandez, R. and Román-García, S. (2017). Online interactive storytelling as a strategy for learning music and for integrating pupils with hearing disorders into early childhood education (ece). *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 237:17 – 22. Education, Health and ICT for a Transcultural World.
- Chebka, R. and Essalmi, F. (2015). A crosswords game for deaf. In *2015 5th International Conference on Information Communication Technology and Accessibility (ICTA)*, pages 1–6.
- Denham, P. and Battro, A. (2012). Education of the deaf and hard of hearing in the digital era. *Mind, Brain, and Education*, 6(1):51–53.
- Egusa, R. and Sakai (2016). Preparatory development of a collaborative / interactive learning game using bodily movements for deaf children. In *Proceedings of the The 15th International Conference on Interaction Design and Children, IDC '16*, pages 649–653, New York, NY, USA. ACM.
- Fabbri, S. and Silva (2016). Improvements in the start tool to better support the systematic review process. In *Proceedings of the 20th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering, EASE '16*, pages 21:1–21:5, New York, NY, USA. ACM.
- Gupta, P. K. and Martin, P. J. M. (2013). Comprehension of basic mathematics among children with hearing impairment using multimedia in accessible and non-accessible format a comparative study. In *2013 IEEE 63rd Annual Conference International Council for Education Media (ICEM)*, pages 1–11.

- Hu, Y. and Wang, T. (2013). Development of speech training aid system for hearing-impaired children. pages 212–214. cited By 0.
- Hussain, A. (2014). A usability testing on jfakih learning games for hearing impairment children. In *The 5th International Conference on Information and Communication Technology for The Muslim World (ICT4M)*, pages 1–4.
- Lin, C.-Y. and Wang, L.-C. (2010). Reducing cognitive load through virtual environments among hearing-impaired students. In *2010 Second Pacific-Asia Conference on Circuits, Communications and System*, volume 1, pages 183–186.
- Messier, J. and Wood, C. (2015). Facilitating vocabulary acquisition of children with cochlear implants using electronic storybooks. *The Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 20(4):356–373.
- Mich, O. (2011). E-drawings as an evaluation method with deaf children. In *The Proceedings of the 13th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility*, ASSETS '11, pages 239–240, New York, NY, USA. ACM.
- Mueller, V. and Hurtig, R. (2010). Technology-enhanced shared reading with deaf and hard-of-hearing children: The role of a fluent signing narrator. *The Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 15(1):72–101.
- Priestley, K. and Enns (2018). Altering practices to include bimodal-bilingual (asl-spoken english) programming at a small school for the deaf in canada. *The Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 23(1):82–94.
- Ryohei, E. and Kumiko (2013). Evaluation of interactive puppet theater based on inclusive design methods: A case study of students at elementary school for the deaf. In *Proceedings of the 12th International Conference on Interaction Design and Children*, IDC '13, pages 467–470, New York, NY, USA. ACM.
- Saud, S. F. and Nasruddin, Z. A. (2016). Design of e-learning courseware for hearing impaired (hi) students. In *2016 4th International Conference on User Science and Engineering (i-USEr)*, pages 271–276.
- Vesel, J. and Robillard, T. (2013). Teaching mathematics vocabulary with an interactive signing math dictionary. *Journal of Research on Technology in Education*, 45(4):361–389. cited By 1.
- Vettori, C. and Mich, O. (2011). Supporting deaf children's reading skills: The many challenges of text simplification. In *The Proceedings of the 13th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility*, ASSETS '11, pages 283–284, New York, NY, USA. ACM.
- W3C (2019). World wide web consortium. [www.w3.org](http://www.w3.org).
- Wang, Y. and Paul, P. (2011). Integrating technology and reading instruction with children who are deaf or hard of hearing: The effectiveness of the cornerstones project. *American Annals of the Deaf*, 156(1):58–68. cited By 9.
- WCAG (2008). Web content accessibility guidelines 2.0. [www.w3.org/TR/WCAG20/](http://www.w3.org/TR/WCAG20/).
- Xie, Y.-H. and Potmėšil (2014). Children who are deaf or hard of hearing in inclusive educational settings: A literature review on interactions with peers. *The Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 19(4):423–437.

## **Lessons Learned about Oral–auditory and Visual–spatial Communication in Requirements Engineering with Deaf Stakeholders**

---

Neste apêndice está anexo o artigo publicado na *Symposium on Applied Computing (SAC)*, este artigo tem conteúdo relacionado a engenharia de requisitos, linguagem de sinais, surdos, elicitación de requisitos, e *stakeholder*. Ele foi submetido na trilha de engenharia de requisitos.

# Lessons Learned about Oral–auditory and Visual–spatial Communication in Requirements Engineering with Deaf Stakeholders

Antônio C. F. Silva  
Instituto Federal do Mato Grosso  
Brazil

Cássio L. Rodrigues  
Instituto de Informática  
Universidade Federal de Goiás (UFG)

Neuma Chaveiro  
Faculdade de Letras, UFG, Brazil

Renata R. O. Garcia  
Faculdade de Letras, UFG, Brazil

Soraya B. R. Duarte  
Instituto Federal de Goiás, Brazil

Mariá A. R. Araújo  
Faculdade de Letras, UFG, Brazil

Vinícius B. Santos  
Faculdade de Letras, UFG, Brazil

Karina R. G. Silva  
Escola de Engenharia Elétrica,  
Mecânica e de Computação, UFG

Paulo M. S. Rodrigues  
Instituto de Informática, UFG, Brazil

Luíla M. Oliveira  
Instituto de Informática, UFG, Brazil

Caio César Silva Sousa  
Instituto de Informática, UFG, Brazil

## ABSTRACT

Software Engineering must consider the particularities inherent in physical disabilities, such as deafness, and other factors that may reduce access to software benefits. This paper presents the lessons learned about requirements engineering that uses oral–auditory and visual–spatial communication to address hearing and deaf stakeholders. According to the World Health Organization, more than 5% of the world’s population — 360 million people — have disabling hearing loss. The source of the lessons learned has been the development and support of three systems that interact with Brazilian deaf people. Lessons learned concern the elicitation, analysis and specification, and validation phases.

## CCS CONCEPTS

• Software and its engineering → Requirements analysis;

## KEYWORDS

Requirements Engineering, Sign Language, Deaf, Requirements Elicitation, Stakeholder

## ACM Reference Format:

Antônio C. F. Silva, Cássio L. Rodrigues, Neuma Chaveiro, Renata R. O. Garcia, Soraya B. R. Duarte, Mariá A. R. Araújo, Vinícius B. Santos, Karina R. G. Silva, Paulo M. S. Rodrigues, Luíla M. Oliveira, and Caio César Silva Sousa. 2020. Lessons Learned about Oral–auditory and Visual–spatial Communication in Requirements Engineering with Deaf Stakeholders. In *The 35th ACM/SIGAPP Symposium on Applied Computing (SAC ’20)*, March

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. Copyrights for components of this work owned by others than ACM must be honored. Abstracting with credit is permitted. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee. Request permissions from [permissions@acm.org](mailto:permissions@acm.org).  
SAC ’20, March 30–April 3, 2020, Brno, Czech Republic  
© 2020 Association for Computing Machinery.  
ACM ISBN 978-1-4503-6866-7/20/03...\$15.00  
<https://doi.org/10.1145/3341105.3373973>

30–April 3, 2020, Brno, Czech Republic. ACM, New York, NY, USA, Article 4, 8 pages. <https://doi.org/10.1145/3341105.3373973>

## 1 INTRODUCTION

According to the Software Engineering Code of Ethics[18], software engineers shall work consistently with the public interest. In particular, they shall consider issues of physical disabilities, allocation of resources, socioeconomic disadvantage, and other factors that can reduce access to the benefits of the software. Software engineers shall contribute for a fair society, in which all individuals have equal opportunity to participate in, or benefit from, the use of software regardless of race, sex, religion, age, disability, or other such similar factors.

This paper presents the lessons learned in requirements engineering that have demanded the combination of two modes of communication: the oral–auditory modality and the visual–spatial modality. The source of the lessons learned has been the development and support of three systems that interact with Brazilian deaf people: Whoqol–Bref–Libras and Whoqol–Dis–Libras, and a sign language interpreter allocation management system. Whoqol–Bref [19] and Whoqol–Dis [36] are World Health Organization (WHO) instruments originally developed to assess the quality of life of people using oral–auditory communication without addressing deaf communities around the world. Whoqol–Libras–Bref and Whoqol–Libras are systems to support the assessment of the quality of life of Brazilian deaf people, who communicate by the Brazilian sign language, which is named Libras.

According to the WHO [34], around the world, more than 360 million people (5%) have some type of deafness. Of this total, 328 million are adults and 32 million are children. The WHO characterizes deafness as the hearing loss of more than 40 decibels (dB) in the ear with better hearing in adults and loss of more than 30 dB in the ear with better hearing in children. The Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE) [15], estimates that about 9.7 million (5.1%) of Brazilians are hearing impaired or deaf, with 1 million children and young people up to 19 years of age. Of this

total, 344.2 thousand are deaf and 1.7 million have great difficulty to hear, with 60% of the deaf population in Brazil knowing the Brazilian sign language (Libras).

Sign language is the natural language of most deaf people [17, 29, 38, 39]. Sign languages are visual-spatial languages that use facial expressions, hands, eyes, mouth, head, eyebrows, and other markers to produce language information. In Brazil, Libras is recognized by law as the official language of the deaf [7, 29, 38]. In addition, access for the deaf to government and utility companies using Libras is guaranteed by law. This ensures accessibility in public portals, educational institutions, and proper health care and treatment. Such access may be performed by sign language interpreters or not [9, 10]. In addition, it is important to note that deaf people have many difficulties reading and writing oral texts [26]. In general, these difficulties occur when deaf people undergo invasive methods for acquiring oral language fluency [17, 39].

The deafness is not a cognitive limiter [17, 38, 39], which addresses us to communication problems that occur in the Requirement Engineering [16]. Some challenges common to all phases of requirements engineering are also encountered when dealing with deaf stakeholders. The expected challenges in this context are: lack of signals to express terms specific to some areas of knowledge [27, 33]; regional variations for sign language terms [17, 24]; lack of mechanisms for constituting a bilingual glossary covering oral-auditory and visual-spatial languages for all involved in the project; lack of adequate techniques for analyzing, specifying and validating requirements provided by deaf stakeholders.

In this paper, the lessons learned are grouped based on requirements engineering activity they pertain to. Importantly, we are not proposing a requirements engineering process. We are using the concept of process as an underlying layer to organize the reporting of lessons learned. Specifically, we are considering three phases of the process: Requirements Elicitation, Requirements Analysis and Specification, and Requirements Validation. The rest of this article is organized according to the following sections: Section 2 reports related works; Section 3 deals with the methodology and underlying demands; Section 4 presents the lessons learned; Section 5 contains examples of software requirements specified in sign language; and Section 6 contains the final remarks.

## 2 RELATED WORKS

Many works address the development of a particular technology contemplating usability for deaf users. However, few works involve the deaf in the Software Engineering process, as a participatory stakeholder since the system conception.

In the requirements elicitation phase, we highlight Korte [22] *et al.*, arguing that deaf children are an underrepresented group in technological development, as they are not encouraged to act as a source of requirements. To reduce this under-representation, the authors present a collaborative approach to requirements elicitation using prototyping. Prototyping is a powerful technique for discovering new requirements as well as confirming the accuracy and completeness of those already discovered. In addition, prototyping is useful for elucidating children's requirements, as complicated requirements specifications may be useless. Through a case study,

the authors identified the issues that are implicit in eliciting the requirements of young deaf children and how the elicitation process can be adapted to address these issues. The main result is a set of recommendations for dealing with children and specific considerations for deaf children. The authors emphasize that awareness of a physical environment is critical, and attention to communication channels is vital when working with deaf children.

In the Requirements Analysis and Specification stage, Ludeña [25] *et al.* present a methodology for the development of deaf communication systems considering the domain of dialogues in the reception of a hotel. The methodology consists of 4 main steps: requirements analysis, parallel corpus generation, technological adaptation to the new domain and system evaluation. Requirements analysis is conducted through participatory design workshops, where end users, including deaf people, researchers, and developers work together to define technical and user requirements. To meet user needs, two participatory design workshops were organized, including deaf clients, hotel receptionists, and researchers from all project partners.

Al-Osaimi [2] *et al.* obtained user interface requirements for e-learning programs designed for deaf children. A prototype was used to get feedback from children regarding interface design. As a result, the authors propose 13 guidelines, which were refined several times between and after the evaluation sessions. In addition, testing methods are tried to determine if they are effective for use with deaf children.

Huang [21] *et al.* present recommendations for usability criteria. Of the recommendations listed in the paper, we highlight the support for multi-modality, containing texts, images and sign language. Since the deaf may have difficulty in reading oral text [20], sign language and images make communication possible.

Tiangtae [44] *et al.* addresses the development of software for the deaf community involving deaf users in the following activities: Requirements Engineering, Software Design, Implementation, Acceptance Testing, and Deployment. The software in question is a Thai to Thai sign language translator using 3D animation, for people who want to communicate with the deaf but are not fluent in sign language. The authors found that having special needs stakeholders further intensifies the challenge for software engineers. The animation used should be accurate and have facial expressions, which is why the software failed some tests. The results demonstrated that it is not possible to follow a standard software engineering process in developing software for users with special needs. In addition, the authors make clear that stakeholder participation at all stages of development is critical for truly important requirements to be implemented, resulting in an end product that meets stakeholder needs.

## 3 METHODOLOGY AND UNDERLYING DEMANDS

We conduct the work by using action research. The choice of action research was due to the fact that it is a qualitative research that allows the simultaneous realization of research and action, making the collaborative work between researchers and participants possible [45, 46]. According to Baskerville [4], the action research can

be understood as a cyclical process, composed of 5 phases: diagnostics, action plan, execution, evaluation, and learning. The activities occur sequentially, and you can run the cycle multiple times until the research is complete.

The Research Ethics Committee approved the projects in accordance with the Resolutions in force 196/466, of 1996/2012, of the National Health Council[32].

The development of this work required the formation of a multidisciplinary team, with professionals from the following areas: linguists, software engineers and healthcare professionals. We highlight that among these professionals there were deaf people, people fluent in sign language and oral language, and people without fluency in sign language.

The team's work began with the development of the software WHOQOL-Bref-Libras. The protocol for translation of WHOQOL instruments has been adapted to address the needs of space-visual communication required by the deaf[12]. The WHOQOL-Bref instrument has 26 questions, grouped into four domains: physical, psychological, social relations and environment. Regarding the psychometric validation protocol of this instrument to deaf respondent, we developed a socio-demographic questionnaire to be completed electronically by the deaf. In addition, another demand was to support the work of a deaf researcher, who compares deaf people's quality of life with their hearing brothers.

The second tool we developed for the Brazilian deaf community was WHOQOL-Dis-Libras. The WHOQOL-Dis instrument was designed to assess adults with physical or intellectual disabilities, containing 18 questions. This work had specific challenges arising from the required psychometric validation, which requires the characterization of the deaf person with physical and intellectual disabilities.

The last software considered for this work was sign language interpreter management system. In Brazil, Libras is recognized by law as the official language of the deaf. In addition, deaf people have the right to sign language content in the educational system. Consequently, educational institutions need to provide sign language interpreters for their students and teachers as they need the translation service. The goal is the management of sign language interpreter service requests in educational institutions.

#### 4 LESSONS LEARNED IN REQUIREMENTS ENGINEERING USING SIGN LANGUAGE

A generic software development process is not outlined for the deaf person participation [43, 44], as there is an impact on the specific steps that need the communication of ideas between those involved. Specifically when this communication occurs between non-fluent people in the same languages, in this case, oral language and SL.

Swebok [6] suggests that team members should respect cultural and social differences, and that the ability to communicate with stakeholders in their native language can be very beneficial to the project. One solution for the engineer who does not communicate in sign language is the support of sign language interpreters in communicating with the deaf stakeholder. Thus, we assume the participation of the sign language interpreter and we do not expect all stakeholders to be fluent in sign language. In addition, we assume that Requirements Engineering (RE) is a subprocess of software

development and we structure our report based on Swebok [6]. We highlight three generic and iterative phases: Elicitation, Analysis and Specification, and Validation. All phases use SL and rely on the availability of sign language interpreters.

#### 4.1 Requirement Elicitation

The Elicitation phase is responsible for identifying users and their requirements. We reiterate that requirements capture is based primarily on communication, so, the communication mechanisms between stakeholders should be the main concern. It is essential identifying obstacles, and providing support to participants, such as using other languages, or using alternative ways of dialogue [43]. It is possible to perform this phase remotely, taking advantage of technological accessibility tools, but we encourage face-to-face communication for a better mutual understanding and to make the deaf stakeholder feel confident in the process.

In eliciting requirements with deaf stakeholders, we share lessons learned by considering 3 phases: Stakeholder Analysis, Preparation of Requirements Elicitation Meetings, and Requirement Elicitation Meetings.

*4.1.1 Stakeholder Analysis.* Stakeholder analysis allows us to identify people, groups or organizations that influence or are affected by the process or its outcomes. We learned that this analysis can influence project costs and timelines because of decisions resulting from deaf participation in the process. The sign language interpreter can be a costly resource for the project, and planning for their participation can reduce costs and help meet deadlines. In addition, as sign language is a spatial-visual language, deaf participation may require filming and video editing. Thus, we have identified that the source of efficient resource management of Requirements Engineering is the stakeholder analysis.

The works of Smith [41], Wiegers [47], Robertson [3], Brennan [11] and Lim [23] discuss techniques of conducting the stakeholder analysis. However, these works do not emphasize solutions to identify the deaf stakeholder.

Smith [41] presented a five-step stakeholder analysis approach. The starting point is the project stakeholders identification from brainstorming workshops. Then, the identified stakeholders are analyzed in relation to their interests in the system, level at which they are impacted, and priority level.

The third step analyzes the influence and importance of the stakeholder. Influence means the power of the stakeholder in the project. A high level of influence indicates that it can control important project decisions and facilitate implementation. Importance points to the degree to which the project cannot be considered successful if the stakeholder needs, expectations and issues are ignored. It often derives from the relationship between stakeholder need and project objectives. The combination of these measures not only provides insight into stakeholder interaction, but can also help identify additional assumptions and risks.

In step four the assumptions and risks are listed. For stakeholders, risks are situations where there are conflicting needs and expectations. From this list, the project team can add pertinent information to their risk mitigation strategies and action plans. Step five assesses the level of participation and stakeholder information needs. The great importance of this step is to define who participates

when in the project. Not all stakeholders need to be involved in all aspects of the project and in all phases of the life cycle. Similar people may have similar project information needs. Such information can be exploited to reduce project report development costs and communication costs.

Smith's work [41] can be extended to include the deaf stakeholder. We consider that there are no restrictions on whether a deaf person can be involved in software development, and that it can assume various roles, such as: project financier, end-user or software engineer, among other possibilities. Thus, in the first stage, the requirements engineer should ask, among the identified parts, which ones are deaf. Such identification is primordial because it impacts the other stages of the analysis process.

Once deaf stakeholders are identified, their project interests should be analyzed. The result of this analysis affects the rest of the development. An example is that such a stakeholder is an end user. In this case, development should be concerned with meeting the deaf's usability and accessibility needs in relation to software use, which directly influences the user interface design phase.

The next step analyzes the influence the stakeholder has on the project. Depending on the influence, project costs may vary due to the need to address such influences. For example, stakeholder A\*, deaf, project sponsor, who will interact with all development. If the team is not fluent in sign language, hiring an interpreter will be required. Once the stakeholder influence on the project is identified, the inherent risks must be analyzed.

And finally, stakeholder participation is analyzed. It should be agreed with stakeholders, describing the role the stakeholder plays, how and when. This agreement may describe ways of contact, communication channels, how interpreters will collaborate, and so on.

**4.1.2 Preparation of Requirements Elicitation Meetings.** The purpose of preparing for meetings is to ensure that all necessary resources are organized and scheduled for conducting elicitation activities. With the participation of deaf stakeholders, this preparation must also address the people involved and the environment in which the meetings will be performed.

The recommendations used were based on other areas of knowledge such as education and health, pioneering initiatives related to people with deafness. These best practices were brought to RE, and our impressions were incorporated. Furthermore, to properly use the following recommendations, we need to consider that the participation and social life of deaf people are influenced by the moment when hearing loss occurs. If the hearing loss is post-lingual, the deaf will have had experiences with oral language, but if the hearing loss is pre-lingual, the higher mental faculties will be predisposed to acquire another visuo-spatial language system that is typical of the deaf [14, 35].

#### *Deaf Stakeholder Preparation*

The deaf person, as a stakeholder, may not have prior knowledge of RE and software processes. This was a source of problems in our projects because the deaf did not feel confident and were not willing to describe their needs on the system under development. As a solution, we recommend preparing the deaf stakeholder by providing an overview of requirements engineering and software engineering to make them feel confident in contributing to the

process. In special, we explained specific concepts of Software Engineering, such as user requirements, software, system, user interface, and so on. In particular, we recommend explaining to the deaf the RE stages and their objectives.

Depending on the system, many deaf stakeholders may exist, which may lead to the Requirements Engineer having to repeat the preparation meeting. To reduce costs and avoid rework, we developed an easy-to-understand introductory, didactic content to instruct the deaf stakeholder who will participate in the process as a requirements provider. Respecting the primary language of the deaf, which is expressed gesturally in the spacial-visual mode, the presentation was recorded on video, with the interpreters support, who translated the oral language content into Libras. We title "Deaf Stakeholder Software Requirements" and make the content available on Youtube, which can be accessed at: <https://youtu.be/Nhqcz6OkfZs>.

#### *Listeners Stakeholders Preparation*

The main barrier encountered between deaf and hearing people is communication. But this experience can be enhanced through knowledge and practical techniques [40].

Sign languages can be characterized by five parameters: hand configuration, movements, articulation points, orientation and facial and / or body expressions [17]. Considering these spatial-visual parameters, we list below recommendations for participants who are not used to deaf culture.

We cannot assume that every deaf stakeholder has the ability to handle textual content [20]. This ability may vary according to the psycho-social context of the deaf. For example, when stakeholder deafness is post-lingual, the deaf may have contact with the oral-auditory modality. Thus, instead of using extensive text content, a more natural and accessible language should be used. For this, we held brainstorming workshops. In general, brainstorming can be considered appropriate when the users involved have good communication skills (not necessarily verbal), but can also be adapted to the other groups needs. This may have implications in terms of the pace of discussion and ideas generation [43].

We have adapted brainstorming to our context. To avoid loss of information and overloading the interpreter, we recommend to work with one deaf stakeholder at a time. We stress the importance of working with the same interpreter whenever possible. This practice can bring benefits, such as reducing the preparation effort for meetings, and facilitate communication.

**Workshops should be videotaped,** serving as an integral part of the software documentation, and should be available for future consultation and analysis. Thus, the environment lighting conditions, noise and image quality must be observed.

**Lip Reading.** Many deaf people make use of Lip Reading (LR). This requires positioning in front of the deaf so that he can see the lips and mouth movements. The speaker's face should always be visible, without obstruction of the mouth, with the hand or other object, also avoiding eating or drinking while speaking [40]. It is necessary to speak slowly and clearly in a well-lit environment so that the lips are visible [33, 40]. It is recommended to avoid unnecessary movements, such as turning the face and moving around. Also make sure that the ambient lighting is adequate and give the deaf the right to choose the best place for full viewing of those involved. And finally, make sure the deaf actually did the LR.

**Speak directly, slowly and clearly.** Maintain eye contact and speak directly to the deaf rather than the interpreter [5, 40].

**Vacant pronouns and synonyms are also not recommended.** The use of vague pronouns and synonyms is properly contemplated in sign language. However, we identified a reduction in effectiveness when pronouns and synonyms were overused during workshops. Pronouns in Libras are usually marked in space. Using pronouns and various synonyms without real necessity will cause the interpreter to demarcate several times in the intended space. This can cause this demarcation to blend in, confusing the deaf about what the pronoun is and what it means. An example of this is the use of the words system, software, and application. The Interpreter will demarcate in space when the sign corresponding to the word is first used so that it can be used again in the future. But it may happen that this term is not used anymore, but a synonym, which has another sign, which can confuse the deaf.

**Language loan and terms not previously defined should be avoided.** As sign languages are new languages, many terms do not yet exist. Thus, terms that Interpreters do not know the sign or meaning should be spelled, making communication more confusing and less effective. This is especially common for foreign terms.

**Technical terms and difficult to understand terms.** Signs are missing to express technical terms in some areas of knowledge [27, 33] and there are terms that are difficult to translate. Consequently, it is recommended that the use of such terms be avoided as much as possible, always seeking the use of more common synonyms or analogies. And when it is not possible, the concept must be explained.

**Regionalism.** As in the oral language, there are regional variations for terms in sign language [17, 24]. These variations can be accent, similar signals for different terms, or different forms of expression of the same signal. Therefore, it should be clear which signal will be used and its definition in its context. Jargon and slang should also be avoided [40]. When it is necessary to use such terms, they should be explained and clarified within the workshop context.

**Prepare in advance.** In addition to technical terms that are not translated directly into SL or regionalism, the subject matter at the meeting will not always be the domain of the interpreter. To minimize this, the material should be sent in advance to the interpreter and if necessary, a meeting should be prepared so that the Requirements Engineer can clarify the matter for the interpreter.

**Take a few breaks.** Deaf people should always be alert to capture the conversation, this makes them have difficulty concentrating for long periods [40]. It is therefore extremely important to take short breaks and ask if everyone is following. If no one has any doubts, the workshop may proceed.

**Speak one at a time.** If there is more than one speaker at the same meeting, only one speaker should speak at a time, respecting the interpreter's capacity to translate [40]. Too many parallel conversations should be avoided as they may give the impression of exclusion of the deaf person, and confuse the interpreter, leading to loss of information.

**Raise your hands before speaking.** In group meetings, before you express yourself, raise your hands making yourself visible to the deaf. That way it'll know who to turn his attention to.

**Respect the interpreter's time.** Speak normally, but slow down if requested. The interpreter will need time to perform the signals,

and at times may need to spell some word in sign language. At other times, he may interrupt the speaker's speech so that he can explain some concept to the deaf.

**Hold paper and pen.** As with conversations between listeners, sometimes there may be a need for support from another resource for understanding the information. And this may also be useful for writing some word or sentence, for the interpreter or deaf person, which is not being correctly understood by other means.

**Have empathy and be persistent.** Communicating with the deaf, even with the support of interpreters, needs commitment and persistence [40]. Empathize with each other and respect differences. If communication is not flowing, do not give up, ask the interpreter how to be more understandable. And if necessary, use more than one communication feature.

**Keep body language.** Body language is welcome, especially when it comes to pointing people, places, distances and sizes [40].

**Interpreter Position.** SL is a language of space-visual modality, since its production is performed in space by hands, body and facial expressions [17, 33, 39]. Therefore, the interpreter should position himself in the deaf field of vision, close to the interlocutor who should be at an appropriate distance from the deaf, between 1 and 2 meters [5, 40]. This way the deaf can follow the listener's speech along with the SL interpreter.

**Keep a glossary.** Some words do not have sign language translation yet, are of foreign origin, or are technical terms. In these cases it may be necessary to create a signal for that specific term in workshop context. Because interpreters may change over the software lifecycle, and to avoid confusion and rework, we recommend that the interpreter create a glossary of words and signs agreed with the deafs. Another good practice is to use the same signal agreed with the other deaf participants, optimizing the time and preventing translation differences. This documentation must be delivered to the software team and will be attached to the system documentation.

**4.1.3 Requirements Elicitation Meetings.** We conduct requirements elicitation meetings based on the principles of Behavior Driven Development (BDD) [31]. BDD is an approach that uses natural language, understandable to all stakeholders [31, 42]. To find out the needs of the deaf stakeholder, we have structured the meetings from their desired functionality. For each feature, the deaf stakeholder is asked how the feature is performed at present. He is then asked how he wants functionality to be performed on the system being built. Information on how meetings are conducted needs to be presented in the deaf stakeholder preparation phase.

At the end of the elicitation phase, we produced a document containing the requirements in user story format. Additionally, we recorded a version of the document in Sign Language on video. We emphasize that it is important to maintain traceability between oral language and sign language requirements.

## 4.2 Requirements Analysis and Specification

The Requirements Analysis and Specification is responsible for analyzing the requirements collected in the Elicitation phase and specifying them in a previously defined manner, generating at the end of the process a document that can be systematically reviewed and validated [6]. Whenever deaf people are involved in the RE

process, the requirements should be understandable to both deaf and hearing people. Therefore, they must be available in the oral language for the listeners and in SL, the deaf people natural language. Making requirements available in SL is extremely important since not all deaf people have fluency in reading [20].

Considering requirements analysis, we highlight the need to classify requirements that come from deaf stakeholders or are related to deaf stakeholders. This classification facilitates current and future iterations because whenever a process activity requires discussion of a requirement of this class, the care needed to communicate with the deaf stakeholder can be properly analyzed and planned. For example, we can evaluate whether the required communication can be made by email or if it will require the participation of sign language interpreters.

Regarding the specification of the requirements, we have produced a template to register the requirement in sign language. The template is a sign language video with BDD based structure. This template is part of deaf stakeholder preparation material for requirements elicitation meetings. It is available via the link <https://youtu.be/Nhqc26OkfZs>. The equivalent version of the oral language template is as follows:

- (1) #id - Requirement Title - Version
  - (a) How is it done today?  
**Description of the scenario in free narrative**
  - (b) How would you like it?  
As a [Actor]  
I would like to [Goal]  
So that I can [Benefit]

### 4.3 Requirements Validation

Requirements validation aims to assess whether the requirements engineer correctly understood and documented the requirements [6]. Requirements validation is an essential activity in the software process because requirements are used in other areas of software development, such as design, construction, and testing [28]. We have several requirements' validation techniques, including: Prototyping, Requirements Review, Model Validation, and Acceptance Tests. Other works propose new forms of validation, such as Nazir [30] which presents an ontology for requirements verification and validation. Cui [13] presents a guided strategy for the business-oriented requirements development and validation. We also have requirements assessment criteria such as completeness, consistency and understandability [6, 37]. Validation should also note whether the requirement is accessible to both listeners and deaf people.

In this work, we have used prototyping to validate requirements. We have adopted this technique based on the experiences reported by Korte et al [22]. The deaf stakeholder did not participate directly in the construction of the prototype. The original proposal for prototypes has been developed by listening software engineers based on specification requirements. The dialogs of each feature are interpreted in sign language to maintain consistency with the signals employed in the requirements specification. Next, the software engineer prototypes the features being validated by incorporating the sign language videos. Finally, the prototype produced is presented to the deaf stakeholder for the validation. Requirements preparation guidelines (Section 4.1) also need to be followed when validating

requirements with deaf stakeholders. In prototyping validation, we highlight that the prototype can be productive when it is explored as a focal point for discussions about a feature of the system. A broad, non-functionality-driven approach can lead to narrow details. In addition, the deaf stakeholder can provide information on usability and quality of signal interpretation. After all requirements have been submitted, a requirements validation report containing the result will be generated. It is hoped that this document should also be understandable to both deaf and listeners.

## 5 EXAMPLE OF REQUIREMENTS FOR INTERPRETER MANAGEMENT SYSTEM

In this section, we present seven requirements for the interpreter management system (see Table1). These requirements were collected from the requirements elicitation meetings. The meetings were supported by 2 sign language interpreters who alternated to avoid physical distress, two stakeholders - one listener and one deaf - and two listening Software Engineers, responsible for conducting the meetings.

The recordings were handled by the audiovisual team, respecting the Libras' window recording guidelines [1], such as lighting, cropping, focus and contrast. According to Normative Instruction No. 1 of July 3, 2019 [8], the Libras interpreter window is a delimited space in the video where information is interpreted in the Brazilian language, intended as an accessibility feature.

Each row of the Table 1 contains the [#id] for traceability, the title, and the requirement presentation in Libras through a video, which follows the template given in Section . We also have the same requirement represented in two oral languages, Portuguese and English, in the Youtube video description part.

In Figure 1 we have an example of prototyping for the validation of requirement # 5 from Table 1. The requirement deals with requesting interpreters for a single occurrence event. The user must provide the location, date, and time of the event. Optionally, the user can indicate up to three interpreters of his preference.

Table 1: Examples of sign language requirements.

#Id	Requirement Title and URL
#1	Receive notifications of allocated demands. <a href="https://youtu.be/wZPepu0G_sw">https://youtu.be/wZPepu0G_sw</a>
#2	Viewing demands of an Interpreter. <a href="https://youtu.be/ICOFUo9R7Lc">https://youtu.be/ICOFUo9R7Lc</a>
#3	View an Interpreter. <a href="https://youtu.be/UseD9ijjTX8">https://youtu.be/UseD9ijjTX8</a>
#4	Request an Interpreter for repeating events. <a href="https://youtu.be/ZMn8ylNnjaM">https://youtu.be/ZMn8ylNnjaM</a>
#5	Request an Interpreter for a single event. <a href="https://youtu.be/aDjFMK2Dxk2c">https://youtu.be/aDjFMK2Dxk2c</a>
#6	View the timeline of an Interpreter. <a href="https://youtu.be/zezmYGY1hRk">https://youtu.be/zezmYGY1hRk</a>
#7	Cancel a previously requested event. <a href="https://youtu.be/5YiiD7C40aU">https://youtu.be/5YiiD7C40aU</a>

Figure 1: Prototype for the requirement that deals with the request of sign language interpreter for single occurrence events.

**Novo Evento**

Informe o local e descrição do evento.

Local

Descrição

Informe as datas e horário do evento.

Data Início Data Fim

Hora Início Hora Fim

Informe os intérpretes que participarão do evento.

Sugira até três intérpretes para participar deste evento.

Selecione

CONFIRMAR VOLTAR

## 6 CONCLUSIONS

We are addressing the inclusion of deaf in requirements engineering. The mother tongue of the deaf is sign language, a language mode that is spatial-visual, unlike oral languages, traditionally used in requirements engineering. The most important lesson learned is that the deaf community is not properly contemplated in its right to participate in the requirements engineering as a stakeholder. We have faced a number of challenges that have been reported in this article in the format of lessons learned. We emphasize that the use of texts and subtitles may not be sufficient to establish effective communication with deaf, as their mother tongue is sign language.

Communication is commonly reported as a pain of requirements engineering [16]. The inclusion of the deaf stakeholder enhances this pain because we do not have the experience, tools and technique to deal with communication that mixes the oral-auditory and spatial-visual channels. Furthermore, we realize that including the deaf is not merely a matter of translating sign language content into oral languages and vice versa. We need to understand the deaf community, its culture, its needs and yearnings. Abstractions that are common in oral culture may not work in deaf culture. For example, in developing the Whoqol questionnaire, to support psychometric validation using Test-retest reliability, a listening stakeholder requested that there be a field for the respondent to provide the initials of his name. In conducting a pilot study of 21 undergraduate students, respondents did not fill in the field because they did not understand what their initials would be. As another example, Likert scales in oral language may not work in sign language. When the answers were translated to sign language, different terms with semantic equivalence were discovered, even for the extremes a scale.

As future work, we consider developing a tool to address the traceability of video artifacts that record communication in space-visual mode.

## 7 ACKNOWLEDGEMENTS

Research supported by the Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico (Grant number 429235/2016-0), Ministério da Saúde/SCTIE/DECIT, and by the Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG) (DECIT-SCTIE-MS, Grant 200910267000540).

## REFERENCES

- [1] ABNT. 2016. NBR 15290/2016.
- [2] Asma Al-Osaimi, Hadlaa AlFedaghi, and Asmaa Alsumait. 2009. User Interface Requirements for e-Learning Program Designed for Deaf Children. In *Proceedings of the First Kuwait Conference on e-Services and e-Systems (eConf '09)*. ACM, New York, NY, USA, Article 7, 5 pages. <https://doi.org/10.1145/1836029.1836036>
- [3] Ian Alexander and Suzanne Robertson. 2004. Understanding project sociology by modeling stakeholders. *IEEE Software* 21, 1 (2004), 23–27.
- [4] Richard L Baskerville. 1999. Investigating information systems with action research. *Communications of the association for information systems* 2, 1 (1999), 19.
- [5] Judith A Berry and Annette J Stewart. 2006. Communicating with the deaf during the health examination visit. *The Journal for Nurse Practitioners* 2, 8 (2006), 509–515.
- [6] Pierre Bourque and Richard E. Fairley. 2014. *Guide to the Software Engineering Body of Knowledge, Version 3.0*. IEEE Computer Society Press, [www.swebok.org](http://www.swebok.org).
- [7] BRASIL. 2002. Law 10,436 of April 24, 2002.
- [8] BRASIL. 2019. Normative Instruction Number 1 of July 3, 2019.
- [9] BRASÍLIA BRASIL. 2005. Decree Number 5,626 of December 22, 2005.
- [10] BRASÍLIA BRASIL. 2005. Law 12,319 of September 1, 2010.

- [11] Kevin Brennan et al. 2009. *A Guide to the Business Analysis Body of Knowledge*. Iiba, Toronto, Ontario, Canada.
- [12] Neuma Chaveiro, Cassio Leonardo Rodrigues, Soraya Bianca Duarte, Renata Rodrigues de Oliveira Garcia, Adriana Ribeiro de Freitas, Lucas Rodrigues de Oliveira, Karina Rocha Gomes da Silva, and Celmo Celeno Porto. 2018. A Tool to Evaluate the Quality of Life of Deaf People Using WHOQOL Instruments. In *2018 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC)*. IEEE, Miyazaki, Japan, 3871–3876.
- [13] Xiaofeng Cui and Richard Paige. 2014. Strategy-guided requirements development and validation. In *15th IEEE/ACIS International Conference on Software Engineering, Artificial Intelligence, Networking and Parallel/Distributed Computing (SNPD)*. IEEE, Las Vegas, NV, USA, 1–6.
- [14] N.R.L. de Sá. 2006. *Culture, Power and the Education of the Deaf*. Paulinas.
- [15] Census Demographic. 2010. General characteristics of the population, religion and persons with disabilities. [https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/94/cd\\_2010\\_religiao\\_deficiencia.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/94/cd_2010_religiao_deficiencia.pdf).
- [16] D. Méndez Fernández, S. Wagner, M. Kalinowski, M. Felderer, P. Mafra, A. Vetrò, T. Conte, M.-T. Christiansson, D. Greer, C. Lassenius, T. Männistö, M. Nayabi, M. Oivo, B. Penzenstadler, D. Pfahl, R. Prikladnicki, G. Ruhe, A. Scheckelmann, S. Sen, R. Spinola, A. Tuzcu, J. L. de la Vara, and R. Wieringa. 2017. Naming the pain in requirements engineering. *Empirical Software Engineering* 22, 5 (01 Oct 2017), 2298–2338. <https://doi.org/10.1007/s10664-016-9451-7>
- [17] Audrei Gesser. 2009. *Libras? What language is this?: beliefs and prejudices around sign language and deaf reality*. Parábola Ed., São Paulo.
- [18] Donald Gotterbarn. 1999. How the new software engineering code of ethics affects you. *IEEE software* 16, 6 (1999), 58–64.
- [19] The Whoqol Group. 1998. The World Health Organization quality of life assessment (WHOQOL): development and general psychometric properties. *Social science & medicine* 46, 12 (1998), 1569–1585.
- [20] Birkan Guldenoglu, Paul Miller, and Tevhida Kargin. 2014. Examining the Relationship between Letter Processing and Word Processing Skills in Deaf and Hearing Readers. *Educational Sciences: Theory and Practice* 14, 6 (2014), 2230–2238.
- [21] Kevin Huang, Jesse Smith, Kimberly Spreen, and Mary Frances Jones. 2008. Breaking the Sound Barrier: Designing an Interactive Tool for Language Acquisition in Preschool Deaf Children. In *Proceedings of the 7th International Conference on Interaction Design and Children (IDC '08)*. ACM, New York, NY, USA, 210–216. <https://doi.org/10.1145/1463689.1463758>
- [22] Jessica Korte, Leigh Ellen Potter, and Sue Nielsen. 2015. An experience in requirements prototyping with young deaf children. *Journal of Usability Studies* 10, 4 (2015), 195–214.
- [23] Soo Ling Lim, Daniele Quercia, and Anthony Finkelstein. 2010. StakeNet: using social networks to analyse the stakeholders of large-scale software projects. In *Proceedings of the 32Nd ACM/IEEE International Conference on Software Engineering-Volume 1*. ACM, New York, NY, USA, 295–304.
- [24] Tania Lima, Mario Sandro Rocha, Thebano Almeida Santos, Angelo Benetti, Evandro Soares, and Helvecio Siqueira de Oliveira. 2013. Innovation in learning—the use of avatar for sign language. In *International Conference on Human-Computer Interaction*. Springer, Berlin, Heidelberg, 428–433.
- [25] Verónica López-Ludeña, Carlos González-Morcillo, Juan Carlos López, Emilio Ferreiro, Javier Ferreiros, and Rubén San-Segundo. 2014. Methodology for developing an advanced communications system for the Deaf in a new domain. *Knowledge-Based Systems* 56 (2014), 240–252.
- [26] Paulo Martins, Henrique Rodrigues, Tânia Rocha, Manuela Francisco, and Leonel Morgado. 2015. Accessible Options for Deaf People in e-Learning Platforms: Technology Solutions for Sign Language Translation. *Procedia Computer Science* 67 (2015), 263–272. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.09.270> Proceedings of the 6th International Conference on Software Development and Technologies for Enhancing Accessibility and Fighting Info-exclusion.
- [27] Lúcia Medeiros, Marcos Brod Júnior, and Luiz Vidal Gomes. 2014. Logograms: Memory aids for learning, and an example with hearing-impaired students. In *International Conference of Design, User Experience, and Usability*. Springer, Cham, 207–216.
- [28] Florian Merz, Carsten Sinz, Hendrik Post, Thomas Gorges, and Thomas Kropf. 2010. Abstract testing: Connecting source code verification with requirements. In *2010 Seventh International Conference on the Quality of Information and Communications Technology*. IEEE, Porto, Portugal, 89–96.
- [29] Ingrid Teixeira Monteiro, Aline da Silva Alves, and Clarisse Sieckenius de Souza. 2013. Using mediated communication to teach vocational concepts to deaf users. In *International Conference on Universal Access in Human-Computer Interaction*. Springer, Berlin, Heidelberg, 213–222.
- [30] Sana Nazir, Yasir Hafeez Motla, Tahir Abbas, Asma Khatoon, Javaria Jabeen, Mehwish Iqra, and Khush Bakhat. 2014. A process improvement in requirement verification and validation using ontology. In *Asia-Pacific World Congress on Computer Science and Engineering*. IEEE, Nadi, Fiji, 1–8.
- [31] Dan North et al. 2006. Introducing BDD.
- [32] Ministry of Health Brazil. 1996. Resolution 196/96 of the National Health Council / MS on Guidelines and Regulatory Standards for Research involving humans.
- [33] Francisco C de Oliveira, Gerarda NC Gomes, Adriano T de Freitas, Anibal C de Oliveira, Lidiane C Silva, and Bruno Queiroz. 2015. A comparative study of the acceptability of signs for the Brazilian sign language created in person and remotely. In *Proceedings of the 46th ACM Technical Symposium on Computer Science Education*. ACM, New York, NY, USA, 207–211.
- [34] "World Health Organization". "2019". "Deafness and hearing loss". <https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/deafness-and-hearing-loss>
- [35] Ila Parasnís. 1997. Selected Topic Of Interest, 1997: Cultural Identity and Diversity in Deaf Education. *American Annals of the Deaf* 142, 2 (1997), 72–79.
- [36] M Power and A Green. 2010. Development of the WHOQOL disabilities module. *Quality of life research : an international journal of quality of life aspects of treatment, care and rehabilitation* 19 (03 2010), 571–84. <https://doi.org/10.1007/s11136-010-9616-6>
- [37] Paolo Prinetto, Gabriele Tiotto, and Andrea Del Principe. 2009. Designing health care applications for the deaf. In *2009 3rd International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare*. IEEE, London, UK, 1–2.
- [38] RM de Quadros. 2005. O "Bi" em bilinguismo na educação de surdos. *Surdez e bilinguismo. Porto Alegre: Mediação* 1 (2005), 26–36.
- [39] Oliver Sacks. 2010. *Vendo vozes: uma viagem ao mundo dos surdos*. Editora Companhia das Letras, São Paulo, SP.
- [40] BID SERVICES. 2017. A Guide to Working with Deaf People in a Health Setting - Best Practice Guide. <https://www.bid.org.uk/downloads/resources/a5-guide-to-working-with-deaf-people-in-a-health-setting.pdf>.
- [41] Larry W Smith. 2000. Project clarity through stakeholder analysis. In *CrossTalk*. Citeseer, Hill AFB, Utah, 04–09.
- [42] Mathias Soeken, Robert Wille, and Rolf Drechsler. 2012. Assisted behavior driven development using natural language processing. In *International Conference on Modelling Techniques and Tools for Computer Performance Evaluation*. Springer, 269–287.
- [43] Constantine Stephanidis. 2009. *The Universal Access Handbook*. CRC Press, Boca Raton, FL, USA.
- [44] Narathip Tiangtae, Sakgasit Ramingwong, Lachana Ramingwong, Dome Potikanond, Nattanan Homkong, and Nutnatee Maneerat. 2017. Developing Software for the Deaf Community: Conquering an Extreme Case Scenario. In *2017 21st International Computer Science and Engineering Conference (ICSEC)*. IEEE, Bangkok, Thailand, 1–5.
- [45] David Tripp. 2005. Pesquisa-ação: uma introdução metodológica. *Educação e pesquisa* 31, 3 (2005), 443–466.
- [46] Jacques Wainer et al. 2007. Métodos de pesquisa quantitativa e qualitativa para a Ciência da Computação. *Atualização em informática* 1 (2007), 221–262.
- [47] Karl Wiegers. 2007. *Practical project initiation: a handbook with tools*. Microsoft Press, Redmond, Washington.

## **Web Accessibility Testing for Deaf: Requirements and Approaches for Automation**

---

Neste apêndice esta anexo o artigo aceito para publicação na conferência internacional *Systems, Man, and Cybernetics (SMC)*, este artigo tem conteúdo relacionado a acessibilidade na web, [LS](#) e pessoas surdas. Ele foi submetido para a área de interesse em *Human-Machine Systems*.

# Web Accessibility Testing for Deaf: Requirements and Approaches for Automation

Caio C. S. Sousa, Luíla M. Oliveira, Cássio L. Rodrigues, Renato F. B. Neto, and Deller J. Ferreira  
*Instituto de Informática, Universidade Federal de Goiás*

**Abstract**—The aim of this work is twofold. First, we identify web accessibility requirements for deaf people who communicate using Sign Language. Second, we define automation approaches for accessibility testing according to the requirements identified. The requirements were identified through a literature review that considered laws, standards, guides, and scientific articles. This review showed the lack of tools that automate the accessibility test for the Deaf. Thus, we propose two approaches to automating accessibility testing: one that requires the programmer to encode metadata for accessibility testing, and another that relies only on descriptive analysis of data from other web pages accessible to the deaf. Our work was based on the analysis of 150 sites, 100 of them with metadata analysis and 50 with descriptive analysis. We discuss the tradeoff for each approach.

**Index Terms**—web accessibility, sign language, deaf people

## I. INTRODUCTION

The construction of a fair and equal rights society requires respect for cultural differences and attention to minority groups. Deaf people may have difficulties reading information due to their preferred form of communication, which is the Sign Language (SL) [1]. Thus developing accessible software is essential. A web page is accessible when it is understood, operated, and perceived by users regardless of their disabilities [2]. The objective of this paper is to identify web accessibility requirements for deaf individuals and to propose automatic test approaches of these requirements. To understand relevant and current accessibility requirements, we reviewed guidelines, laws, standards, and documentation provided by authorities of this area of interest. To comprehend automated approaches of accessibility requirements, we reviewed papers regarding software testing of SL systems.

Web Accessibility requirements for deaf people have evidence that Web Accessibility evaluation is closely related to the elements present in a Web Page (e.g., Media, Caption, Text). We propose two forms of web accessibility evaluation. First, metadata evaluation based on Hypertext Markup Language (HTML) source code. Second, an empirical analysis based on the Document Object Model (DOM). We evaluated HTML element types, attributes, page depth, node, and height. Furthermore, a descriptive analysis with data extracted from the websites for conducting statistical analyses to reveal the possible association of video with SL content and input elements.

The structure of this paper is as follows: Section II contains a literature survey. Section III presents, research questions, automated web accessibility evaluation and results revealed with static HTML testing based on metadata and Descriptive Statistics. Section IV are the limitations of this paper. Section V concludes the paper.

## II. LITERATURE SURVEY

To identify requirements regarding accessibility for the deaf, we reviewed a variety of sources, such as papers, laws, standards, and guidelines. To address the issue of software testing and SL, we conducted a systematic review. We also created requirements based on standards of web accessibility evaluation of applications for deaf users.

### A. Accessibility Guidelines

This section has guidelines regarding web accessibility for deaf people provided by a wide range of authorities from diverse continents (e.g., North America, Europe).

The Americans with Disabilities Act (ADA) provides aids and services to people that have communication disabilities. To deaf people, captioning, text material, a notetaker, and SL interpreter are some of the guidelines suggested [3]. The European Accessibility Act includes a provision of a terminal that facilitates deaf users access to information, and this includes data displayed in the form of images or text, section IV of this Act has information regarding accessibility applied to services such as subtitles, audio summary, and interpretation of SL [4].

Section 508 of the Rehabilitation Act and Act Section 255 have information on the accessibility and usability of people with disabilities on Information and Communication Technology (ICT). Section 508 has information on providing closed caption technologies, real-time video functionality, braille for instructions deaf-blind, and other accessibility requirements [5]. Section 255 provide information to create and update telecommunications products with compatibility, usability, and accessibility guidelines. The requirements for accessibility of Section 255 are Alternate Formats and Modes (e.g., captioning, text materials, voice recording) [6].

Web Content Accessibility Guidelines 2.1 (WCAG) provides instructions to make web content accessible to the general public. The development of this standard has perceivable, operable, understandable, and robust principles. References to this guideline that relates directly to the deaf people are SL interpretation, Captions for media, and evaluate web content that requires timed interaction [7].

The 21st Century Communications and Video Accessibility Act (CVAA) was created to boost the access of disabled individuals with modern communication, telecommunications access, and video programming. Under these topics standard include the provision of closed captions on television programs, on-screen text material on media, and accessible hardware such as television controls [8]. We gathered relevant

web accessibility data for deaf people from 6 sources. Table I lists information on the main guidelines identified in the reviewed standards. Table II has link between the guideline and their respective authority that provides the standards.

TABLE I  
GUIDELINES FOR THE DEAF

Guideline	Short Description
A - Braille	Use of braille
B - Caption/Subtitle	Use of caption in media
C - Interpreter	SL interpreter
D - Notetaker	Writing notes
E - Timed Content	Decrease timed interactions
F - Services/Devices	Hardware, telecommunication, etc
G - Written materials	Alternative text or image data

TABLE II  
STANDARDS AND GUIDELINES FOR THE DEAF

Standard	A	B	C	D	E	F	G
ADA		X	X	X			X
CVAA		X				X	X
European Accessibility Act		X	X			X	X
Section 255	X	X					X
Section 508	X	X	X			X	
WCAG 2.1		X	X		X		

### B. Sign Language Software Testing Systematic Review

To reveal the state of the art of testing on software with SL, we developed a systematic review based on Kitchenham's Technical Report Guidelines [9]. We examined 19 papers published between the years of 2000 to 2019 and aimed at answering the following research questions: *What SL was used? What technology was used? How was the software tested?*

Table III contains a total of 13 distinct SLs and 15 types of application. The SL with the most reference is the American SL with 5 referenced papers, the technologies with most references were mobile, and web applications. Two papers did not inform what type of SL they used, but it was clear that the research had SL usage [10], [11]. The following list has data from each paper extracted regarding how the Software was Tested. All the reviewed papers deal with testing, and most of the test is based on SL recognition. We highlight Web and Mobile platforms with the most papers referenced.

- SL Recognition testing based on accuracy and hand location [12], [15], [18], [20], [22]–[24], [28].
- User survey, judgment, and evaluation from users who used the system [10], [14], [17], [19], [25]–[27].
- Accuracy and Precision of algorithm measurement based on training data [13].
- Performance testing based on hand movement actuators [11].
- Comparison of software and algorithms with other versions [16], [21].

### C. Web Accessibility Requirements for Deaf People

Software testing on SL software is relevant, but the usage of accessibility standard for testing is limited based on results

TABLE III  
TECHNOLOGY AND SL

Platform	SL	Paper
AcceleGlove	American	[12]
Algorithm Comparison	American	[13]
Computer App	-	[11]
Educational Video	Brazilian	[14]
Gesture Recognition App	American	[15]
GUI program	Bangia	[16]
Information Kiosk	Japanese	[17]
Mobile App	Peruvian	[18]
Mobile App	-	[10]
Mobile App	American	[19]
Mobile App	Standard Indonesian	[20]
Neural Translation System	Arabic	[21]
Sign Recognition System	English	[22]
Video Based Application	Chinese	[23]
Video Processing App	South African	[24]
Visual-based	American	[25]
Web App	Portuguese	[26]
Web App	Pakistan	[27]
Windows	Australian	[28]

from section II-B. None of the papers in table III has data related to the use of a Software Testing Tool or Automated Testing of SL application. These results show us that testing SL software exists, yet accessibility testing is not a common approach. To address web accessibility for the deaf, we identified 4 Requirements based in Table II. Braille, notetaker and Services and Devices guidelines are excluded from the requirements due to their limitations on web applications. The requirements are:

**R1: SL Interpreter-** Those that have SL as their primary source of communication, may not comprehend written language as effectively. A SL Interpreter should be available in any source of video stream media presentation (e.g., online lectures, meetings, announcements, etc.) [3]–[5], [7].

**R2: Caption in Media-** Media such as audio and video, should have captions enabled to assist deaf people in understanding content in realtime [3], [6]–[8].

**R3: Timed Content-** The deaf may take more time interacting with page content; this occurs due to difficulties in reading information or data displayed without SL interpretation. Reducing web pages that have timing for a specific task is necessary [7].

**R4: Text Materials-** Web Application makes use of audio for alerting error messages, this kind of warning may not be suitable for deaf people, thus having an alternative source to display content such as text, images or video is required [4], [6]–[8].

### III. AUTOMATED ACCESSIBILITY TESTING APPROACHES

Automated accessibility testing exists for mobile and web applications [2], [29], and has shown to be effective in detecting accessibility issues. However, accessibility testing for deaf users that make use of SL to communicate is limited. This section introduces steps to automatically evaluated requirements 1 and 2, defined in section II-C. We created research questions based on these requirements to analyze automated web accessibility for deaf people empirically.

- **Research Question 1-** How can we evaluate the input element association with SL videos in a Web Page?
- **Research Question 2-** How can we identify the existence of captions in media elements of a Web Page?

Considering that a web page has many types of elements, we initially focused on analyzing the association between input and video elements, since users interact with these elements. This association can lead to clues of the content of the SL and resources that describe the video in the Web Page. One way to test web applications is through static verification of HTML pages [30]. Automatic web accessibility validation through the analysis of HTML source code is possible. However, the verification of these pages by the evaluation of the DOM on the page load event can be more reliable due to the dynamic nature of a web page [31].

The DOM identifies objects of a specific document, the semantics of objects such as attributes, and the association between objects and interfaces [32]. This object model does not determine the type of implementation of the document. However, applying these programming interfaces to HTML objects, one can manipulate HTML elements to be represented as a tree, displayed in Figure 1. The HTML tree structure of Figure 1 has seven nodes described by the elements of the page, the height of this tree is three, the video element is at depth two it has one brother a father and a grandfather.

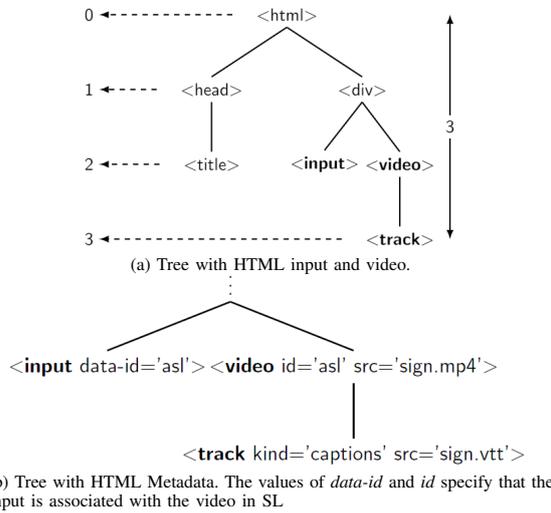


Fig. 1. Tree of HTML elements.

The World Wide Web Consortium (W3C) defines input elements as fields that enable one to modify type based data. Currently, 23 different types of input elements exist (e.g., text, email, file, button, password, date, etc.) [32]. To associate video with input elements, we consider metadata verification in section III-A and descriptive statistic analysis in section III-B both based on static HTML page analysis.

#### A. Testing Accessibility using HTML Metadata

Global attributes in HTML may be implemented on any HTML element (e.g., id, class, title.). A custom **data** attribute

is a global attribute used to store custom information about the page when no proper attribute or element exists. The attribute name starts with the prefix **data-** with a minimum of one character after the prefix [32]. By exploiting the attribute data as metadata about deaf accessibility, we are providing support to automatic test of accessibility. The engineer code the input and video with the accessibility metadata as represented in Figure 1 b). Next, the tool analyzes the code associating the content of **data-id** of HTML input with some id of HTML video. Whether the metadata matches, the tool report that the accessibility for deaf is ok. In other cases, the tool provide the feedback concerning accessibility violation. We developed a software called Web Accessibility Evaluation Testing (WAET) to extract, evaluate, and store data about the web page. The process is represented in Figure 2. The web address is the input data to evaluate a Web Page. Then, data regarding the website HTML source code, date accessed, web address, page depth, element depth, element attributes, and other information can be saved in a database for further investigation and validation. Additionally, WAET support the evaluation based on descriptive analysis, that is described in following section.

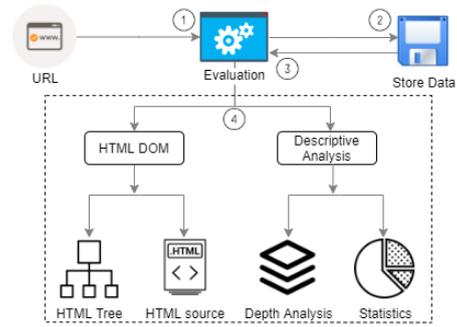


Fig. 2. Web Evaluation Process

To address the second research question, we reviewed a total of 100 websites to identify captions in media elements. WAET identified 22 `<video>` elements and 2 `<track>` elements in 11 pages, and 4 `<audio>` elements in 3 pages. Through this evaluation, we conclude that it is possible to identify captions in media elements of an HTML page automatically.

#### B. Testing Accessibility with Descriptive Statistic Analysis

The use of metadata implies a programming effort because the programmer needs to encode the associations between inputs and videos. However, this effort means a yes or no verification result. The effort in legacy sites is even greater because code changes to add videos to meet the R1 from Section II-C, and the associations between inputs and videos need to be implemented in HTML. It would be necessary to follow a process whose responsibility is the associations between inputs and videos using metadata.

An alternative approach to automating accessibility testing is by static DOM analysis based on descriptive statistical. In this approach, there is no code associating inputs and videos in SL. This association is estimated and, therefore, is not

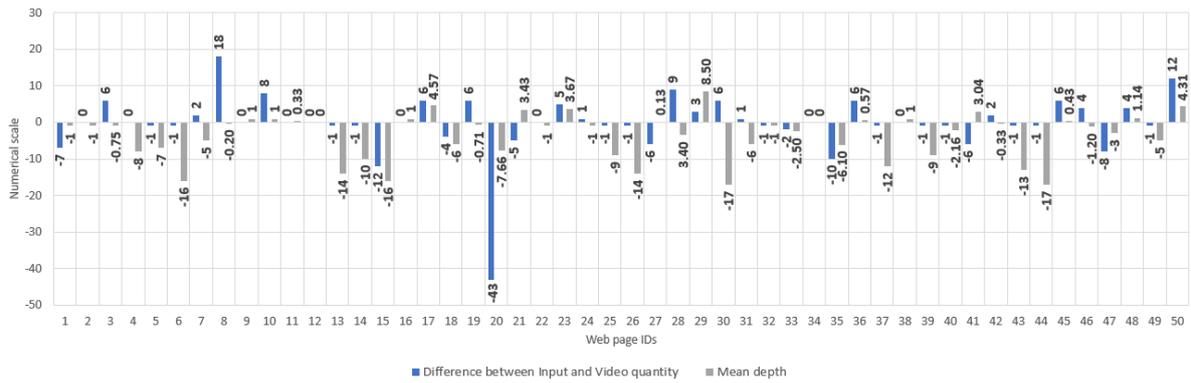


Fig. 3. Inputs and Videos Quantities and Depths Means

guaranteed. The challenge is how to indicate the possible relationships between inputs and videos on a web page for accessibility checking. In this context, some questions arise: How does a video appear in the DOM? How can we identify the association between inputs and videos in SL? How is it possible to measure web accessibility for deaf people, in terms of its inputs? To answer these questions, we examined 50 Web Pages that contain videos in SL. We used the WAET tool for generating tree-like elements such as nodes and depths.

*How does a video appear in the DOM?* W3C [32] does not define a single way to implement videos. We can use the <video> tag or iframes, for example. The iframe element (HTML inline frame) represents a nested navigation context, incorporating another web page on the current page. It uses the <iframe> tag and includes videos through its "src" attribute, which provides the address of a page or the location file. In our sample, we have an average of 3.86 videos per page, as shown in Table IV. Of the 193 videos in the sample, 140 use the <iframe>, which corresponds to 72.5%. The rest use the <video>.

*How can we identify the association between inputs and videos in SL?* An association between inputs and videos can be defined considering the quantities of inputs and videos, and the distance between them in the DOM structure, as shown in Figure 3. Regarding the quantity, we are assuming the number of inputs must be close to the number of videos, so that SL information of one input is described in one video. Otherwise, this can be exhausting for the deaf user since to access the SL content of the last of several inputs, for example, he would need to watch the entire video. Regarding the depth of HTML elements, we are assuming that the values of input depths must be equal or proximate to video depth. Considering tree-like HTML structure, we expect that the video node is close to the input node. This proximity can be measured by the depths at which the inputs and videos are located in the tree. Therefore each input can be associated with a video at the same depth. If it is not possible, the input can be associated with a video that is at a depth close to it, that is, at a previous or later level.

*How is it possible to measure web accessibility for deaf people, in terms of their inputs?* To measure web accessibility

TABLE IV  
SAMPLE CHARACTERIZATION ACCORDING TO SLS, TAGS USED FOR VIDEO, HTML HEIGHTS, AND HTML NODES QUANTITY.

Variables		
<b>SLS (%)</b>	American	10 (20%)
	Japanese	5 (10%)
	Auslan	3 (6%)
	Brazilian	3 (6%)
	Singapore	3 (6%)
	French	2 (4%)
	Indian	2 (4%)
	Irish	2 (4%)
	Israeli	2 (4%)
	Others	18 (36%)
	Total	50 (100%)
<b>Video Tag Used (%)</b>	<video>	53 (27%)
	<iframe>	140 (73%)
	Total	50 (100%)
<b>HTML Height (N=50)</b>	Mean	15.50
	Std. Dev	5.76
	Min - Max	8 - 34
	Total	594.96
<b>HTML Nodes Quantity (N=50)</b>	Mean	514.63
	Std. Dev	514.63
	Min - Max	51 - 2855

for deaf people in terms of their inputs, we can establish a relationship between the evaluation of these measures in HTML trees and static analysis of software. The accessibility warnings may be generated by the differences between inputs and videos quantities or depths, or both. This information is displayed in Table 3 and Figure V. Regarding the quantity, we expect at least one input and one video on the web page, and the number of inputs and videos is the same or close, as happens, for example in ID 9, it has two inputs and two videos, and its difference is equal to zero, represented in 3. If the page has no input or video, a warning would be generated, this situation occurs at the IDs 5, 13, 14, 15, 25, 26, 35, 37, 39, 43, 44 e 49, that have no inputs, but they have videos. When the difference between the number of inputs and the number of videos is different from zero, a warning would also be generated. We consider warnings more critical when this result is further from zero. If the difference between the number of inputs and videos is positive, this means that

the number of inputs is higher than that of video, as occurs, for example, in web page ID 8, it has two inputs and twenty videos, as seen in Figure 3. This warning could follow a help message suggesting adding videos or decreasing the number of inputs. In this case, we recommend adding videos in SL to increase the web accessibility level. If the difference between input and video number is negative, it means that the number of videos is higher than the number of inputs, as happens, for example, in ID 40, it has forty-three more videos than inputs, as shown in Figure 3. This warning could follow a help message suggesting adding inputs or decreasing the number of videos. To change the number of inputs or videos on the page to raise accessibility for deaf people and solve the alerts, interventions in the code would be necessary.

Regarding the depth of HTML elements, we expect the same or close values inputs and video depths, as occurs with IDs 12 and 34, as shown in Figure 3. For such verification, we built a dataset by subtracting all input depths from all video depths. Considering the DOM from ID 11, there are three inputs (I1, I2, and I3) and three videos (V1, V2, and V3). The web page ID 11 dataset is made as follows:  $D = \{(I1-V1), (I1-V2), (I1-V3), (I2-V1), (I2-V2), (I2-V3), (I3-V1), (I3-V2), (I3-V3)\}$ . It results in a dataset of the distances between all these DOM inputs and videos. The dataset size is equal to the number of inputs multiplied by the number of videos in a tree. The web page ID 11 has size 9. We chose to subtract the video from the input and not the opposite because we understand that the inputs are elements of interaction with the user, and in general, use oral language. Therefore it is necessary to have videos in SL associated with these inputs, making it more accessible for people who are Deaf.

Table V shows all the descriptive statistic measures depths from our 50-page sample. To measure the average distance between the inputs and videos of a tree, we use the absolute value of the arithmetic mean. If the arithmetic mean is equal to zero, we must check the median value. If the median is also equal to zero, we have inputs and videos in the same quantity and at the same depths. For example, I1, I2, and I3 are at the same depth as V1, V2, and V3. Nevertheless, in this case, we have two possibilities, all inputs are at the same depth (I1, I2, and I3 - depths are 5), and all videos are at the same depth (V1, V2, and V3 - depths are 5). When this happens, the mode and standard deviation are also zero, and this happens to web pages IDs 12 and 34. Another possibility is input and the videos are at the same depth, associated pair by pair. We would have the inputs at the following depths I1 = 5, I2 = 7, I3 = 9, and the videos at the following depths V1 = 5, V2 = 7 and V3 = 9. In this case, although the mean, median, and mode are equal to zero, the range and standard deviation are different from zero. Both cases would not cause warnings. However, if the arithmetic mean is different from zero, we have a difference in the depth of the inputs and videos so that a direct association is not possible. One of the factors that can cause this mean is the difference in inputs and video numbers. If this happens, even if the inputs and videos are of equal depth, with the possibility of associations, will always exist some element that will be single or leftover without making any association. So the number of inputs and videos must be

TABLE V  
INPUTS AND VIDEOS DEPTHS MEASURES OF CENTRAL TENDENCIES

IDs	Mean	Median	Mode	Range	Std. Dev.
1	-1.00	-1.00	-1.00	0	0.00
2	-1.00	-1.00	-	0	0.00
3	-0.75	0.00	0.00	2	0.97
4	-8.00	-8.00	-	0	0.00
5	-7.00	-7.00	-	0	0.00
6	-16.00	-16.00	-16.00	0	0.00
7	-5.00	-7.00	-7.00	6	2.83
8	-0.20	0.00	0.00	4	0.87
9	1.00	1.00	1.00	0	0.00
10	1.00	1.00	1.00	5	1.76
11	0.33	2.00	2.00	5	2.36
12	0.00	0.00	-	0	0.00
13	-14.00	-14.00	-	0	0.00
14	-10.00	-10.00	-	0	0.00
15	-16.00	-16.00	-16.00	0	0.00
16	1.00	1.00	-	0	0.00
17	4.57	6.00	6.00	6	2.32
18	-6.00	-6.00	-6.00	0	0.00
19	-0.71	-1.00	-1.00	0	0.70
20	-7.66	-7.00	-6.00	7	2.03
21	3.43	3.50	2.00 and 4.00	3	1.12
22	-1.00	-1.00	-	0	0.00
23	3.67	5.00	5.00	4	1.89
24	-1.00	-1.00	-1.00	0	0.00
25	-9.00	-9.00	-	0	0.00
26	-14.00	-14.00	-	0	0.00
27	0.13	0.00	0.00	1	0.33
28	-3.40	-4.00	-5.00	4	1.74
29	8.50	8.50	7.00 and 10.00	3	1.50
30	-17.00	-16.00	-16.00	7	2.45
31	-6.00	-6.00	-6.00	0	0.00
32	-1.00	-1.00	-1.00	0	0.00
33	-2.50	-2.50	-3.00 and -2.00	1	0.50
34	0.00	0.00	-	0	0.00
35	-6.10	-6.00	-6.00	1	0.30
36	0.57	1.00	1.00	2	0.73
37	-12.00	-12.00	-	0	0.00
38	1.00	1.00	-	0	0.00
39	-9.00	-9.00	-	0	0.00
40	-2.16	-2.00	-2.00	10	2.41
41	3.04	4.00	4.00	11	2.81
42	-0.33	2.00	2.00	7	3.30
43	-13.00	-13.00	-	0	0.00
44	-17.00	-17.00	-	0	0.00
45	0.43	1.00	-3.00 and -3.00	6	2.38
46	-1.20	-2.00	-3.00	5	1.99
47	-3.00	-3.00	-3.00	0	0.00
48	1.14	3.00	3.00	7	2.47
49	-5.00	-5.00	-	0	0.00
50	4.31	5.00	5.00	3	1.26

checked first.

Another possibility, the non-zero mean occurs due to differences in the depths of inputs and videos. When the mean has a positive result, on average, the inputs are located at lower depths, that is, at previous levels in the tree than the video levels, and this must generate an alarm, this occurs in many web pages, like ID 3. When the average result is negative, it means that on average, the videos are at depths less than the inputs depths, that is, the inputs are at levels before the video, and this must generate an alarm, this occurs in many web pages, like ID 6. These alarms could follow a help message suggesting editing the HTML code and telling that the input and video depth should be organized to have equal values.

Through this evaluation, we conclude that it is possible to perform a static test of the web pages accessibility for deaf using a DOM tree-shaped of HTML pages using descriptive statistics. However, as with static analysis, this approach could generate false positives, which would require human verification to assess the warning verity.

#### IV. LIMITATIONS

Web sites tend to have constants updates due to new content available, frameworks, and technologies [30], and this limits the software to having constant outdated evaluations. Since the static evaluation of the HTML source code is through the URL of a website, changes that occur on the page by interacting with the elements is not considered. Identifying captions is limited to video elements other media elements such as iframes that contain video content were not evaluated for captions. Explore in more depth other HTML tree terminologies such as the siblings, edges, and siblings for HTML element association.

#### V. CONCLUSION

Web Accessibility for Deaf People was successfully evaluated through the establishment of requirements based on reviews of standards and guidelines. Furthermore, automated web accessibility testing has been explored based on static analysis of HTML documents, metadata evaluation, and descriptive statistic analysis. The advent of warnings has established insights about validating accessibility through automated software.

#### REFERENCES

- [1] R. P. Schefer, M. S. Bezerra, and L. A. M. Zaina, "Supporting the development of social networking mobile apps for deaf users: Guidelines based on user experience issues," in *Proc. of the 8th Intern. Conf. on Software Development and Technologies for Enhancing Accessibility and Fighting Info-exclusion*, 2018, pp. 278–285.
- [2] G. Brajnik, "Comparing accessibility evaluation tools: a method for tool effectiveness," *Universal Access in the Information Society*, vol. 3, no. 3, pp. 252–263, Oct 2004.
- [3] ADA, 2010. [Online]. Available: [www.ada.gov/effective-comm.htm](http://www.ada.gov/effective-comm.htm) [Accessed Jul 19, 2019].
- [4] Euro Acc Act, 2018. [Online]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:32019L0882&from=EN> [Accessed Aug 06, 2019].
- [5] Section 508, 1998. [Online]. Available: [www.section508.gov/manage/laws-and-policies](http://www.section508.gov/manage/laws-and-policies) [Accessed Jul 30, 2019].
- [6] Section 255, 1998. [Online]. Available: [www.access-board.gov/attachments/article/1067/255rule.pdf](http://www.access-board.gov/attachments/article/1067/255rule.pdf) [Accessed Aug 01, 2019].
- [7] A. Kirkpatrick, J. Connor, A. Campbell, and M. Cooper, "WCAG 2.1," *w3.org/TR/WCAG21*, 2018.
- [8] CVAA, 2010. [Online]. Available: [www.fcc.gov/consumers/guides/21st-century-communications-and-video-accessibility-act-cvaa](http://www.fcc.gov/consumers/guides/21st-century-communications-and-video-accessibility-act-cvaa) [Accessed Jan 30, 2020].
- [9] B. A. Kitchenham, *Kitchenham, B.: Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in software engineering. EBSE Technical Report EBSE-2007-01*. N/A, 01 2007.
- [10] V. Chuckun, G. Coonjan, and L. Nagowah, "Enabling the disabled using mhealth," in *2019 Conf. on Next Generation Computing Applications (NextComp)*, Sep. 2019, pp. 1–6.
- [11] M. E. M. Salem, R. Wen, M. H. Xu, L. Yan, M. Xiang, and Q. Wang, "A novel underactuated soft humanoid hand for hand sign language," in *2019 IEEE Intern. Instrumentation and Measurement Technology Conf. (I2MTC)*, May 2019, pp. 1–6.
- [12] J. L. Hernandez-Rebollar, N. Kyriakopoulos, and R. W. Lindeman, "A new instrumented approach for translating american sign language into sound and text," in *Sixth IEEE Intern. Conf. on Automatic Face and Gesture Recognition, 2004. Proc...*, May 2004, pp. 547–552.
- [13] M. Bilgin and K. Mutludoğan, "American sign language character recognition with capsule networks," in *2019 3rd Intern. Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT)*, Oct 2019, pp. 1–6.
- [14] N. Galindo-Neto, A. Alexandre, L. Barros, G. Sá, K. Carvalho, and J. Caetano, "Creation and validation of an educational video for deaf people about cardiopulmonary resuscitation," *Revista Latino-Americana de Enfermagem*, vol. 27, 03 2019.
- [15] A. Kannan, A. Ramesh, L. Srinivasan, and V. Vijayaraghavan, "Low-cost static gesture recognition system using mems accelerometers," in *2017 Global Internet of Things Summit (GloTS)*, June 2017, pp. 1–6.
- [16] S. M. K. Hasan and M. Ahmad, "A new approach of sign language recognition system for bilingual users," in *2015 Intern. Conf. on Electrical Electronic Engineering (ICEEE)*, Nov 2015, pp. 33–36.
- [17] H. Sagawa and M. Takeuchi, "Development of an information kiosk with a sign language recognition system," in *Proc. of the 2000 Conf. on Universal Usability*, ser. CUU '00. New York, NY, USA: ACM, 2000, pp. 149–150.
- [18] M. Campos-Trinidad, J. A. Carpio, E. López-Zapata, and R. Salazar-Arévalo, "Optimal control of a robotic system and software development for speech-to-sign language transliterating applications," in *2017 IEEE XXIV Intern. Conf. on Electronics, Electrical Engineering and Computing (INTERCON)*, Aug 2017, pp. 1–4.
- [19] M. Di Gregorio, M. Scibillo, G. Vitiello, A. Pizza, and F. Vitale, "Prosign everywhere-addressing communication empowerment goals for deaf people," in *Proc. of the 5th EAI Intern. Conf. on Smart Objects and Technologies for Social Good*, 2019, pp. 207–212.
- [20] Setiawardhana, R. Y. Hakkun, and A. Baharuddin, "Sign language learning based on android for deaf and speech impaired people," in *2015 Intern. Electronics Symposium (IES)*, Sept 2015, pp. 114–117.
- [21] M. Brour and A. Benabbou, "Atlaslang nmt: Arabic text language into arabic sign language neural machine translation," *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*, 07 2019.
- [22] M. Tariq, A. Iqbal, A. Zahid, Z. Iqbal, and J. Akhtar, "Sign language localization: Learning to eliminate language dialects," in *2012 15th Intern. Multitopic Conf. (INMIC)*, Dec 2012, pp. 17–22.
- [23] Y. Liao, P. Xiong, W. Min, W. Min, and J. Lu, "Dynamic sign language recognition based on video sequence with blstm-3d residual networks," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 38 044–38 054, 2019.
- [24] W. Nel, M. Ghaziasgar, and J. Connan, "An integrated sign language recognition system," in *Proc. of the South African Institute for Computer Scientists and Information Technologists Conf.*, ser. SAICSIT '13. New York, NY, USA: ACM, 2013, pp. 179–185.
- [25] I. Mehmood, T. Hussain, I. Hassan, S. Rho, and M. Sajjad, "Let the deaf understand: Mainstreaming the marginalized in context with personalized digital media services and social needs," in *2017 IEEE Intern. Conf. on Multimedia Expo Workshops (ICMEW)*, July 2017, pp. 220–225.
- [26] J. Bento, A. P. Cláudio, and P. Urbano, "Avatars on portuguese sign language," in *2014 9th Iberian Conf. on Information Systems and Technologies (CISTI)*, June 2014, pp. 1–7.
- [27] A. Dewani, S. Bhatti, M. A. Memon, W. A. Arif, Q. Arain, and S. B. Zehra, "Sign language e-learning system for hearing-impaired community of pakistan," *Intern. Journal of Information Technology*, vol. 10, no. 2, pp. 225–232, 2018.
- [28] P. Goh and E. Holden, "Dynamic fingerspelling recognition using geometric and motion features," in *2006 Intern. Conf. on Image Processing*, Oct 2006, pp. 2741–2744.
- [29] M. M. Eler, J. M. Rojas, Y. Ge, and G. Fraser, "Automated accessibility testing of mobile apps," in *2018 IEEE 11th Intern. Conf. on Software Testing, Verification and Validation (ICST)*, April 2018, pp. 116–126.
- [30] F. Ricca and P. Tonella, "Analysis and testing of web applications," in *Proc. of the 23rd Intern. Conf. on Software Engineering. ICSE 2001*. IEEE, 2001, pp. 25–34.
- [31] A. G. Schiavone and F. Paternò, "An extensible environment for guideline-based accessibility evaluation of dynamic web applications," *Universal Access in the Information Society*, vol. 14, pp. 111–132, 03 2015.
- [32] I. Hickson, *HTML5 A vocabulary and associated APIs for HTML and XHTML*, 2020. [Online]. Available: [www.w3.org/TR/2010/WD-html5-20101019/](http://www.w3.org/TR/2010/WD-html5-20101019/) [Accessed Jan 3, 2020].