

TATIANA AMARAL SORRENTINO

UMA BREVE DISCUSSÃO SOBRE ACESSIBILIDADE NA WEB



TATIANA AMARAL SORRENTINO

UMA BREVE DISCUSSÃO SOBRE ACESSIBILIDADE NA WEB



editoraifrn

Natal, 2021

Presidente da República
Jair Messias Bolsonaro

Ministro da Educação
Milton Ribeiro

Secretário de Educação Profissional e Tecnológica
Tomás Dias Sant'Ana



INSTITUTO FEDERAL
Rio Grande do Norte

Reitor

José Arnóbio de Araújo Filho

Pró-Reitor de Pesquisa e Inovação
Avelino Aldo de Lima Neto

Coordenadora da Editora IFRN
Gabriela Dalila Bezerra Raulino

Conselho Editorial

Conselho Editorial

Avelino Aldo de Lima Neto
Ana Lúcia Sarmento Henrique
Anderson Luiz Pinheiro de Oliveira
Annaterra Teixeira de Lima
Cláudia Battestin
Claudia Pereira de Lima Parente
Danila Kelly Pereira Neri
Denise Cristina Momo
Diogo Pereira Bezerra
Elizomar de Assis Nobre
Emanuel Neto Alves de Oliveira
Emiliana Souza Soares
Francinaide de Lima Silva Nascimento
Gabriela Dalila Bezerra Raulino
Jean Leite Tavares
José Carlos Morgado

José Everaldo Pereira
Julie Thomas
Lenina Lopes Soares Silva
Luciana Maria Araújo Rabelo
Maria da Conceição de Almeida
Maria Jalila Vieira de Figueir do Leite
Marcelo Nunes Coelho
Marcio Monteiro Maia
Miler Franco D Anjour
Neyvan Renato Rodrigues da Silva
Paulo Pereira da Silva
Rebeka Caroca Seixas
Renato Samuel Barbosa de Araujo
Rodrigo Luiz Silva Pessoa
Samuel de Carvalho Lira
Sílvia Regina Pereira de Mendonca

Projeto Gráfico, Diagramação e Capa

Charles Bamam Medeiros de Souza

Revisão Linguística

Beatriz de Lucena Moreira

Prefixo editorial: Editora IFRN

Linha Editorial: Acadêmica

Disponível para *download* em:

<http://memoria.ifrn.edu.br>



editoraifrn

Contato

Endereço: Rua Dr. Nilo Bezerra Ramalho, 1692, Tirol.
CEP: 59015-300, Natal-RN.

Fone: (84) 4005-0763 | E-mail: editora@ifrn.edu.br



Os textos assinados, no que diz respeito tanto à linguagem quanto ao conteúdo, não refletem necessariamente a opinião do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte. As opiniões são de responsabilidade exclusiva dos respectivos autores. É permitida a reprodução total ou parcial desde que citada a fonte.

S714b	Sorrentino, Tatiana Amaral. Uma breve discussão sobre acessibilidade na web [livro eletrônico] / Tatiana Amaral Sorrentino, Alexandre Júlio Teixeira Santos, Joaquim Melo Henrique Macedo. – Natal : IFRN, 2021. 222 p. ; PDF : il.
	Bibliografia. ISBN: 978-65-86293-88-3
	1. Internet – Acessibilidade. 2. Acessibilidade – Web. 3. Inclusão digital. 4. Tecnologias assistivas. I. Santos, Alexandre Júlio Teixeira. II. Macedo, Joaquim Melo Henrique. III. Título.
IFRN/SIBi	CDU 004.738.5

Divisão de Serviços Técnicos
Catalogação da publicação na fonte elaborada pela Bibliotecária
Marise Lemos Ribeiro – CRB-15/418

Esta obra foi submetida e selecionada por meio de edital específico para publicação pela Editora IFRN, tendo sido analisada por pares no processo de editoração científica.

“Só é verdadeiramente grande aquele que, considerando a vida uma viagem que o há de conduzir a determinado ponto, pouco caso faz das asperezas da jornada e não deixa que seus passos se desviem do caminho reto. Com o olhar constantemente dirigido para o termo a alcançar, nada lhe importa que as urzes e os espinhos ameacem produzir-lhe arranhaduras: umas e outros lhe roçam a epiderme, sem o ferirem, nem impedirem de prosseguir na caminhada.”

Adolfo, Bispo de Argel.

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	8
1.1 AVALIAÇÃO DE ACESSIBILIDADE	13
1.1.1 O VALIDADOR TAW	15
ESTADO DA ARTE	31
2.1 ACESSIBILIDADE	32
2.1.1 PADRÕES DE ACESSIBILIDADE	37
2.1.2 TECNOLOGIAS ASSISTIVAS	45
2.1.3 PERCEPÇÃO DE ACESSIBILIDADE	48
2.1.4 AVALIAÇÃO DA ACESSIBILIDADE DOS SITES	53
2.2 WEB SEMÂNTICA	54
2.2.1 ONTOLOGIAS	55
2.2.2 UTILIZAÇÃO DE ONTOLOGIAS	60
2.3 ADAPTAÇÃO DE SITES	62
TRABALHOS RELACIONADOS	69
3.1 SISTEMAS DE PERSONALIZAÇÃO E DE BUSCAS NA WEB	70
3.1.1 RECUPERAÇÃO DE INFORMAÇÕES EM BUSCAS NA WEB	71
3.1.2 LINKED DATA E SOCIAL WEB	71
3.1.3 PERSPECTIVAS EM ADAPTAÇÃO SEMÂNTICA NA WEB SOCIAL	72
3.1.4 TREINAMENTO DE MULHERES ARTESÃS EM PAÍSES DE TERCEIRO MUNDO	74
3.1.5 WEB DAS COISAS PARA ACESSIBILIDADE	75
3.1.6 GERENCIAMENTO DO CONHECIMENTO ATRAVÉS DA SEMÂNTICA	76
3.1.7 RESUMO DOS TRABALHOS DE ADAPTAÇÃO E DE BUSCAS NA WEB	77
3.2 MODELOS DE ADAPTAÇÃO PARA WEB	79
3.2.1 COMBINAÇÃO DE MÉTODOS PARA A EXTRAÇÃO DE INFORMAÇÕES	79
3.2.2 VINCULAÇÃO DINÂMICA E PERSONALIZAÇÃO NA WEB	81
3.2.3 TRANSCODIFICADOR BASEADO EM ANOTAÇÕES	83
3.2.4 SADIE	86
3.2.5 DANTE	89
3.2.6 ADVANCED BARRIER FREE BROWSER ACESSIBILITY	92
3.2.7 HELP ON-DEMAND SERVICES	93
3.2.8 RESUMO DOS MODELOS DE ADAPTAÇÃO PARA WEB	97
3.3 ANÁLISE COMPARATIVA	98

O MODELO @DAPT++	104
4.1 MODELO INICIAL - @DAPT	104
4.2 MODELO AMPLIADO @DAPT++	107
4.2.1 ONTOLOGIA VOIDKB	108
4.3 COMPONENTE <i>EXTRACTOR</i>	118
4.3.1 MÓDULO CONTENTSELECT	119
4.3.2 MÓDULO CONTENTFIND	122
4.3.3 MÓDULO CONTENTWRITE	125
4.4 COMPONENTE <i>ORGANIZER</i>	126
4.4.1 MÓDULO CONTENTCLUSTER	127
4.4.2 MÓDULO CONTENTREORDER	129
4.5 COMPONENTE ADAPTER	131
4.5.1 MÓDULO CONTENTQUERY	132
4.5.2 MÓDULO CONTENTREWRITEPAGE	134
4.5.3 MÓDULO CONTENTFEEDBACK	135
4.6 INTERAÇÃO ENTRE OS COMPONENTES E MÓDULOS	138
4.7 COMPARAÇÃO ENTRE OS MODELOS DE ADAPTAÇÃO	143
IMPLEMENTAÇÃO	146
5.1 UTILIZAÇÃO DO @DAPT++	146
5.2 APRESENTAÇÃO DO SISTEMA	149
5.2.1 ARQUITETURA DO SISTEMA	149
5.2.2 COMPONENTE <i>EXTRACTOR</i>	152
5.2.3 COMPONENTE <i>ORGANIZER</i>	156
5.2.4 COMPONENTE ADAPTER	160
5.3 TECNOLOGIAS UTILIZADAS	164
RESULTADOS EXPERIMENTAIS	165
6.1 CENÁRIO 01 – PORTAL DE PESQUISAS ACADÊMICAS	165
6.1.1 CENÁRIO 01 – VALIDAÇÃO MANUAL	170
6.1.2 CENÁRIO 01 – VALIDAÇÃO AUTOMATIZADA	174
6.1.3 CENÁRIO 01 – ANÁLISE DAS AVALIAÇÕES MANUAL E AUTOMATIZADA	181
6.2 CENÁRIO 02 – REDE SOCIAL TWITTER	182
6.2.1 CENÁRIO 02 – VALIDAÇÃO MANUAL	187
6.2.2 CENÁRIO 02 – VALIDAÇÃO AUTOMATIZADA	191
6.2.3 CENÁRIO 02 – ANÁLISE DAS AVALIAÇÕES MANUAL E AUTOMATIZADA	198
CONCLUSÕES	200
REFERÊNCIAS	208

1

APRESENTAÇÃO

Embora já existisse anteriormente, a internet tornou-se muito fácil de utilizar apenas em 1989, com a invenção da world-wide-web. Também o fato de serem criadas novas tecnologias para a transferência de informação e as primeiras experiências das interfaces gráficas permitiu a utilização da web além das formas tradicionais da época, que se baseava em uma interface textual. Após esse marco, o crescimento e a popularização no uso da web e seus serviços foram exponenciais.

A web surgiu com a proposta de ser aberta e acessível a todos e, para que esse objetivo fosse alcançado, deveria seguir diversos padrões e recomendações. No entanto, enquanto a web trouxe alguns benefícios para muitas pessoas, outras têm sido mantidas à margem ou off-line em muitos aspectos (GOGGIN; NEWELL, 2003).

A utilização da web tornou-se indispensável nos dias atuais, pois constitui uma fonte importante de conhecimento, entretenimento, comunicação e serviços. Através da utilização da web, é possível ter mais agilidade e produtividade no trabalho diário e na busca do conhecimento.

Embora o avanço tecnológico desse importante recurso venha melhorando a sua utilização, percebe-se que a inclusão digital está distante de ser uma realidade. Nesse

aspecto, a possibilidade de os usuários deficientes terem independência na utilização de serviços e na comunicação é bastante desejável, visto que poderia não ser necessário sair de casa para realizar uma compra ou pagar uma conta, o que facilitaria a vida prática do deficiente, que muitas vezes depende de terceiros para acompanhá-lo. Mas percebe-se que, na prática, nem sempre essa possibilidade se concretiza.

O fato é que pessoas com necessidades especiais utilizam a web e as tecnologias relacionadas em um nível inferior se comparadas com o resto da população. Essa estatística comprova que a inclusão digital ainda constitui uma utopia. Estudos realizados pelo governo dos Estados Unidos mostram que, apesar das leis que garantem a necessidade de acessibilidade na web, 90% dos sites possuem grandes barreiras de acesso (LAZAR; JAEGER, 2011).

Dessa forma, uma grande parcela da população mundial não consegue consumir, de forma produtiva, os recursos disponíveis na web. Entre esses usuários, destacam-se as pessoas com necessidades especiais e analfabetos. Aqui, tratamos especialmente dos deficientes visuais.

As discussões a respeito da acessibilidade na web iniciaram-se no final de 1996 (W3C, 2009), mas percebe-se que faltam muitos avanços para que os deficientes visuais possam ter uma compreensão de tudo o que é apresentado nos sites e no conteúdo disponibilizado, pois os padrões ainda não são conhecidos em sua totalidade e, conseqüentemente, não são seguidos desde o início do desenvolvimento dos sites (BAAZEEM; AL-KHALIFA, 2015).

Observa-se que a utilização da web por pessoas que possuem necessidades especiais ainda constitui um

grande desafio, quase sempre intransponível. Segundo os dados da Organização Mundial de Saúde (OMS) (WHO, 2018), divulgados no ano de 2017, 253 milhões de pessoas no mundo possuem deficiência visual. Destes, 36 milhões são cegos e 217 milhões de pessoas têm deficiência visual de moderada a grave.

No Brasil, os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), divulgados através do relatório de Pesquisa Nacional de Saúde (IBGE, 2015), mostram que, entre os tipos de deficiência investigados, a deficiência visual apresentou o maior índice na população brasileira, com a proporção de 3,6% de pessoas com deficiência visual. No ano de 2013, quando foi feita a pesquisa, 16% destas pessoas com deficiência visual apresentaram grau intenso ou muito intenso de limitações ou não conseguiam realizar as suas atividades habituais devido à deficiência. Todos esses usuários constituem uma parcela da população que precisa ser considerada em suas necessidades e especificidades para ter uma maior qualidade no acesso à web.

Os deficientes visuais acessam os sites na web através softwares leitores de tela, tais como JAWS (JAWS, 2018), NVDA (NV, 2018), Dolphin (Dolphin Computer Access Ltd, 2018) e Window-Eyes (Window-Eyes, 2018). Os leitores de tela fazem a leitura de toda a página web, gerando um áudio referente aos elementos que a página contém.

De forma geral, os sites apresentam uma grande carga de elementos visuais (vídeos, imagens, cores, animações e desenhos). Dessa forma, existe uma grande parcela de elementos que o leitor de tela não consegue ler em sua totalidade. Esses elementos possuem características que

não conseguem ser interpretadas pelo software de forma detalhada (SEMAAN *et al.*, 2013).

Na maior parte das vezes, isto acontece porque a leitura realizada por esse programa tem como base os elementos sintáticos, que são os elementos da linguagem de marcação (tags) utilizados na construção da página web. Assim, grande parcela de informações não são lidas por esses softwares. Contudo, como elas são apresentadas por elementos não-textuais, fazem parte do conteúdo da página, e os deficientes visuais não conseguem perceber devido às suas limitações.

Nesse contexto, diversas pesquisas e avaliações de sites – Abeele; Cock; Roe (2012); Gurgel; Moura (2012); Sorrentino (2013) – foram realizadas no sentido de verificar se as recomendações para a acessibilidade na web estão sendo seguidas e se os sites estão realmente acessíveis aos usuários deficientes visuais.

Power *et al.* (2012) descrevem uma pesquisa realizada com 32 usuários, na verificação de 16 websites. Essa avaliação foi realizada com o objetivo de verificar se os sites estão cumprindo as recomendações do WC3 (W3C, 2018d), instituição constituída para a criação de orientações e padrões para a web.

Essa pesquisa tem como foco principal verificar se, mesmo utilizando as recomendações, os sites estão acessíveis aos deficientes visuais ou se foram encontrados problemas adicionais.

Nesse contexto, os usuários foram convidados a realizar tarefas nos sites e também a relatar os principais problemas encontrados. Eles foram orientados a classifi-

car cada problema encontrado em um nível de severidade. Os quatro níveis de severidade utilizados foram (por ordem crescente de severidade): cosmético, menor, maior ou catastrófico.

Como resultado da pesquisa, os participantes encontraram 1.382 instâncias de problemas nos 16 websites avaliados, uma média de 86,4 problemas por site. Em relação à utilização das recomendações, essas instâncias de problemas foram classificadas pelos usuários em: catastrófico (18%), cosmético (11%), maior (31%) e menor (40%) (POWER *et al.*, 2012).

Além dos problemas classificados pelos usuários, a pesquisa mostrou que, mesmo com a evolução dos padrões para novas versões, não houve melhoria significativa no tocante à resolução dos problemas encontrados. Viu-se também que os desenvolvedores ainda possuem dificuldades com o desenvolvimento de sites acessíveis por não compreenderem as orientações ou por falta de apoio de alguma ferramenta.

A conclusão ainda mais crítica é de que alguns critérios de sucesso que foram implementados, baseados nas recomendações, não conseguiram efetivamente resolver os problemas dos usuários e precisam ser melhor avaliados com deficientes visuais. O resultado dessa pesquisa reflete a dificuldade encontrada por esse público na utilização de sites na web.

Outra forma de realizar avaliações de acessibilidade é através de ferramentas automatizadas, tais como os softwares daSilva (DASILVA, 2014), Cynthia Says (INC, 2015), Hera (SIDAR, 2013), TAW (CTIC, 2018) e 508 Checker (FOR-

MSTACK, 2014). Essas ferramentas baseiam-se nos elementos sintáticos da página, e têm limitações, pois mesmo que uma página web não apresente erros nesse tipo de avaliação, não significa que a página seja totalmente acessível.

Após realizar o teste com várias ferramentas automatizadas, o software TAW (CTIC, 2018) foi escolhido por apresentar mais estabilidade na avaliação das páginas web.

Dessa maneira, a ferramenta TAW (CTIC, 2018) foi utilizada para avaliar automaticamente a página adaptada, utilizada no experimento realizado como prova de conceito do modelo @dapt++.

1.1 AVALIAÇÃO DE ACESSIBILIDADE

No contexto dessa pesquisa, foi realizada a avaliação de um grupo de páginas web com a intenção de medir o nível de acessibilidade dessas páginas e realizar um diagnóstico sobre como as recomendações estão sendo seguidas atualmente na web.

É importante destacar que medir o nível de acessibilidade na web é essencial para avaliar a implementação e promover a melhoria da acessibilidade ao longo do tempo, mas encontrar medições apropriadas não é trivial (WILLE; DUMKE; WILLE, 2016).

Os níveis de utilização dos critérios de sucesso e das recomendações para a acessibilidade na web podem, em parte, ser testados ou medidos por diferentes ferramentas semiautomatizadas. Por exemplo, softwares para verificar o contraste de cores e se textos alternativos ou similares existem. Essa verificação se baseia na avaliação sintática dos

elementos (tags e instruções das linguagens de programação) utilizados para a construção da página.

No entanto, para a avaliação de outras recomendações, as verificações automatizadas não são tão eficientes, por exemplo, para verificar se foram usados textos alternativos de forma lógica ou significativa para os elementos visuais (WILLE; DUMKE; WILLE, 2016).

É importante destacar que apenas a avaliação sintática da página não é suficiente para garantir que a página está acessível e que pode ser compreendida de forma plena pelos usuários com necessidades especiais.

Uma ferramenta de avaliação automática pode verificar um ou mais critérios de sucesso recomendados pelo W3C. Mas existem alguns critérios que devem ser verificados através da revisão manual.

Nesse diagnóstico, feito utilizando a validação automatizada, foram selecionados os sites das universidades de acordo com o ranking *Webometrics Ranking of World Universities* (LAB, 2018). Assim, foram selecionadas as 15 primeiras universidades de Portugal. Também foram selecionadas as 15 primeiras universidades do Brasil. O site da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ) estava indisponível durante o período da pesquisa, então foi considerado o site da Universidade Federal de São Paulo, a próxima Universidade, de acordo com a classificação no ranking utilizado.

No total, 30 sites de universidades foram avaliados. A validação foi realizada, utilizando a página principal de cada universidade.

No diagnóstico realizado para a verificação do nível de acessibilidade das páginas web, foram utilizadas 30

páginas, que foram submetidas ao software de avaliação automatizada. Os dados foram analisados e apresentados nesta seção.

1.1.1 O VALIDADOR TAW

A validação automática foi feita através de uma ferramenta para verificação automática de acessibilidade de sites chamada TAW (CTIC, 2018), que avalia a acessibilidade dos *sites* de acordo com as Diretrizes de Acessibilidade para o Conteúdo da web (WCAG, 1999).

O processo de validação, a partir de uma ferramenta automatizada, verifica apenas a sintaxe da página web, e avalia o quanto essa página está ou não no padrão orientado pela W3C.

O software validador funciona online. No momento da submissão da página ao validador, é possível informar em qual nível de conformidade a página será avaliada.

Nesse sentido, cada ferramenta de validação oferece opções de padrões de acessibilidade e de níveis de conformidade que podem ser escolhidos para cada validação.

No caso do software TAW, estão disponíveis os três níveis de conformidade (A, AA e AAA) definidos pelo W3C.

Tabela 1 – Sites das Universidades de Portugal Avaliadas pelo software TAW

ORDEM	NOME DA UNIVERSIDADE	PÁGINA WEB PRINCIPAL
01	Universidade do Porto	https://sigarra.up.pt/up/pt/web_base.gera_pagina?p_pagina=home
02	Universidade de Lisboa	https://www.ulisboa.pt
03	Universidade de Coimbra	http://www.uc.pt
04	Universidade Nova de Lisboa	http://www.unl.pt
05	Universidade do Minho	https://www.uminho.pt/PT
06	Universidade de Aveiro	http://www.ua.pt
07	Universidade de Évora	http://www.uevora.pt
08	Universidade da Beira Interior	http://www.ubi.pt
09	Instituto Politécnico do Porto	https://www.ipp.pt
10	Universidade do Algarve	https://www.ualg.pt/pt
11	Universidade Católica Portuguesa	http://www.ucp.pt/site/custom/template/ucptplportalhome.asp?sspageid=1&lang=1
12	Universidade de Trás os Montes e Alto Douro	https://www.utad.pt
13	ISCTE Instituto Universitário de Lisboa	https://www.iscte-iul.pt
14	Universidade dos Açores	http://www.uac.pt
15	Instituto Politécnico de Bragança	http://portal3.ipb.pt/index.php/pt/ipb

Fonte: elaborado pelos autores.

Tabela 2 – Sites das Universidades Brasileiras Avaliadas pelo software TAW

ORDEM	NOME DA UNIVERSIDADE	PÁGINA WEB PRINCIPAL
01	Universidade de São Paulo USP	http://www5.usp.br
02	Universidade Federal do Rio de Janeiro	https://ufrj.br
03	Universidade Estadual de Campinas UNICAMP	http://www.unicamp.br/unicamp/
04	Universidade Federal do Rio Grande do Sul UFRGS	http://www.ufrgs.br/ufrgs/inicial
05	Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho	https://www2.unesp.br
06	Universidade Federal de Minas Gerais UFMG	https://ufmg.br
07	Universidade Federal de Santa Catarina UFSC	http://ufsc.br
08	Universidade de Brasília UNB	http://www.unb.br
09	Universidade Federal do Paraná	http://www.ufpr.br/portalufpr/
10	Universidade Federal Fluminense	http://www.uff.br
11	Universidade Federal de Pernambuco	https://www.ufpe.br
12	Universidade Federal do Ceará	http://www.ufc.br
13	Universidade Federal do Rio Grande do Norte	http://www.ufrn.br
14	Universidade Federal da Bahia	http://www.ufba.br

ORDEM	NOME DA UNIVERSIDADE	PÁGINA WEB PRINCIPAL
15	Universidade do Estado do Rio de Janeiro UERJ	http://www.uerj.br
16	Universidade Federal de São Paulo	http://www.unifesp.br

Fonte: elaborado pelos autores.

Como resultados da avaliação realizada pelo TAW, são apresentados cinco tipos de mensagens:

Tabela 3 – Sites das Universidades Brasileiras Avaliadas pelo software TAW

TIPO DE RESULTADOS	DESCRIÇÃO
Não se acharam problemas	A página passou pelo ponto de verificação e não foram encontrados problemas.
Existem problemas	A página não passou pelo ponto de verificação e precisa ser corrigida.
Advertências	É necessária a revisão manual para avaliar se o critério de sucesso foi satisfeito.
Impossível realizar comprovação automática	O ponto de verificação só poderá ser avaliado se for realizada a revisão manual.
Não aplicável	Indica que a verificação não é aplicável para a página web.

Fonte: elaborado pelos autores.

De forma geral, as mensagens de erros e advertências devem ser observadas com mais atenção. Os erros apresentados representam não conformidades e precisam ser corrigidos, de acordo com as recomendações definidas

1 O site estava indisponível durante o período da pesquisa.

pelo W3C. Já as advertências representam pontos em que apenas a validação automatizada não é suficiente, sendo necessária uma validação manual para completar a verificação da página web.

Para cada tipo de mensagem, são apresentados os critérios de sucesso (SC) que foram verificados e cada critério de sucesso possui técnicas que estão associadas ao ponto de verificação avaliado. Cada critério de sucesso está associado a um princípio. Segundo as orientações do W3C, uma técnica pode estar relacionada a apenas um critério de sucesso ou a vários critérios de sucesso (W3C, 2016a). No total, existem 61 critérios de sucesso.

No processo de validação realizado nesse diagnóstico, a URL da página original foi submetida ao software de validação TAW. Os resultados retornados a partir dessa validação foram avaliados e as análises estão apresentadas nesta seção.

A Tabela a seguir apresenta a quantidade total de erros encontrados na avaliação das páginas das Universidades de Portugal.

Tabela 4 – Quantidade de erros apresentados na avaliação dos sites das Universidades de Portugal

NOME DA UNIVERSIDADE	P	O	C	R	TOTAL
Universidade do Porto	185	1	0	2	188
Universidade de Lisboa	176	117	58	210	561
Universidade de Coimbra	15	20	2	1	38
Universidade Nova de Lisboa	14	25	1	6	46
Universidade do Minho	21	21	1	90	133

NOME DA UNIVERSIDADE	P	O	C	R	TOTAL
Universidade de Aveiro	10	6	2	1	19
Universidade de Évora	23	25	2	9	59
Universidade da Beira Interior	0	3	0	0	3
Instituto Politécnico do Porto	32	7	2	4	45
Universidade do Algarve	8	15	0	8	31
Universidade Católica Portuguesa	4	0	0	7	11
Universidade de Trás os Montes e Alto Douro	2	10	0	11	23
ISCTE Instituto Universitário de Lisboa	3	11	0	24	38
Universidade dos Açores	14	8	2	5	29
Instituto Politécnico de Bragança	51	0	5	15	71

Fonte: elaborado pelos autores.

Nesses resultados, a quantidade de erros está apresentada de acordo com os princípios definidos pelo W3C. Nas tabelas que apresentam os dados das avaliações, Perceptível está representado pela letra (P), Operável por (O), Compreensível por (C) e Robusto por (R).

De forma geral, os erros relacionados ao princípio Perceptível, indicam que o conteúdo deve ser disponibilizado em formatos alternativos. Já os erros do princípio Operável, indicam que os elementos da interface e da navegação precisam de melhorias. Os erros do princípio Robusto indi-

cam que a página não está bem formatada e que é necessário incluir elementos para que página possa ser corretamente interpretada pelos agentes do usuário. No princípio Compreensível, são avaliadas questões que podem impedir ou dificultar o entendimento da página web, por exemplo, a falta da definição do idioma da página. Todas as avaliações foram realizadas no nível médio de conformidade (AA).

Ainda de acordo com os resultados apresentados na tabela, percebe-se que o site da Universidade de Lisboa é o que apresenta a maior quantidade de erros, seguido pelos sites das Universidades do Porto e da Universidade do Minho.

Destaca-se que a menor quantidade de erros é encontrada no site da Universidade da Beira Interior, seguida pelo site da Universidade Católica Portuguesa e, posteriormente, pelo site da Universidade de Aveiro.

A tabela a seguir apresenta a quantidade total de erros encontrados na avaliação das páginas das Universidades do Brasil.

De acordo com os resultados, percebe-se que o site da Universidade Federal de Santa Catarina é o que apresenta a maior quantidade de erros, seguido pelos sites das Universidades de São Paulo e da Universidade Federal Fluminense.

Destaca-se que a menor quantidade de erros é encontrada no site da Universidade Estadual de Campinas, seguido pelo site da Universidade Federal do Ceará e, posteriormente, pelo site da Universidade Federal do Rio Grande do Sul e da Universidade Federal de Minas Gerais, que tiveram a mesma quantidade de erros.

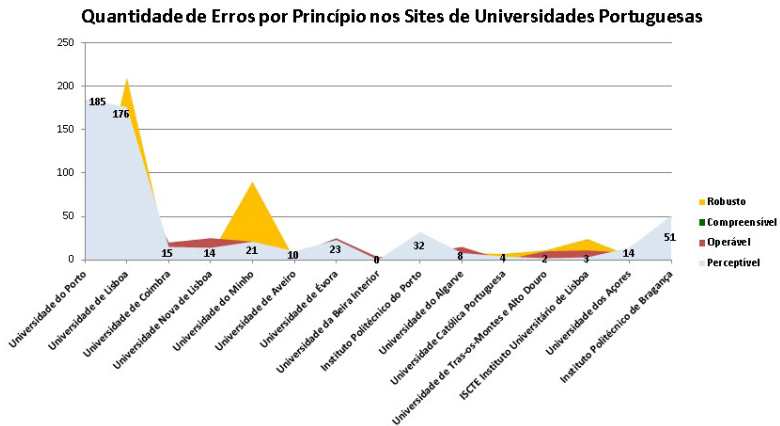
Tabela 5 – Quantidade de erros apresentados na avaliação dos sites das Universidades do Brasil

NOME DA UNIVERSIDADE	P	O	C	R	TOTAL
Universidade de São Paulo USP	47	44	4	65	160
Universidade Federal do Rio de Janeiro	24	14	0	13	51
Universidade Estadual de Campinas UNICAMP	1	0	1	0	2
Universidade Federal do Rio Grande do Sul UFRGS	13	1	5	17	36
Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho	46	22	6	15	89
Universidade Federal de Minas Gerais UFMG	13	3	6	15	36
Universidade Federal de Santa Catarina UFSC	50	27	3	104	184
Universidade de Brasília UNB	29	12	2	8	51
Universidade Federal do Paraná	9	21	2	10	42
Universidade Federal Fluminense	49	16	2	34	101
Universidade Federal de Pernambuco	9	10	2	17	38
Universidade Federal do Ceará	9	6	0	1	16
Universidade Federal do Rio Grande do Norte	56	9	4	11	80
Universidade Federal da Bahia	3	33	0	19	55
Universidade Federal de São Paulo	21	10	6	10	47

Fonte: elaborado pelos autores.

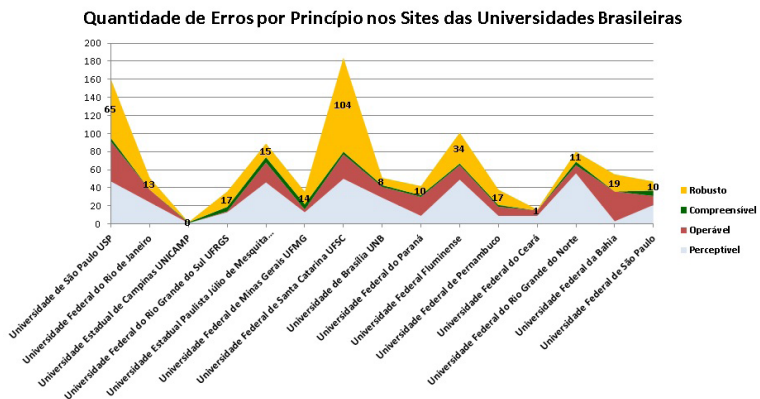
Com relação à quantidade de erros por princípio, os gráficos a seguir destacam os erros encontrados nos sites das Universidades Portuguesas e Brasileiras, respectivamente, de acordo com cada princípio definido pelo W3C.

Gráfico 1



Fonte: elaborado pelos autores.

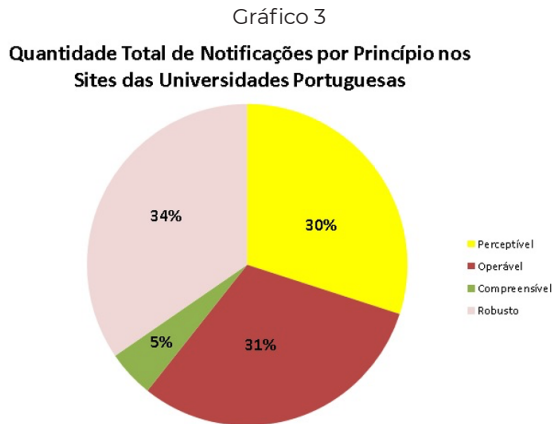
Gráfico 2



Fonte: elaborado pelos autores.

Na análise dos resultados das avaliações dos sites das Universidades portuguesas e brasileiras, percebe-se que o princípio Perceptível concentra a maior quantidade de erros, seguido pelos princípios Robusto, Operável e, por último, Compreensível. Os erros do princípio Perceptível são constantes em todas as páginas. Já os erros do princípio Robusto apresentam-se de forma mais acentuada em alguns sites. A quantidade de erros relacionados com o princípio Compreensível é bem menor, comparando-se com a quantidade de erros apresentados para os outros princípios.

Além dos erros encontrados nos sites, advertências e alguns pontos que precisam necessariamente da revisão manual para ser avaliados também fazem parte do resultado da validação. O total de notificações apresentadas, – somando-se a esses erros, advertências e pontos de verificação manual que foram encontradas nos sites das Universidades Portuguesas – podem ser visualizados no gráfico a seguir.

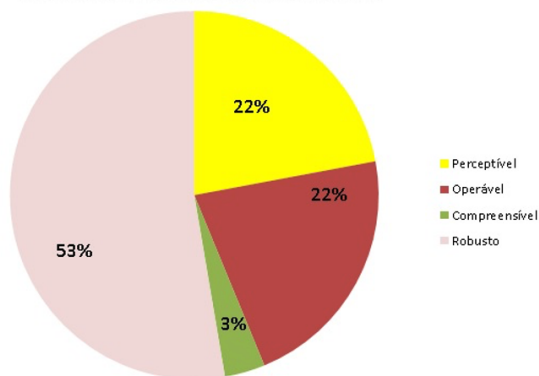


Fonte: elaborado pelos autores.

A quantidade total de erros, advertências e revisões necessárias nos sites das Universidades Brasileiras é apresentada no gráfico a seguir.

Gráfico 4

Quantidade Total de Notificações por Princípio nos Sites das Universidades Brasileiras



Fonte: elaborado pelos autores.

Observa-se que, nas duas avaliações apresentadas, as notificações no princípio Robusto se apresentam em maior quantidade. Enquanto isso, o princípio Compreensível possui sempre a menor quantidade de notificações.

Essa quantidade menor de notificações para o princípio Compreensível pode ter sido devida à dificuldade de medir, a partir da ferramenta automatizada, o nível de compreensão do conteúdo disponibilizado. É importante ressaltar a importância de uma avaliação que considere a semântica e não apenas a sintaxe das páginas web.

A avaliação dessas 30 páginas apresenta um total de 2.283 erros de acessibilidade, o que resulta em uma mé-

dia aproximada de 76 erros por página. A partir desse diagnóstico, verifica-se uma alta quantidade de erros, apesar dos padrões de acessibilidade conhecidos e recomendados.

Muitos problemas existem devido ao layout complexo das páginas e ao conteúdo muito dinâmico. Buzzi *et al.* (2010) destacam que a maior dificuldade para o deficiente visual é que as páginas são atualizadas dinamicamente. Como os leitores de tela não identificam essas atualizações, para perceber que algo foi adicionado na página, é necessário realizar a leitura da página de forma sequencial. Esse processo torna a experiência na *web* algo demorado e pouco positivo para os usuários que dependem dos leitores de tela.

Diante das questões relatadas, verifica-se que melhorar a utilização da *web* para os deficientes visuais ainda constitui um desafio computacional.

Valoriza-se a evolução em termos dos softwares leitores de tela e verificadores de acessibilidade dos sites. Mas, em sua maioria, esses pacotes de softwares são baseados na interpretação sintática dos elementos HTML. As ferramentas também verificam se os padrões recomendados estão sendo seguidos. Porém, entende-se que apenas a avaliação sintática não é suficiente. Esta, baseada nos elementos sintáticos da página, tem limitações. Mesmo que uma página *web* não apresente erros nesse tipo de avaliação, não significa que a página seja totalmente acessível.

Nesse tipo de avaliação, é verificado se os elementos (tags e atributos) estão presentes na estrutura da página, mas não se avalia e nem se garante que o conteúdo disponibilizado é totalmente acessível e compreensível para o

usuário deficiente visual. Não se avaliam aspectos para responder às seguintes questões:

(i) O texto que descreve um elemento visual é completo o suficiente para que o usuário consiga perceber toda a informação presente no elemento, apenas ouvindo a descrição associada?;

(ii) Existem instruções suficientes, nos formatos de áudio e/ou texto, na página para que o deficiente visual consiga preencher todos os dados de um formulário e enviá-los? ;

(iii) O modelo de navegação da página é claro o suficiente para que o deficiente saiba qual será a ação quando clicar em um determinado link?.

Nesse sentido, diante dos problemas relatados, percebe-se que apenas a interpretação e a verificação sintática dos elementos da página web não são suficientes para torná-las acessíveis. Torna-se imprescindível acrescentar uma visão semântica para que o entendimento dos deficientes visuais possa ser melhorado.

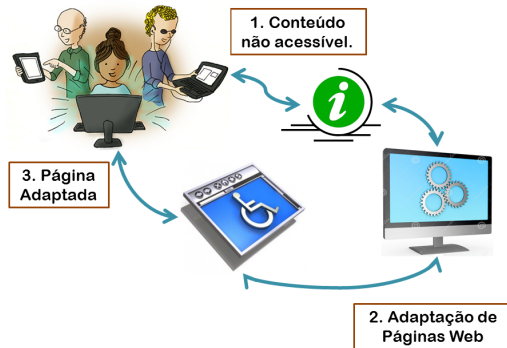
Dessa forma, avalia-se que o problema da acessibilidade na web não é um problema trivial e ainda constitui um desafio de investigação em aberto.

O principal objetivo dessa pesquisa foi conceber o modelo final para prover a acessibilidade na web para pessoas com deficiência visual. Assim, foram adicionadas novas funcionalidades nas adaptações a partir do modelo inicial. Entre essas novas funcionalidades, é importante destacar a realização da anotação automatizada da ontologia e a melhoria semântica de conteúdos a serem disponibilizados por sites na web. As adaptações realizadas são específicas para

o enriquecimento semântico de imagens e links nos sites disponíveis na web.

O modelo final concebido foi chamado de @dapt++. A partir desse modelo, será realizada a adaptação da página web, que tem como foco enriquecer semanticamente os elementos disponíveis nos sites, bem como melhorar a distribuição do conteúdo disponibilizado. Desse modo, as informações constantes na ontologia são utilizadas para enriquecer semanticamente a página web, tornando-a mais acessíveis aos deficientes visuais. Essas informações são extraídas da própria página web e em outras fontes disponíveis.

Figura 1 – Cenário de Utilização do Modelo@dapt++



Fonte: elaborado pelos autores.

Existem vários aspectos que devem ser avaliados no contexto de adaptação de sites. Questões como a melhor localização onde a adaptação pode ser realizada (*proxy*, servidor ou cliente) e se a adaptação será automática ou semiautomática devem ser melhor investigadas, no sentido

de avaliar as possibilidades de adaptação de sistemas web. Também é importante verificar se o contexto ou as preferências do usuário devem ser considerados na adaptação a ser realizada (KOPF *et al.*, 2009).

Com relação à tecnologia a ser utilizada, torna-se imprescindível compreender também as melhorias no HTML5 (W3C, 2017) e no CSS3 (W3C, 2001), que podem ser utilizadas na adaptação de sites, visto que essas tecnologias permitem a utilização da semântica, possibilitando o enriquecimento semântico dos elementos disponíveis na página web.

A maior parte das páginas web possui em seu conteúdo informações importantes para melhor descrever os elementos constantes na página (imagens, links, vídeos e formulários). Utilizar essas informações de forma estruturada para enriquecer os elementos disponíveis no site potencializará a compreensão desses elementos pelos deficientes visuais. Nessa perspectiva, é importante compreender como realizar a extração de informações relevantes da página web para melhorar a acessibilidade e realizar a anotação desses dados de forma automatizada na ontologia.

Uma das principais dificuldades relatadas pelos deficientes visuais é a organização inconsistente do conteúdo, o que dificulta a compreensão do site por esse público (POWER *et al.*, 2012). Nesse aspecto, também são relatadas dificuldades por conta de a arquitetura do site ser muito complexa. Por exemplo, é necessário efetuar muitos cliques para se cumprir determinada tarefa.

Nesse contexto, é importante investigar formas para melhorar semanticamente o conteúdo disponibilizado

no site, de maneira que, na adaptação, essas melhorias sejam contempladas. Ademais, é relevante realizar uma distribuição otimizada dos conteúdos na página web, potencializando a compreensão da página pelos deficientes visuais.

2

ESTADO DA ARTE

Os conceitos de acessibilidade, web semântica e adaptação de sites são de fundamental importância para a adaptação neste modelo semântico. Sendo assim, buscamos definir cada um deles.

2.1 ACESSIBILIDADE

A acessibilidade constitui um princípio fundamental no desenvolvimento de websites, pois tem como foco potencializar a compreensão do conteúdo disponibilizado nos sites na web para deficientes visuais.

Observando-se a definição presente no dicionário, segundo Bueno (2000), acessibilidade é “facilidade na aproximação, no trato ou na obtenção”. A partir desse conceito, percebe-se que o conceito de acessibilidade envolve facilitação do consumo ou obtenção de algo que é almejado pelo indivíduo.

Contextualizando na área de Informática, precisamente com relação à web, , tem-se o conceito de acessibilidade na web, que, segundo o site Acessibilidade Brasil (ACESSIBILIDADE BRASIL, 2014):

Representa para o nosso usuário não só o direito de acessar a rede de informações, mas também o direito de eliminação de barreiras arquitetônicas, de disponibilidade de comunicação, de acesso físico, de equipamentos e programas adequados, de conteúdo e apresentação da informação em formatos alternativos.

Essa definição complementa o conceito generalista encontrado no dicionário, reforçando que, além do acesso ao conteúdo, é necessário que a informação seja mostrada em formatos alternativos. Isso porque os usuários são diferentes e cada um consome a informação de forma única, de acordo com as suas necessidades e potencialidades.

Nesse contexto, conceitua-se *Tecnologia Assistiva* como todos os recursos e serviços que contribuem para proporcionar ou ampliar habilidades funcionais de pessoas com deficiência, com o objetivo de promover a independência e a inclusão dessas pessoas (BERSCH, 2013).

É importante destacar a necessidade da utilização de tecnologias assistivas, no sentido de ter equipamentos e softwares adequados à utilização dos usuários com necessidades especiais. Nessa perspectiva, considera-se o modelo proposto como uma tecnologia assistiva, visto que se trata de um software para melhorar a acessibilidade na web.

Conforto e Santarosa (2002), quando tratam de acessibilidade na web, dizem que:

[...] a acessibilidade à *Internet* normalmente aponta para um potencial de participação de milhões de sujeitos com

necessidades especiais, contudo, projetos acessíveis podem beneficiar usuários sem infraestrutura de comunicação ou em ambiente com características que não lhes são favoráveis. Existem muitas situações em que os recursos disponíveis nos sites da *Internet* não são acessíveis a todos os usuários. Reforçando a ideia de que a acessibilidade irá melhorar a utilização de todos os usuários na *Internet*, não apenas aqueles que possuem necessidades especiais. A ideia de beneficiar a todos os usuários, independente de seus interesses individuais, sejam estas necessidades especiais ou não, adequa-se com a filosofia de utilização da *Internet*, no sentido de ser uma rede aberta e democrática, disponível para todos independente das especificidades de cada um.

Atualmente, a web é um recurso muito importante para a inclusão social. Assim, o conceito de acessibilidade na web torna-se de fundamental importância, uma vez que constitui principal ferramenta de trabalho e aquisição de conhecimento, comunicação e socialização nos dias atuais.

Percebe-se que melhorar a acessibilidade de sites beneficia todos os usuários. Para pessoas com deficiência, torna a utilização dos sites possível e, para pessoas sem deficiência, a acessibilidade torna mais fácil a utilização e compreensão das informações. Com relação a isso, Lima (2011) destaca que:

Diversas ferramentas oportunizam ao homem contemporâneo uma efetiva participação em espaços virtuais. No entanto, nem todas as pessoas têm possibilidade de acessar os recursos de *hardware* ou *software* que o mundo digital oferece, devido a limitações, que podem ser motoras, visuais, auditivas, mentais ou físicas.

Isso ocorre, em geral, em virtude do *software* ou mesmo do *hardware* serem desenvolvidos com base unicamente no padrão da pessoa não deficiente. Além disso, as ferramentas utilizadas para o desenvolvimento de sistemas e *sites*, geralmente, não são suficientemente acessíveis, o que dificulta ou impossibilita aos indivíduos com deficiência darem a sua contribuição para a *web*.

Na maioria dos casos de desenvolvimento de sites, não são utilizados elementos necessários para tornar o site acessível aos diversos tipos de deficiência, pois o perfil considerado, quase sempre, é o da pessoa não deficiente. Dessa forma, é razoável supor que a maior parte dos sites não é acessível, principalmente para os deficientes visuais. É importante destacar a necessidade de considerar os requisitos de acessibilidade desde o planejamento de software e equipamentos.

Diante dessa necessidade, é importante destacar a evolução nas discussões e padronizações a respeito dessa questão nos últimos anos.

O tema acessibilidade se tornou mais importante nas últimas décadas. Na década de 80, o termo “pessoa

deficiente” começou a ser utilizado, destacando uma maior atenção às deficiências e às necessidades especiais dos indivíduos (NUNES, 2002).

Diversos países criaram leis específicas para garantir o acesso das pessoas que possuem necessidades especiais. Essas leis preveem a melhoria das estruturas físicas, construção de prédios acessíveis, com rampas, elevadores, disponibilização de informações em Braille e efeitos sonoros para permitir a inclusão das pessoas com diversas deficiências.

Com relação à acessibilidade na web, que é o foco deste estudo, leis específicas foram criadas para que os sites institucionais, em diversos países, utilizassem os padrões de acessibilidade e recomendações criadas com o objetivo de torná-los mais acessíveis.

No Brasil, em 02/12/2004, foi criado o Decreto de número 5.296, que estabeleceu que os sites da administração pública deveriam se tornar acessíveis no prazo de 12 meses. Esse decreto representa um marco para a acessibilidade no Brasil, pois, pela primeira vez, houve uma determinação legal no sentido de observar-se a necessidade de tornar os sites governamentais acessíveis (FREIRE; CASTRO; FORTES, 2009).

A partir do decreto, criou-se um comitê da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT (ABNT, 2014), que teve como meta comparar as diretrizes de acessibilidade de diversos países e também as recomendações do W3C. Dessa forma, foi criado o Modelo de Acessibilidade de Governo Eletrônico (e-Mag) (DEPARTAMENTO DE GOVERNO ELETRÔNICO, 2014), com o objetivo de padronizar a acessibilidade de sites no Brasil. Já na versão e-Mag 3.1, esse modelo é referência para desenvolvimento de sites institucionais bra-

sileiros. Outro marco, no Brasil, aconteceu com a emissão da Portaria de no 3/2007, que institucionalizou o e-Mag.

Em Portugal, os direitos das pessoas com necessidades especiais foram inicialmente definidos na Constituição da República Portuguesa, no artigo 71, em 1976.

A partir do ano de 1997, houve diversas iniciativas no sentido de discutir o tema da acessibilidade para pessoas com deficiência e, principalmente, sobre a importância das tecnologias de informação e a acessibilidade na web.

Como resultados das discussões, foi elaborada uma recomendação sobre acessibilidade e encaminhada ao governo no ano de 1999. Essa recomendação foi aprovada na Assembleia da República. A partir da aprovação, foram geradas várias resoluções no sentido de levar em consideração as necessidades especiais dos usuários para acessibilidade de sites web. Nesse aspecto, destaca-se a Resolução do Conselho de Ministros N.º 97/99. Portugal tornou-se o primeiro país Europeu e o quarto a nível mundial a regulamentar as regras de acessibilidade para sites da administração pública direta e indireta (NUNES, 2002).

Outro marco importante foi a Resolução do Conselho de Ministros N.º 91/2012, em que as orientações do WCAG 2.0 (W3C, 2008b), definidas pelo W3C, foram explicitamente especificadas na legislação como padrão de acessibilidade a ser seguido por sites na web (UNIDADE ACESSO DA FCT, 2017).

Outros países também definiram padrões próprios: nos Estados Unidos da América é utilizado o Section 508 (U.S. GOVERNMENT AND FEDERAL, 2018), e, desde junho de

2001 existem leis que exigem a utilização desse padrão para a acessibilidade na web.

2.1.1 PADRÕES DE ACESSIBILIDADE

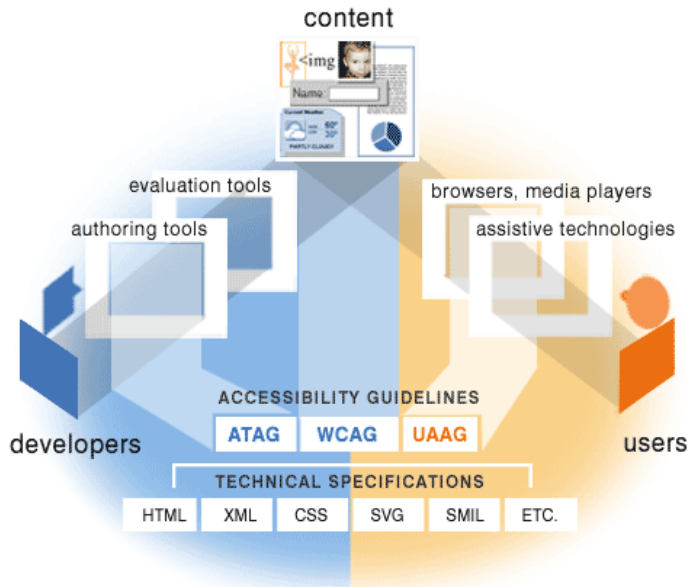
O *World Wide web Consortium* (W3C) foi criado por Tim Berners-Lee, em outubro de 1994. É um consórcio internacional, formado por empresas, instituições públicas e organizações não governamentais. Seu objetivo é desenvolver padrões e diretrizes para o crescimento da web em longo prazo. Atualmente, compõe-se de mais de 477 membros (W3C, 2018a).

A acessibilidade está entre os principais pontos de discussão desse consórcio. No sentido de criar padrões para a acessibilidade na web, o W3C criou, em 1999, o *web Accessibility Initiative* (WAI) (W3C, 2018c), com o objetivo de definir recomendações a serem seguidas pelos desenvolvedores web para a criação de sites acessíveis.

Nas orientações sobre acessibilidade discutidas pelo WAI, foram definidos os componentes essenciais para a acessibilidade na web. O entendimento desses elementos que fazem parte da estrutura da web é essencial para perceber como as orientações de acessibilidade devem ser seguidas em cada aspecto da web.

A figura a seguir apresenta esses componentes, e como eles se relacionam, e as orientações para cada aspecto na web.

Figura 2



Fonte: (W3C-WAI, 2018)

O WAI possui padrões para diferentes aspectos para a acessibilidade na web. Conforme apresentado na figura, as orientações para a acessibilidade são definidas de acordo com os diferentes componentes apresentados.

Os componentes essenciais são:

Conteúdo: Compreende toda informação disponibilizada em uma página ou aplicação web. Estão incluídos elementos como textos, imagens, sons e vídeos. Também inclui o código utilizado para a estruturação da página e para a apresentação do conteúdo.

Agentes do usuário: Navegadores, extensões de navegadores e outro software utilizado pelo usuário para renderizar a página web.

Tecnologia Assistiva: Recursos de hardware e software, que podem ser utilizados pelo usuário para ampliar a sua capacidade de entendimento e utilização das páginas web, como leitores de tela e teclados alternativos.

Usuários: Utilizadores das páginas web, com seu próprio conhecimento, experiência e estratégias.

Desenvolvedores: *Designers*, programadores e autores de conteúdo para web.

Software de Autoria: Produtos de Software criados para o desenvolvimento de sites e páginas web.

Ferramentas de Validação: Software utilizado para fazer a avaliação da acessibilidade das páginas web.

Os desenvolvedores utilizam as ferramentas de autoria e validação para criar o conteúdo a ser disponibilizado na web. Usuários utilizam os agentes de usuários (por exemplo: *browsers*) e tecnologias assistivas para interagir e consumir o conteúdo disponibilizado.

A tabela a seguir mostra as principais orientações e os aspectos em que devem ser utilizadas.

Diante de todas essas orientações propostas pelo W3C e pensando na acessibilidade em conteúdos disponibilizados nas páginas web, destaca-se o WCAG (W3C, 2008b), que tem como objetivo orientar sobre como criar conteúdos acessíveis.

Tabela 6 – Conjunto de Orientações para a Acessibilidade W3C

CONJUNTO DE ORIENTAÇÕES	COMPONENTES	OBSERVAÇÕES
web Content Accessibility Guidelines (WCAG)	Desenvolvedores de conteúdo para web, Softwares de Autoria e Ferramentas de Validação.	Aborda a parte do conteúdo a ser disponibilizado na web.
Authoring Tool Accessibility Guidelines (ATAG)	Software de Autoria	São orientações que explicam como fazer as próprias ferramentas de autoria acessíveis, para que possam ser utilizadas por usuários deficientes. E também orientam aos desenvolvedores a criar conteúdo mais acessível.
User Agent Accessibility Guidelines (UAAG)	Agentes de Usuário e alguns aspectos das Tecnologias Assistivas	São orientações para desenvolver Agentes de Usuários acessíveis.

Fonte: (W3C-WAI, 2018)

Nesse sentido, o primeiro resultado desse grupo de trabalho foi a WCAG 1.0. A primeira versão desse conjunto de recomendações compreende catorze orientações e sessenta e cinco *checkpoints*. Cada *checkpoint* possui uma prioridade associada.

Foram definidas três prioridades, que estão detalhadas na tabela a seguir, cujos aspectos descritos com prio-

ridade 1 são os mais importantes, seguindo-se os de prioridade 2 e 3.

Em 2008, foi divulgada a WCAG 2.0 (W3C, 2008b), com o objetivo de ampliar a WCAG 1.0, contemplando maiores problemas de acessibilidade de sites. Essa nova versão é formada de doze orientações e essas orientações são organizadas em quatro princípios. Para cada orientação, existem critérios de sucesso (SC). Esses critérios de sucesso são importantes para definir o nível de conformidade de uma página web com relação às recomendações do WCAG 2.0. Cada critério de sucesso está associado a um nível de conformidade.

Tabela 7 – Prioridades definidas pelo WCAG

PRIORIDADE	DESCRIÇÃO
1	Pontos que os criadores de conteúdo para <i>web</i> <u>devem</u> satisfazer inteiramente. Caso as diretrizes de prioridade 1 não sejam satisfeitas, <u>impossibilitará</u> o acesso ao conteúdo a um ou mais grupos de usuários.
2	Pontos que os criadores de conteúdo para <i>web</i> <u>deveriam</u> satisfazer inteiramente. No caso da prioridade 2 se as diretrizes não forem satisfeitas, <u>dificultará</u> o acesso ao conteúdo a um ou mais grupos de usuários.
3	Pontos que os criadores de conteúdo para <i>web</i> <u>podem</u> satisfazer inteiramente. Caso não sejam satisfeitas, <u>podem-se-á dificultar</u> o acesso ao conteúdo a um ou mais grupos de usuários.

Fonte: (W3C, 2008b)

Para um melhor entendimento das orientações, pode-se destacar, como exemplo, a primeira orientação da tabela a seguir:

Tabela 8 – Exemplo da definição de uma orientação no WCAG 2.0

<p>Princípio: 1. Perceptível.</p> <p>Orientação: 1.1 Prover uma alternativa textual para os elementos não textuais.</p> <p>Critério de Sucesso: 1.1.1 Conteúdo não textual.</p> <p>Nível: A</p>

Fonte: elaborado pelos autores.

Um conceito fundamental para o entendimento das orientações do WCAG 2.0 são os quatro princípios definidos, que também são importantes para o modelo proposto neste estudo. São princípios-chave que devem nortear o desenvolvimento das páginas web e a apresentação dos conteúdos disponibilizados. Embora pareçam bastante básicos, verifica-se que ainda não são plenamente conhecidos e nem seguidos.

A tabela a seguir explica os quatro princípios definidos pelo WCAG 2.0.

Segundo a definição do WCAG 2.0, o princípio perceptível indica que a informação e os componentes de interface devem ser apresentados aos usuários de forma que eles possam perceber, independente de suas limitações. O princípio operável indica que os componentes de interface e a navegação devem ser operáveis, mesmo com as necessidades especiais de cada usuário. Ser compreensível indica

que os usuários devem conseguir entender o conteúdo e a interface disponibilizada na página web. Por último, o princípio robusto indica que o conteúdo deve ser consistente o suficiente para que possa ser interpretado por uma ampla variedade de agentes do usuário, incluindo as tecnologias assistivas, como os leitores de tela (W3C, 2008b).

Tabela 9 – Princípios definidos no WCAG 2.0

PRINCÍPIOS	ORIENTAÇÕES
1 - Perceptível	Indica que a interface e o conteúdo disponibilizado nos sites devem ser apresentados de forma que todos os usuários possam perceber.
2 - Operável	Significa que a interface não pode exigir uma interação que o usuário não possa executar.
3 - Compreensível	Significa que os usuários devem ser capazes de compreender o conteúdo disponibilizado, bem como o funcionamento da interface de usuário.
4 - Robusto	Indica que o conteúdo tem de ser robusto o suficiente para que possa ser interpretado de forma confiável por uma ampla variedade de tecnologias de apoio, incluindo os leitores de tela.

Fonte: (W3C, 2008b)

Dessa maneira, as orientações do WCAG 2.0 estão organizadas de modo que cada orientação está associada a um princípio e também possui critérios de sucesso, que é uma técnica ou combinação de técnicas que podem ser utilizadas para cumprir cada orientação. Os níveis de conformidade são utilizados para avaliar se

as páginas estão em conformidade com as orientações do WCAG 2.0. Os níveis de conformidade são detalhados na tabela a seguir.

As recomendações definidas pela WAI estão consolidadas internacionalmente e são sempre utilizadas como referência quando se trata de acessibilidade para web.

Tabela 10 – Níveis de conformidade com as orientações do WCAG 2.0

NÍVEL DE CONFORMIDADE	DEFINIÇÕES
A	O nível A é o mínimo aceitável para que uma página web esteja em conformidade com as recomendações da WCAG 2.0. Indica que a página satisfaz todos os critérios de sucesso associados ao nível A.
AA	Indica que a página web satisfaz todos os critérios de sucesso associados ao nível A e ao nível AA.
AAA	O nível de conformidade AAA indica que a página satisfaz todos os critérios de sucesso, associados aos três níveis de conformidade, A, AA e AAA.

Fonte: elaborado pelos autores.

No Brasil, houve a iniciativa de criar um conjunto próprio de recomendações, o Modelo de Acessibilidade em Governo Eletrônico (e-Mag), mas que teve como base as recomendações do W3C.

O e-Mag estabelece oito diretrizes e cada diretriz possui um conjunto de recomendações. As diretrizes são apresentadas na tabela a seguir:

Tabela 11 – Diretrizes do Modelo de Acessibilidade em Governo Eletrônico (e-Mag)

DIRETRIZ	DESCRIÇÃO
1	Forneça alternativas equivalentes para o conteúdo gráfico e sonoro.
2	Assegure-se de que seu sítio seja legível e compreensível mesmo sem o uso de formatações.
3	Dê preferência às tecnologias de marcação e formatação.
4	Assegure-se de que toda a informação seja interpretada corretamente, com clareza e simplicidade.
5	Assegure-se de que as tecnologias utilizadas funcionem - de maneira acessível - independentes de programas, versões e futuras mudanças.
6	Assegure sempre o controle do usuário sobre a navegação no sítio.
7	Identifique claramente quais são os mecanismos de navegação.
8	Em casos não contemplados nas diretrizes anteriores, utilize sempre recursos reconhecidos, por instituições com propriedade no assunto, como tecnologias acessíveis.

Fonte: elaborado pelos autores.

2.1.2 TECNOLOGIAS ASSISTIVAS

As tecnologias assistivas podem ser entendidas como um auxílio que promoverá a ampliação de uma habilidade funcional deficitária por conta de uma deficiência ou por conta do envelhecimento. Esse auxílio pode se dar através de equipamentos, software, práticas concebidas ou estratégias que permitam minorar os problemas funcionais dos indivíduos com deficiência (BERSCH, 2013).

As tecnologias assistivas existentes auxiliam as pessoas deficientes em diversos aspectos da vida, desde as questões de vida diária e prática, mobilidade, comunicação e esportes. Diante de todas as categorias, são destacadas as de acessibilidade ao computador, especificamente as de acessibilidade na web para deficientes visuais.

Nesse sentido, as técnicas baseadas em software consistem de programas sintetizadores de voz, leitores de tela e *talking browsers* (SEMAAN *et al.*, 2013). É importante destacar que os leitores de tela (*screen readers*) são softwares que realizam a leitura de todos os softwares que estão sendo utilizados no computador. Por outro lado, os *talking browsers* (TEXTHELP, 2015) apenas realizam a leitura das páginas web que estão sendo utilizadas pelo usuário.

Os deficientes visuais acessam os sites na web por meio de softwares leitores de tela e sintetizadores de voz, que fazem a leitura de toda a página web, gerando um áudio referente aos elementos que a página contém. Quando um deficiente visual abre a página web, o software leitor de tela realiza a leitura do documento web. Dessa forma, é feita a narração do texto da página.

A navegação pela web a partir de um leitor de tela é, por natureza, realizada de forma sequencial, enquanto que a web oferece conteúdo em paralelo e cada vez mais não sequencial (RAUFI *et al.*, 2015).

Segundo Leporini e Paternò (2008), os principais problemas que afetam a acessibilidade para usuários com problemas visuais na web são:

a) Falta de Contexto da Página: Os usuários tendem a perder o contexto global da página web quando rea-

lizam a leitura através de um leitor de tela, considerando que eles visitam e fazem a leitura de pequenas frações do texto. Por exemplo, um usuário que navega através de atalhos de link a link, em busca de uma determinada informação, não terá acesso ao conteúdo disponibilizado entre um link e outro.

b) Sobrecarga de informação: O processo de realizar a leitura sequencial da página *web* através do leitor de tela pode gerar uma sobrecarga de informação devido à leitura sequencial excessiva, pois existem, na maior parte das páginas, muitos elementos estáticos disponíveis.

Com relação aos softwares de leitores de tela, pode-se destacar o *Job Access With Speech* (JAWS) e o *NonVisual Desktop Access* (NVDA) como os principais leitores de tela utilizados atualmente. O JAWS é um software proprietário, mais utilizado pelos deficientes visuais – aproximadamente 71% dos deficientes visuais o utilizam (VIGO; HARPER, 2013). O NVDA é um software livre (NV, 2018). Esses dois leitores de tela são os mais utilizados pelas pessoas com deficiência visual (BALAJI; KUPPUSAMY, 2017).

Usuários cegos geralmente não utilizam o *mouse* para navegar, eles utilizam o teclado, que possui teclas de atalho específicas para a operação de leitores de tela. A partir das teclas de atalho, o usuário pode navegar na página, deslocando-se diretamente para os elementos desejados na página *web*, como tabelas, cabeçalhos ou parágrafos. Isso acontece desde que a página *web* tenha sido desenvolvida utilizando-se as estruturas HTML, ou seja, as tags adequadas.

Os pacotes de software para leitores de tela têm evoluído bastante nos últimos anos, permitindo aos usuá-

rios deficientes visuais ter acesso a mais elementos da página web. Mas essa leitura ainda é limitada, pois se baseia apenas na sintaxe da página, isto é, nos códigos que são utilizados para a construção das páginas.

Nesse sentido, utilizando as tags HTML, linguagem de marcação utilizada na construção das páginas web, o desenvolvedor pode incluir, além do texto da página, descrições para os demais elementos presentes no documento web, como tabelas, imagens e links. Essas descrições são importantes, pois também são lidas pelo software leitor de tela e permitem que os elementos fiquem acessíveis aos deficientes visuais.

2.13 PERCEPÇÃO DE ACESSIBILIDADE

O conceito de acessibilidade (do latim *accessibile*) indica aquilo que se pode atingir, alcançar ou obter facilmente, o que é compreensível (NUNES, 2002). No contexto da acessibilidade na web, é importante diferenciar esses diferentes aspectos do conceito referido, isto é, a dimensão do alcançar ou obter facilmente, e a do que é compreensível.

O primeiro aspecto refere-se ao sentido de “atingir, alcançar ou obter facilmente”, e está associado ao ato de acessar o elemento disponível na página. Então envolve a operação da página pelo usuário para consumir esse conteúdo disponível.

O segundo aspecto, por sua vez, relaciona-se à compreensão por parte do usuário. Significa que está associado ao fato de o conteúdo estar adaptado suficientemente para

que o usuário com necessidades especiais possa percebê-lo em sua totalidade.

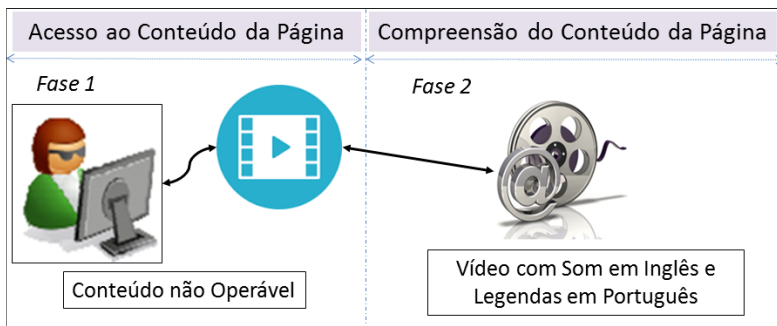
A primeira dificuldade acontece quando o deficiente visual está utilizando uma página web e não consegue ter acesso ao conteúdo disponível. Pode ocorrer devido a alguma dificuldade do usuário em saber onde deve clicar ou como navegar nesse meio de forma a chegar ao conteúdo desejado. Ou seja, de forma prática, trata-se da dificuldade de conseguir identificar, através do software leitor de tela, os elementos que existem na página: por exemplo, onde clicar para ter acesso aos conteúdos (vídeos, imagens e demais elementos) ou o que deve ser preenchido nos formulários. Outro exemplo prático desse problema que acontece em alguns casos envolve o botão de *Play* dos vídeos, isso porque muitas vezes não fica claro para o deficiente visual em qual local da tela ele deve clicar para consumir esse vídeo. Assim, essa uma dificuldade relacionada com a operação da página web.

A segunda dificuldade acontece no momento em que o usuário já conseguiu acesso ao conteúdo desejado, mas não conseguiu realizar seu consumo efetivo. Ou seja, indica a obtenção de um conteúdo incompreensível. Isso pode acontecer por diversos motivos: são os casos em que determinada imagem não possui audiodescrição ou determinado vídeo que está disponível na página web não possui som, apenas uma legenda. Também pode acontecer de o som estar em um idioma que o usuário não consegue compreender, impossibilitando, dessa forma, a assimilação do conteúdo por ele.

A figura a seguir apresenta a utilização da web por um usuário deficiente visual, que fala e compreende apenas

o idioma português, e que, muitas vezes, se depara com as duas dificuldades já citadas. A Fase 1 representa o acesso ao site, especialmente a dificuldade em obter o conteúdo, ou seja, trata-se da operação da interface de modo que o vídeo possa ser iniciado. A segunda dificuldade, destacada na Fase 2, indica a apresentação de um conteúdo que não está acessível ao deficiente visual, que é um vídeo com o som em inglês e a legenda em português. Dessa maneira, o usuário deficiente visual terá acesso apenas ao som em inglês. Caso ele não consiga entender este idioma, não terá uma compreensão plena do conteúdo disponibilizado na página web.

Figura 2: Representação dos problemas de acessibilidade na web



Fonte: elaborado pelos autores

A figura ilustra a aplicação dos quatro princípios-chaves definidos pela WCAG 2.0 em uma situação prática. Nesse caso, percebe-se que nenhum dos quatro princípios recomendados pelo W3C está sendo seguido.

Na Fase 1, uma vez que, inicialmente, o usuário não sabe o que fazer no site para consumir o vídeo, o princípio

perceptível é violado, visto que o site exige do usuário uma interação que ele não pode executar devido às suas necessidades especiais. No exemplo, o fato de o vídeo só iniciar a partir de uma interação do mouse, o segundo princípio, que é ser operável, está sendo violado.

Na Fase 2, quando o vídeo é acessado, mas a legenda apresenta-se em português e o som em inglês, o princípio de ser compreensível não está sendo seguido, visto que esse conteúdo não é entendível pelo usuário. Nesse sentido, o vídeo poderia ser mostrado em um formato alternativo, por exemplo, com uma audiodescrição do vídeo em português. O princípio robusto está sendo desconsiderado no momento em que, mesmo utilizando alguma tecnologia assistiva, como um leitor de tela, o usuário não consegue compreender todo o conteúdo disponibilizado no site.

De forma geral, esses princípios deveriam ser considerados no desenvolvimento das páginas web para uma melhor acessibilidade.

Para cada um dos quatro princípios, existem orientações definidas e critérios de sucesso que podem ser avaliados para verificar se determinada página web está em conformidade (W3C, 2008b). Essa avaliação pode ser feita com o uso de ferramentas automáticas, que consideram as recomendações definidas pelo W3C para verificar a conformidade da página e identificar o quanto a página web está acessível.

A validação das páginas web também pode ser feita por uma revisão direta manual. Os métodos automáticos geralmente são mais rápidos, mas não conseguem identificar todos os aspectos da acessibilidade. A validação feita por usuários avalia maiores detalhes, como a clareza da lingua-

gem e a facilidade da navegação (CONFORTO; SANTAROSA, 2002).

Embora os padrões definidos para a acessibilidade indiquem recomendações a serem seguidas pelos sites, poucos websites utilizam essas recomendações. Desse modo, dificultam a utilização desses sites pelas tecnologias assistivas, prejudicando o entendimento por parte dos usuários deficientes visuais (SEMAAN *et al.*, 2013).

Muitos problemas também existem devido ao *layout* complexo das páginas e ao conteúdo muito dinâmico. Buzzi *et al.* (2010) destacam que a maior dificuldade para o deficiente visual concerne ao fato de as páginas serem atualizadas dinamicamente. Como os leitores de tela não identificam essas atualizações, para perceber que algo foi adicionado na página, é necessário realizar a leitura da página de forma sequencial. Isso torna a experiência na web algo demorado e pouco positivo para os usuários que dependem dos leitores de tela.

A primeira dificuldade pode ser resolvida, ou, ao menos minimizada, observando-se os padrões recomendados para o desenvolvimento de páginas web. Ademais, devem-se utilizar melhor os recursos apresentados pela linguagem HTML no que tange à inclusão de descrições adicionais e à identificação correta do idioma da página web. Deve-se, enfim, melhorar os aspectos sintáticos que estão disponíveis na construção dessa ferramenta. Com relação à segunda dificuldade citada, uma das formas de tornar o conteúdo acessível ao usuário deficiente visual – que é foco da discussão daqui empreendida – é a utilização de tecnologias semânticas para adaptar as páginas web.

Embora essas páginas utilizem elementos visuais, o significado, o conteúdo a ser passado, deve ser mais compreensível e ir além da forma como é disponibilizado. É nesse sentido que se situa a proposta do modelo @dapt.

2.1.4 AVALIAÇÃO DA ACESSIBILIDADE DOS SITES

Atualmente, a validação da acessibilidade dos sites pode ser feita de forma manual, através da utilização da página por usuários com o objetivo de verificar se o conteúdo da página está acessível e se a navegação da página web está adequada.

Outra forma de validação da acessibilidade dos sites é através de softwares especializados, que verificam se a página web está de acordo com os padrões recomendados pelo W3C.

Diversos softwares podem ser utilizados para a verificação automatizada dos sites, como exemplo, pode-se destacar o software daSilva (DASILVA, 2014), que foi o primeiro validador de acessibilidade em português. Outros exemplos são o software Hera (SIDAR, 2013), TAW (CTIC, 2018) e o Cynthia Says (INC, 2015).

A validação das páginas web, feita de forma automatizada, realiza a avaliação sintática da página. Esses softwares realizam a avaliação do documento HTML da página web, verificando se os elementos utilizados satisfazem as recomendações do W3C. Na grande parte dos validadores, é possível configurar qual recomendação deve ser verificada, WCAG 1.0, WCAG 2.0, EMAG ou Section 508.

Dessa forma, o resultado da avaliação mostra o quanto a página segue os padrões recomendados e também aponta os erros que precisam ser corrigidos.

Mas o fato de a página ser considerada acessível por esses softwares de avaliação não significa que ela é acessível em sua totalidade, pois podem existir dificuldades no entendimento do conteúdo disponibilizado. Tais dificuldades não são identificadas pela validação automatizada, sendo recomendada a união das duas técnicas, a revisão direta manual e a utilização de ferramentas automáticas (CONFORTO; SANTAROSA, 2002).

2.2 WEB SEMÂNTICA

A necessidade de compartilhar informações motivou a criação, crescimento e popularização da web, que hoje representa grande fonte de pesquisa e compartilhamento de informações nas diversas áreas do conhecimento. Mas o que antes representava uma solução para o compartilhamento de informações que eram limitadas, atualmente representa uma dificuldade, pois com a popularização da web, a quantidade de informações disponibilizadas aumentou muito. Com esse crescimento, existe um desafio, que é encontrar as informações relevantes para o interesse do usuário de forma eficaz (JIRKOVSKÝ; JELÍNEK, 2010).

Visualizando esse problema, Tim Berners Lee propôs a ideia de web Semântica (BERNERS-LEE; HENDLER, 2002). Esse conceito é uma extensão da web atual, em que os documentos disponibilizados sejam autodescritíveis. Desse modo, seu conteúdo pode ser compreendido por pro-

gramas, ou seja, componentes de software, os quais raciocinam, inferem e fazem avaliações sobre esses documentos. Isso permite que se ajude os usuários nas tarefas de recuperação de informações, tomada de decisões e pesquisas diversas, possibilitando que a informação relevante seja recuperada eficientemente.

Nessa perspectiva, Marcondes e Campos (2008) destacam que o principal papel da web Semântica é trazer estrutura ao conteúdo das páginas web, criando um ambiente em que os componentes de software automaticamente navegando de página em página, e poderão desenvolver tarefas sofisticadas para os usuários. Dessa forma, esses componentes de software devem ser utilizados em conjunto com as ontologias, que são os repositórios de conhecimento.

2.2.1 ONTOLOGIAS

Diante do contexto de web semântica, é importante destacar o conceito de ontologia. Originário do grego *ontos* e *logos*, traduzindo para o português significam, respectivamente, ser e palavra, o que representa o conhecimento do ser. Inicialmente utilizado pela área da filosofia, o conceito de ontologia representa o estudo do ser, de suas características e de suas condições de existência e da natureza do ser (MARCONDES; CAMPOS, 2008; PALMEIRA, 2011).

Na área da Ciência da Computação, ontologias foram utilizadas, inicialmente, no âmbito da Inteligência Artificial, em meados dos anos 90, para representar, utilizando uma linguagem declarativa, o conhecimento de um

domínio específico. Assim, as ontologias surgiram e se difundiram, sendo estudadas e utilizadas atualmente nas diversas áreas do conhecimento. Existem grupos específicos nesse meio que estão criando e utilizando ontologias, com o objetivo de compartilhar informações sobre um domínio específico.

Conceitos voltados para a web semântica abordam que “uma ontologia é uma especificação formal e explícita de uma conceitualização compartilhada” (BORST *et al.*, 1996).

Destaca-se a necessidade de essa linguagem, ou forma de representar o conhecimento, ser processável por máquinas e utilizada por sistemas automatizados, o que seria um dos principais desafios à web semântica.

Nesse sentido, a definição estabelecida por Marcondes (2008), caracteriza a ontologia como uma conceitualização parcial de um domínio de conhecimento, que pode ser compartilhada por uma comunidade de usuários, e que precisa ser definida em linguagem formal, processável por máquina, para o objetivo explícito de compartilhar informação semântica entre sistemas automatizados (MARCONDES; CAMPOS, 2008).

Palmeira (2011) reforça que os termos *conceitualização*, *formal*, *explícita* e *compartilhada* estão presentes e requerem um maior detalhamento. Nesse âmbito, *conceitualização* refere-se a um modelo abstrato de algum fenômeno do mundo real; *formal* significa que a especificação deve seguir algum formalismo, seguindo uma linguagem legível por sistemas de software; *explícita* quer dizer que conceitos, propriedades, relações, restrições e axiomas são

explicitamente definidos, e *compartilhado* indica um conhecimento consensual de um domínio.

Uma ontologia é formada pelos seguintes componentes básicos:

Classes: podem ser definidas como a representação de um conceito.

Relacionamentos: representam as interações, ou relações, entre os conceitos.

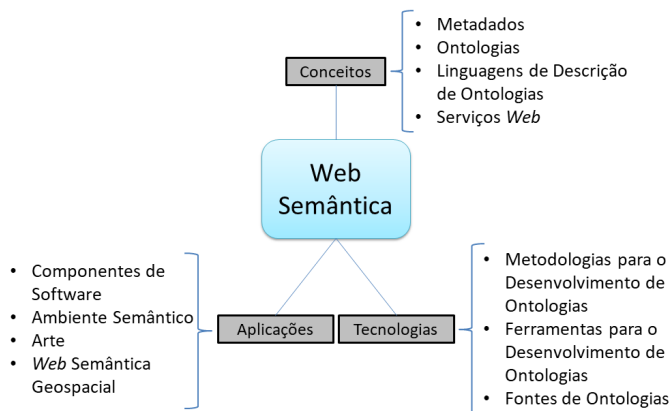
Axiomas: são as sentenças verdadeiras.

Instâncias: também podem ser chamadas de indivíduos, indicam os objetos que pertencem à ontologia.

A partir do conhecimento desses componentes, é possível construir as ontologias de domínio, que são foco neste estudo .

Nessa direção, para que a web semântica seja implementada, são necessárias linguagens e estruturas que possam ser utilizadas para descrever formalmente os dados, que possam ser utilizados pelos componentes de software, principalmente nos mecanismos de indexação e busca de conteúdo na web. A figura a seguir mostra os conceitos, tecnologias e aplicações que estão fortemente relacionadas com a web semântica. Nesse contexto, destaca-se a utilização das ontologias e dos componentes de software.

Figura 3 – Web Semântica e Tecnologias



Fonte: Adaptado de (BREITMAN; CASANOVA; TRUSZKOWSKI, 2007)

Segundo Borst *et al.* (1996), uma ideia importante para apoiar a aquisição de conhecimento é prover componentes reutilizáveis de conhecimento. Esses componentes são bibliotecas que podem prover a reutilização do conhecimento, que são as ontologias. Essas ontologias disponibilizadas permitem o compartilhamento da informação e a gestão do conhecimento.

Nesse contexto, unindo os conceitos de componentes de softwares e ontologias apresentados anteriormente – que formam partes importantes da web semântica – Breitman, Casanova e Truskowski (2007) destacam que esses componentes são os serviços web que permitem a interoperabilidade entre os diversos sistemas existentes. Utilizados em conjunto com as ontologias, que são os componentes reutilizáveis de conhecimento, possivelmente irão contribuir para melhorar a recuperação de informações, as buscas e as indexações na web. A partir dessa ideia, o mode-

lo proposto possui um repositório de conhecimentos, que é a ontologia, e também componentes de software, que são implementados como web services.

Com relação às linguagens, para a descrição das ontologias, muitas foram apresentadas, entre elas a *Web Ontology Language* (OWL) (W3C, 2013), proposta e recomendada pelo W3C em fevereiro de 2004. A OWL é uma linguagem baseada em XML (W3C, 2016b), RDF (W3C, 2018b) e RDF-Schema (W3C, 2014) e é uma extensão do RDF.

Tabela 12 – Estrutura do Documento em web Ontology Language (OWL)

```
<rdf:Description rdf:about="http://aridus.uern.br/accessib/Som">  
  <rdf:type rdf:resource="http://www.w3.org/2002/07/owl#Class"/>  
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="http://aridus.uern.br/accessib/Dispositivo"/>  
  <owl:disjointWith rdf:resource="http://aridus.uern.br/accessib/Teclado"/>  
</rdf:Description>
```

Fonte: elaborado pelos autores

A tabela acima mostra a definição de uma classe com a estrutura de um documento OWL, para a definição da Classe Som.

De forma geral, a evolução das ferramentas que dão suporte ao desenvolvimento de ontologias e a utilização da web semântica estão evoluindo e permitindo uma maior popularização e avanço na utilização das tecnologias semânticas (CENA *et al.*, 2013).

A web semântica tem sido amplamente utilizada nos últimos anos. Nesse sentido, diversos trabalhos têm criado ontologias que podem ser reutilizadas e que servem de repositório em variadas áreas do conhecimento.

2.2.2 UTILIZAÇÃO DE ONTOLOGIAS

Visando dar suporte aos repositórios de conceituação compartilhada, diversas ontologias foram criadas.

Nesse aspecto, o trabalho de Zakraoui e Zagler (2010) tem como objetivo melhorar a acessibilidade. Propõe, assim, uma ontologia para representar o contexto do usuário. Ele considera informações sobre a saúde do usuário e as condições do local onde ele está utilizando o sistema. A respeito do contexto, questões como a luminosidade natural do ambiente onde o usuário se encontra podem ser anotadas, para que o dispositivo utilizado pelo usuário possa se adaptar a esse tipo de ambiente, por exemplo, aumentando ou diminuindo o brilho da tela.

Proposta por Costa *et al.* (2013), a ontologia PerSoN possui como principal objetivo prover a recomendação de conteúdo para os usuários, basendo-se em um perfil de usuário semântico. A ontologia representa um perfil de usuário enriquecido, incluindo informações sobre os usuários, as deficiências e as informações das redes sociais que o usuário utiliza.

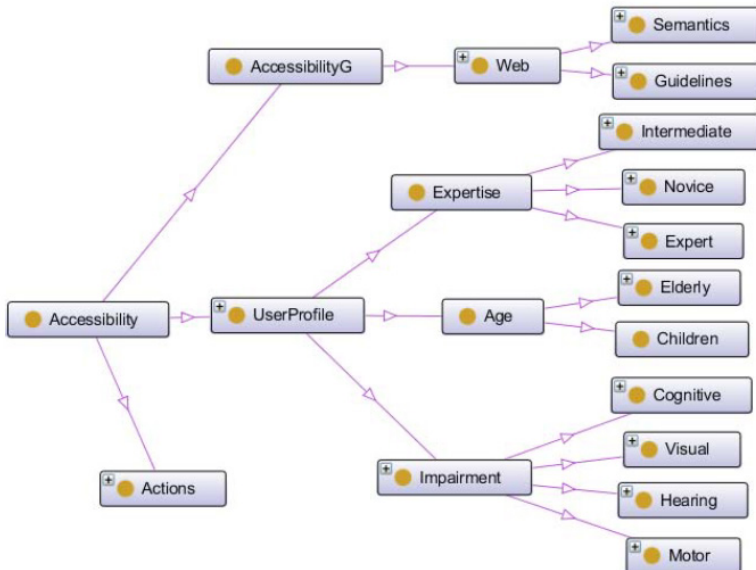
A ontologia SEMA4A, proposta por Onirati (2013), possui como principal objetivo adaptar notificações em situações de emergência, usando conceitos de acessibilidade e usabilidade. Nesse contexto, a ontologia é a representação de um domínio que apoia um sistema de comunicação de alerta em situações de emergência, adaptando essa comunicação aos usuários de acordo com suas necessidades, ou seja, para que se tenha uma comunicação eficiente nesses momentos de emergência, é imprescindível que a notifica-

ção seja adaptada ao perfil dos usuários com necessidades especiais.

Para ilustrar essa situação, pode-se citar a vibração de um celular para um usuário deficiente auditivo. Essa pode ser uma forma de alertá-lo sobre alguma emergência. Outro exemplo é o caso de um incêndio em um edifício: uma pessoa deficiente visual poder ser alertada através de sinais de áudio. Além disso, podem ser transmitidas informações que podem guiá-la a uma saída do local em situação de emergência.

A ontologia criada possui como domínio quatro fatores importantes para a proposta. São eles: acessibilidade, tecnologia, emergência e evacuação.

Figura 4 – Estrutura principal da classe Accessibility



Fonte: (ONIRATI, 2013)

A ontologia prevê a anotação dos dados sobre como os usuários devem ser notificados, considerando o equipamento que possuem para se comunicar, seu perfil, indicando as suas necessidades especiais e a necessidade de evacuação da região devido ao evento do tornado. O sistema envia informações para os usuários, aplicando os padrões de acessibilidade nos dados enviados.

Dessa forma, após a pesquisa na ontologia e a partir da sequência dos resultados inferidos da ontologia, os usuários receberiam um mapa que seu dispositivo converteria em Braille. A partir desse mapa, os usuários seriam informados sobre a melhor forma de deixar o local de emergência para uma situação de segurança.

Os exemplos apresentados mostram a utilização da web semântica na atualidade. A partir da criação de ontologias, que dão suporte ao desenvolvimento de aplicações, estas podem utilizar as informações processáveis, tornando a utilização da web mais produtiva para todos os usuários.

2.3 ADAPTAÇÃO DE SITES

Segundo Raufi *et al.* (2015), o conceito de adaptabilidade está relacionado ao processo de selecionar e apresentar o conteúdo de acordo com o interesse do usuário. Nesse sentido, o conceito de sistemas adaptativos refere-se ao processo de adaptar vários aspectos dos sistemas de acordo com as características do usuário.

Contextualizando no aspecto da acessibilidade, essas características estão relacionadas com as necessidades especiais do usuário. Essas adaptações devem levar em con-

sideração objetivos, preferências e conhecimento do usuário, pois, a partir dessas adaptações, pode-se melhorar a experiência de navegação dele.

Embora existam várias recomendações e técnicas para o desenvolvimento de páginas web acessíveis para deficientes visuais, ainda não existe um resultado satisfatório no sentido de as páginas serem totalmente acessíveis. Diante disso, torna-se necessário utilizar técnicas de adaptações específicas, a fim de alcançar uma melhoria adequada para deficientes visuais. Com base no comprometimento visual do usuário, soluções específicas podem ser utilizadas. Por exemplo, vários conteúdos podem ser coloridos, ampliados, invertidos ou apresentados de forma auditiva para que se tornem realmente acessíveis (RAUFI *et al.*, 2015).

Com relação às adaptações na web, existem vários níveis de adaptação. No primeiro nível, classificam-se duas técnicas de adaptação distintas: a primeira delas é chamada de Apresentação Adaptativa (*Adaptive Presentation*) e a segunda de Suporte Adaptativo de Navegação (*Adaptive Navigation Support*).

A principal ideia da Apresentação Adaptativa é adaptar o conteúdo de acordo com as características, conhecimentos e objetivos do usuário. A segunda técnica de adaptação, Suporte Adaptativo de Navegação, consiste em direcionar o usuário para informações importantes e relevantes, e está voltada principalmente para a adaptação dos links.

Nesse contexto, cinco técnicas de adaptação foram destacadas com o objetivo de melhorar a acessibilidade nas páginas web. Quatro técnicas são voltadas para a

Adaptação da Apresentação e uma é de Suporte Adaptativo à Navegação:

Apresentação Multimídia Adaptativa (*Adaptive Multimedia Presentation*): consiste em mostrar o conteúdo disponível nas páginas web de uma forma mais acessível. Por exemplo, a adaptação que pode ser realizada transformando ou modificando o tamanho das imagens.

Apresentação Multimídia Encapsulado (*Canned Multimedia Presentation*): consiste em remover, ocultar, desabilitar ou filtrar elementos multimídia baseados em padrões de navegação.

Apresentação Texto Encapsulado (*Canned Text Presentation*): envolve técnicas relacionadas com manipulação e transformação de fragmentos de textos da página web.

Adaptação da Modalidade (*Adaptation of Modality*): consiste na utilização de técnicas alternativas, principalmente não visuais, que facilitam a acessibilidade de conteúdo, incluindo sintetizadores de voz ou outras adaptações auditivas.

Serialização Adaptativa Auditiva de Links (*Adaptive Auditory Link Serialization*): consiste na utilização de técnicas, utilizando recursos auditivos, para tornar os links mais acessíveis. Por exemplo, a utilização de ícones sonoros.

As diversas técnicas existentes para a Apresentação Adaptativa foram resumidas e detalhadas por Brusilovsky, Kobsa e Vassileva (1998):

Inserção, remoção e alteração de fragmentos: consiste em inserir ou remover partes de informações da página, chamados de fragmentos, geralmente textos, de acordo com regras específicas. A alteração consiste em apresentar, de várias formas diferentes, o mesmo conteúdo.

Inserção, remoção e alteração de páginas: consiste na adaptação em diferentes aspectos das páginas web.

Complementação de Conteúdo (*Strechtexts*): é a técnica de mostrar um novo conteúdo para complementar um conteúdo já existente na página web.

Ordenação e Diminuição: consiste em ordenar os fragmentos da página para ressaltar o que é mais relevante e diminuir a relevância de elementos que não são tão importantes na página web, mas que o usuário pode visitar, caso tenha interesse.

As principais abordagens para Suporte Adaptativo de Navegação são:

Orientação direta: consiste em apresentar para o usuário um guia de navegação mais eficiente, de acordo com os seus objetivos.

Ordenação dos links: consiste em realizar uma reorganização dos links, de forma que os mais relevantes fiquem mais destacados na página, facilitando o acesso do usuário.

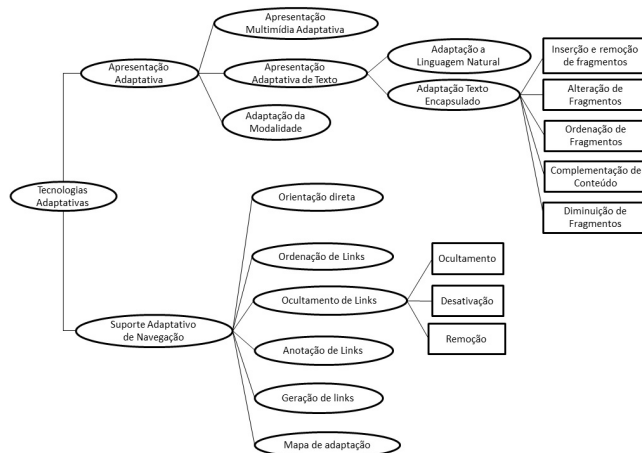
Manipulação dos links: inclui as possibilidades de remover, ocultar ou desabilitar um link na página.

Anotação dos links: consiste em enriquecer os links com informações adicionais a respeito do significado ou de como as informações serão mostradas a partir do acesso ao link.

Geração de links: consiste na criação de relacionamentos entre páginas e fragmentos de páginas, gerando novos links que não existiam anteriormente.

Mapa de adaptação: representa uma reorganização do conteúdo ou da estrutura de links de uma página que foi adaptada.

Figura 5 –Tipos de Adaptações para acessibilidade na web



Fonte: adaptado de Brusilovsky, Kobsa e Vassileva (1998)

É importante retomar os dois problemas de acessibilidade, uma vez que o primeiro problema destacado trata das dificuldades de o usuário em operar a página web, e o segundo refere-se à compreensão do conteúdo que está disponibilizado na página web. As adaptações propostas neste modelo têm como objetivo minimizar essas duas dificuldades identificadas pelos usuários deficientes visuais.

Dessa forma, é relevante relacionar essas duas situações com as técnicas de adaptações citadas: a primeira delas trata do trabalho com o conteúdo para que ele seja acessível, e a segunda trata da navegação da página, que também engloba o acesso aos elementos que estão disponibilizados na página web.

Nesse sentido, a proposta deste trabalho é utilizar as referidas técnicas de adaptação de páginas web, detalhadas nesta seção, para suprir as duas dificuldades apre-

sentadas e melhorar a acessibilidade das páginas web para deficientes visuais.

Com relação ao desenvolvimento de sistemas de adaptação, existem outros fatores que devem ser observados. Desse modo, Kopf *et al.* (2009) reforçam que é necessário avaliar os diversos aspectos sobre como serão desenvolvidos os sistemas para prover essas adaptações. São ressaltados os seguintes fatores:

Localização onde a adaptação deve ser realizada:

com relação à localização da adaptação, pode ser realizada no cliente, no servidor ou em um *proxy*. Fatores como desempenho da aplicação, complexidade da arquitetura e o consumo de energia, dependendo do dispositivo utilizado como cliente, são questões cruciais que permeiam a realização da adaptação de sistemas. A adaptação feita no servidor pode causar problemas de desempenho, caso um número muito grande de clientes esteja utilizando. A adaptação baseada em *proxy* pode resolver estas desvantagens, mas geralmente aumenta a complexidade da arquitetura. A adaptação baseada no cliente, pode se tornar limitada, devido a potência da CPU, requisitos de memória e consumo de energia. Nesta pesquisa, optamos por realizar a adaptação no servidor, por ser mais adequada aos requisitos do sistema implementado.

Adaptação em tempo real: a adaptação pode ser realizada no momento do acesso do usuário à página, ou podem ser armazenadas versões predefinidas no servidor. No caso de adaptação de páginas web, podem-se armazenar metadados adicionais que descrevem o conteúdo semântico das imagens e utilizá-los no momento de adaptar o site.

As preferências e o contexto do usuário: a utilização das preferências e do contexto do usuário pode enriquecer a adaptação a ser realizada em um site. Mas a utilização desses fatores aumenta a complexidade da adaptação a ser realizada. Nesse sentido, privacidade e segurança são fatores que devem ser avaliados.

Adaptação semiautomática: a adaptação pode ser automática, que funciona sem a intervenção do usuário, ou semiautomática, que suporta a intervenção do usuário final.

Diversos trabalhos têm investigado formas de adaptar páginas web. Listamos, a seguir, alguns dos mais relevantes.

O trabalho de Kopf *et al.* (2009) apresenta uma proposta que realiza adaptações para dispositivos móveis, que utilizam telas menores.

No trabalho de Nebeling *et al.* (2011), foi proposto um modelo de *layout* adaptável para apresentação de conteúdo web em telas grandes (*large-screen*). A adaptação proposta foi feita através de uma aplicação que utiliza os novos padrões de HTML5 e CSS3 e transforma o *layout* do site para que tenha uma melhor visualização nesses tipos de dispositivos.

O trabalho proposto por Lai (2013) consiste em adaptar as tabelas disponibilizadas em páginas web, transformando-as em uma estrutura de links em vários níveis, com vistas a melhorar a acessibilidade dos sites.

Esses trabalhos mostram que as estratégias de adaptação estão sendo utilizadas de forma ampla, especificamente na adaptação de páginas web.

3

TRABALHOS RELACIONADOS

Para conhecermos melhor os trabalhos que utilizam os três conceitos que fundamentam essa proposta – Acessibilidade, Web Semântica e Adaptação – foi realizada uma pesquisa bibliográfica na base de dados do *ACM Digital Library*. A pesquisa feita com os três conceitos resultou em nove trabalhos. Desses nove trabalhos, foi adicionado um filtro com relação à data de publicação. Foram considerados os artigos publicados entre os anos de 2010 e 2017. Como resultado da investigação, oito trabalhos foram selecionados. Além destes, foram adicionadas mais cinco propostas. Estas guardam similaridades e relacionam-se com o estudo aqui empreendido no sentido de apresentar modelos de adaptação para prover a acessibilidade.

Observa-se que os trabalhos possuem objetivos diferentes. O foco das pesquisas aqui detalhadas se classifica em três abordagens: propostas de melhorias de buscas na web, serviços de personalização e modelos de adaptação.

A primeira seção deste capítulo apresenta os trabalhos relacionados que possuem como foco as propostas de melhorias de buscas na web e os serviços de personalização. A segunda seção trata dos trabalhos relacionados, que são modelos de adaptação para web. A terceira seção apresenta uma análise comparativa dos modelos de adap-

tação apresentados e que mais se assemelham com nossa proposta.

3.1 SISTEMAS DE PERSONALIZAÇÃO E DE BUSCAS NA WEB

Esta seção apresenta os trabalhos que possuem como foco propostas de sistemas de personalização e também trabalhos que propõem melhorias para buscas na web, utilizando os conceitos de acessibilidade, web semântica e adaptação.

3.1.1 RECUPERAÇÃO DE INFORMAÇÕES EM BUSCAS NA WEB

A respeito das buscas na *web* e também da dificuldade de retornar resultados que sejam adequados à necessidade dos usuários, Raufi *et al.* (2016) propuseram um sistema que permite a realização de buscas que retornem um grande volume de dados. Esse trabalho apresenta uma abordagem híbrida, formada por um *crawler* focado, conceitos de web semântica e técnicas de adaptação.

De acordo com essa abordagem híbrida, o *crawler* focado permite uma busca direcionada de documentos e a semântica é utilizada para adicionar informações a esses documentos.

A aplicação possui quatro módulos, o primeiro deles é responsável pela extração dos dados sobre a navegação do usuário. Esses dados são armazenados no segundo módulo, que representa a camada de conhecimento do usuá-

rio. O terceiro módulo é a ontologia, em que os documentos extraídos são anotados, e o último módulo trata do motor de raciocínio, que processa todos os documentos e faz a classificação deles.

A ontologia utilizada possui informações sobre o usuário, sobre as preferências e também sobre o conteúdo pesquisado. Após a busca, utilizando o *crawler* focado, cada item relevante retornado é anotado como indivíduo na ontologia.

Após o preenchimento da ontologia, é realizado um processo de raciocínio na ontologia, que tem como objetivo especificar dois tipos de situações diferenciadas, os visitantes novatos e os visitantes experientes. Isso porque as preferências e o perfil de navegação para essas duas situações são diferenciados. Os usuários visitantes novatos navegam de forma aleatória, enquanto os usuários mais experientes tendem a realizar buscas mais específicas. Os padrões de navegação dos usuários são registrados e utilizados como recomendação nas próximas utilizações.

O resultado dos testes mostrou que documentos relevantes e que refletem as intenções dos usuários foram recuperados pelo sistema, comprovando a eficiência da abordagem.

3.1.2 LINKED DATA E SOCIAL WEB

A respeito de personalização e recomendação na Web Social, Orlandi *et al.* (2013) propuseram uma abordagem para mensurar e avaliar um sistema de recomendação na rede social *Twitter*.

O trabalho destaca o problema de sobrecarga de informações no consumo de dados sociais. Nesse sentido, o objetivo da proposta é que a personalização seja utilizada para que o usuário tenha uma adaptação com recomendações que reflitam as suas preferências e interesses atuais, tornando a navegação na web uma experiência mais relevante. Para prover a personalização, torna-se necessário que a aplicação compute o quanto cada entidade é relevante para cada usuário.

Inicialmente, foi proposta uma aplicação que realiza a personalização e recomendação na rede social *Twitter*. Um dos objetivos é recomendar perfis de usuários associados aos interesses do usuário utilizador. Para cumprir tal objetivo, a abordagem utiliza os perfis dos usuários registrados nas redes sociais que definem os interesses dos usuários.

Baseando-se nessa aplicação inicial, foi desenvolvida uma metodologia para mensurar o desempenho da aplicação em um cenário real. Os resultados dos testes da abordagem mostram que o método é eficiente e supera outras abordagens semelhantes para recomendação em redes sociais.

3.1.3 PERSPECTIVAS EM ADAPTAÇÃO SEMÂNTICA NA WEB SOCIAL

A respeito de adaptações semânticas em redes sociais, *Cena et al.* (2013) realizam um relato sobre pesquisas recentes a respeito de Web Semântica e Redes Sociais. Nesse artigo, são detalhadas duas propostas que abordam

esses dois temas no contexto de busca de informações relevantes em redes sociais. Nesse sentido, é reforçado que as redes sociais são caracterizadas pela explosão de conteúdo gerado pelos usuários. Como o volume de dados cresce exponencialmente, torna-se uma tarefa difícil para os usuários buscar informações. Nesse contexto, a utilização de filtros de informação personalizados e sistemas de recomendação permite aos usuários uma utilização mais eficiente desses sistemas. Esses tópicos se tornaram pesquisas ativas nos últimos anos.

No primeiro artigo analisado, Biancalana *et al.* (2013) propõem uma extensão das consultas, que utiliza matrizes tridimensionais incluindo as classes semânticas como uma das dimensões. A ideia inicial é categorizar as necessidades e preferências dos usuários em classes semânticas. Essa abordagem é utilizada na proposta de melhorias para buscas em redes sociais. O resultado dos testes demonstra que o desempenho das buscas no contexto das redes sociais foi melhorado utilizando essa abordagem.

No segundo artigo analisado, Chen *et al.* (2013) propõem uma abordagem para recuperar objetos multimídia na web, integrando modelos baseados em conteúdos e dados semânticos. É proposto o algoritmo Análise de Correspondência Múltipla (MCA), que realiza a identificação de relações entre os elementos e os conceitos semânticos. Os resultados dos testes realizados mostram que a utilização do algoritmo melhora o desempenho das buscas.

3.1.4 TREINAMENTO DE MULHERES ARTESÃS EM PAÍSES DE TERCEIRO MUNDO

Em Monfort e Khemaja (2013), é proposta uma abordagem baseada em ontologias que apoia a realização de treinamentos sobre aspectos culturais e sociais para mulheres artesãs em países de terceiro mundo.

O processo de treinamento consiste em várias etapas. Inicialmente, ocorre a preparação dos questionários para as entrevistas. Depois da realização das entrevistas, é realizada a avaliação do perfil das mulheres. Posteriormente, as mulheres participam de um programa motivacional. Após essa etapa, é definida uma estratégia de treinamento individual, o grupo de líderes é escolhido e a estratégia de transporte é definida.

Várias ontologias foram utilizadas nessa investigação, as quais possuem informações a respeito do perfil do usuário e da comunidade, além de dados sobre o contexto, questões técnicas, sociais e profissionais.

Como prova de conceito da abordagem, foram implementadas as ontologias e um motor de raciocínio para apoiar as decisões mais relevantes no processo de treinamento. Dessa forma, as informações são utilizadas para responder a questionamentos com relação ao perfil das mulheres e a questões sobre a motivação e sobre qual a melhor estratégia de treinamento para cada perfil.

3.1.5 WEB DAS COISAS PARA ACESSIBILIDADE

A respeito da Web das Coisas, Torre e Celik (2015) propõem um sistema adaptativo baseado na *web of things*. Na abordagem proposta, são utilizadas ontologias para integrar dados heterogêneos, como preferências dos usuários, requerimentos de acessibilidade e objetos físicos.

No cenário de utilização apresentado, os usuários com necessidades especiais estão em um supermercado. É citado o caso de uma usuária com um grau de deficiência visual elevado. Por conta da deficiência, ela é impedida de ler pequenas descrições e de ver pequenos objetos.

Essa usuária deve ter um *smartphone* com um aplicativo específico que a auxilia a se locomover na loja e realizar as suas compras. Essa aplicação pode conter a lista de compras necessárias para a usuária, assim como suas preferências, o histórico de compras e necessidades especiais. A aplicação permite que a usuária interaja com os produtos da loja, através de etiquetas com *Radio Frequency Identification* (RFID) ou códigos *Quick Response* (QR) que os produtos devem conter indicando informações sobre os detalhes dos produtos, preços, ingredientes e instruções para o uso de cada produto.

A aplicação funciona lendo essas instruções presentes em cada produto e permitindo que o usuário possa acessar um site que possui informações sobre produtos similares, enriquecendo, assim, a informação original.

O diferencial dessa proposta é que as informações lidas a partir das etiquetas dos produtos são adaptadas às

necessidades dos usuários. É citado o exemplo de uma pessoa que tem um problema alérgico, então a aplicação já filtra as informações dos produtos, apresentando-lhe as substâncias que este contém. A aplicação também faz comparações com produtos adquiridos anteriormente e, caso o usuário decida comprar o produto, a aplicação retira o item da lista de compras.

Essa abordagem pode ser utilizada em diversos ambientes, como casas inteligentes, lojas de aparelhos eletrônicos e bibliotecas.

A sua principal contribuição é poder gerenciar e adaptar as informações dos produtos às necessidades especiais dos usuários. Dessa maneira, a partir da virtualização de objetos reais, torna-se possível prover a inclusão de pessoas com necessidades especiais em tarefas cotidianas.

3.1.6 GERENCIAMENTO DO CONHECIMENTO ATRAVÉS DA SEMÂNTICA

A respeito do armazenamento de dados, a proposta de De Virgilio *et al.* (2011) apresenta uma aplicação chamada NYAYA, que realiza o gerenciamento de grandes bases de dados através da web semântica.

A aplicação provê um ambiente para a construção de repositórios persistentes de dados semânticos, chamados de *Semantic Data Kiosks*. Esses repositórios são populados através da importação de arquivos RDFs e também dos dados que são inseridos pelos usuários. Nesses repositórios, é possível a realização de consultas e

também é utilizado um motor de raciocínio no gerenciamento dos dados.

Foi realizado um experimento para a validação dessa aplicação, no qual ela foi comparada com outras duas propostas semelhantes. Nesse experimento, as aplicações foram avaliadas em três aspectos: carregamento de dados, consultas e raciocínio e manutenção de dados. A aplicação NYAYA obteve resultados relevantes nos aspectos avaliados, apresentando eficiência no gerenciamento de grandes bases de dados.

3.1.7 RESUMO DOS TRABALHOS DE ADAPTAÇÃO E DE BUSCAS NA WEB

Alguns trabalhos detalhados apresentam como foco a recuperação de informações na web, outros tratam a personalização de sistemas e os demais possuem o foco em adaptar os sistemas para a acessibilidade. A tabela a seguir apresenta um resumo dos trabalhos relacionados que possuem como foco a melhoria das buscas e os sistemas de personalização.

Tabela 13 – Resumo dos Trabalhos Relacionados com foco em Buscas e Personalização

AUTOR / ANO	FOCO DO TRABALHO	TÉCNOLOGIAS UTILIZADAS
(Raufi et al., 2016)	Realização de buscas com grande volume de dados	Crawler Focado, web Semântica e Técnicas de Adaptação

AUTOR / ANO	FOCO DO TRABALHO	TÉCNOLOGIAS UTILIZADAS
<p>(Orlandi et al., 2013) where content fits their preferences, background and current interests, making the Web more social and relevant. Current techniques analyse user activities on social media systems and collect structured or unstructured sets of entities representing users' interests. These sets of entities, or user profiles of interest, are often missing the semantics of the entities in terms of: (i</p>	<p>Avaliação de um sistema de recomendação para a rede social Twitter</p>	<p>web Semântica, especificamente Linked Open Data (LOD)</p>
<p>(Cena et al., 2013) (Biancalana et al., 2013) (Chen et al., 2013)</p>	<p>Busca de informações em Redes Sociais</p>	<p>Consultas utilizando web semântica, especificamente classes semânticas.</p>
<p>(Monfort and Khemaja, 2013)</p>	<p>Treinamento para mulheres artesãs em países de terceiro mundo</p>	<p>Web Semântica, especificamente, ontologias e motor de raciocínio semântico</p>

AUTOR / ANO	FOCO DO TRABALHO	TÉCNOLOGIAS UTILIZADAS
(Torre and Celik, 2015)	Sistema que provê acessibilidade no contexto Web of Things	RFID e códigos QR, web semântica, especificamente ontologias
(De Virgilio et al., 2011)	Gerenciamento de grandes bases de dados	Consultas em arquivos RDF e motor de raciocínio.

Fonte: elaborado pelos autores

3.2 MODELOS DE ADAPTAÇÃO PARA WEB

Esta seção apresenta os trabalhos que são modelos de adaptação para web e que utilizam os conceitos de acessibilidade, web semântica e adaptação. Esses trabalhos guardam mais similaridades com a proposta desta pesquisa, que também apresenta um modelo de adaptação para web.

3.2.1 COMBINAÇÃO DE MÉTODOS PARA A EXTRAÇÃO DE INFORMAÇÕES

O trabalho de Jirkovský e Jelínek (2010) trata do problema de ter um grande volume de informações disponíveis na web e reforça a necessidade de que o acesso às informações deve ser facilitado através das máquinas. Para tal objetivo, torna-se necessário que as informações sejam processáveis e compreensíveis pelas máquinas.

Nesse sentido, é proposta uma metodologia para a extração de informações das páginas, em que está contida a maior parte das informações disponibilizadas na web. A abordagem de extração proposta se baseia em três métodos: o primeiro deles é a posição da informação na página; o segundo é o contexto, utilizado para identificar as informações mais relevantes da página, e o terceiro é o visual, em que, através da avaliação da estrutura HTML, é possível identificar a relação entre os elementos da página.

Cada um desses métodos possui vantagens e desvantagens; no entanto, a combinação dos três pode prover um resultado satisfatório na extração de informações das páginas web.

A primeira fase da extração das informações trata da parte visual. A página é processada por completo e ocorre a identificação do *layout* da página HTML, de forma a associar a relação entre os elementos disponibilizados nas páginas web. Nessa fase, o *layout* da página, ou parte desse *layout*, é mapeado em uma estrutura de dados em um algoritmo. Nessa etapa, é possível descartar as informações mais irrelevantes da página, como rodapés e *banners*, e se concentrar nas regiões mais importantes do *layout*.

A segunda fase da extração trata do conteúdo e do contexto das informações. Nesse estágio, o processamento feito na página tem como objetivo identificar o conteúdo disponível, e é utilizada uma estrutura de dados no formato de árvore para processar os elementos disponibilizados. A posição do elemento na página também é avaliada nesse processamento.

A proposta reforça que a utilização desses três métodos permite uma extração eficiente das entidades e informações presentes nas páginas web.

3.2.2 VINCULAÇÃO DINÂMICA E PERSONALIZAÇÃO NA WEB

A proposta de Şah, Hall e De Roure (2010) da aplicação SemWeB, que é uma extensão para o *browser* Mozilla Firefox.

A aplicação tem como objetivo auxiliar a navegação nas páginas web, utilizando conceitos de web semântica e de adaptação de hipermídia. O foco principal é realizar a criação de links dinâmicos e prover a personalização das páginas web para os usuários.

A arquitetura do sistema se divide em duas partes, o processamento do lado do servidor e o processamento do lado do cliente.

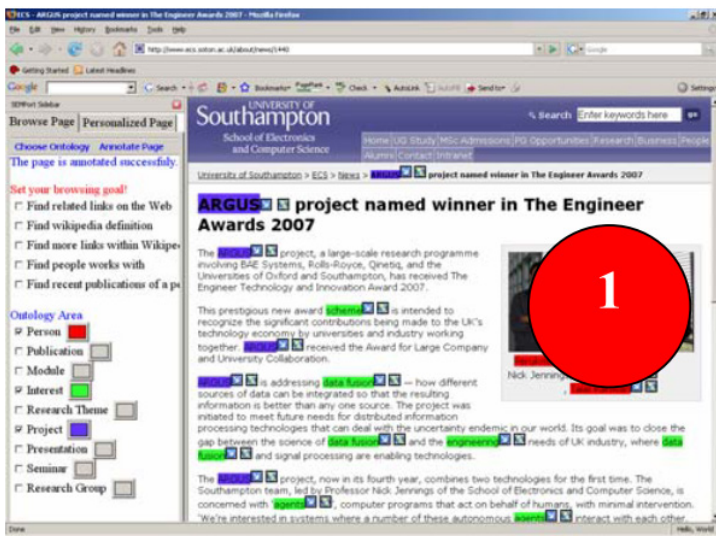
O lado do servidor contém as funcionalidades referentes à extração de informações, anotação semântica, criação de links e módulos de adaptação.

O lado do cliente consiste na utilização da aplicação, que é apresentada na forma de extensão do *browser* Mozilla Firefox.

O usuário inicia a utilização da aplicação no *browser*, a partir de uma barra lateral, que permite a utilização do SemWeB, e escolhe qual ontologia deseja utilizar na aplicação. O usuário pode fazer a anotação na ontologia escolhida. A página adaptada é apresentada ao usuário, com mais informações, através de links criados dinamicamente

e embutidos na página. A partir da navegação nesses links criados dinamicamente, o usuário pode acessar o conteúdo semântico que foi utilizado na adaptação das páginas. A partir do perfil do usuário que está registrado na aplicação, é possível realizar a personalização da página de acordo com as preferências dos usuários.

Figura 6 – Utilização do Sistema SemWeB



Fonte: Şah; Hall; De Roure (2010)

O usuário inicia a utilização da aplicação no *browser* a partir de uma barra lateral que permite a utilização do SemWeB, e escolhe qual ontologia deseja utilizar na aplicação. O usuário pode fazer a anotação na ontologia escolhida. A página adaptada é apresentada ao usuário, com mais informações através de links criados dinamicamente e embutidos na página. A partir da navegação nesses links, o usuá-

rio pode acessar o conteúdo semântico que foi utilizado na adaptação das páginas. Para a criação dos novos links na adaptação da página web, são consideradas as preferências de navegação dos usuários, dados sobre o histórico e comportamento nesses sítios eletrônicos, bem como sua experiência e seus interesses.

Para a validação da aplicação, foi realizado um experimento com DBpedia (DBPEDIA, 2018) e com a ontologia ECS (University of Southampton, 2018), que mostrou a eficiência da aplicação.

Um dos principais benefícios da abordagem é não utilizar apenas uma ontologia fixa; a aplicação consiste em uma abordagem ampla que suporta a utilização de diversas ontologias. Isso porque a partir da utilização da aplicação, o usuário pode escolher a ontologia que deseja utilizar.

A principal limitação do sistema é a credibilidade das informações que são extraídas de fontes externas, como DBpedia e a ontologia ECS. Outra limitação é o fato de depender do *browser* Mozilla Firefox para que a aplicação possa ser utilizada.

3.2.3 TRANSCODIFICADOR BASEADO EM ANOTAÇÕES

A proposta de Asakawa e Takagi (2000) é um transcodificador de páginas web, baseado em anotações.

Esse transcodificador é constituído de dois componentes, um para as anotações estruturais e o outro para *anotações comentários*.

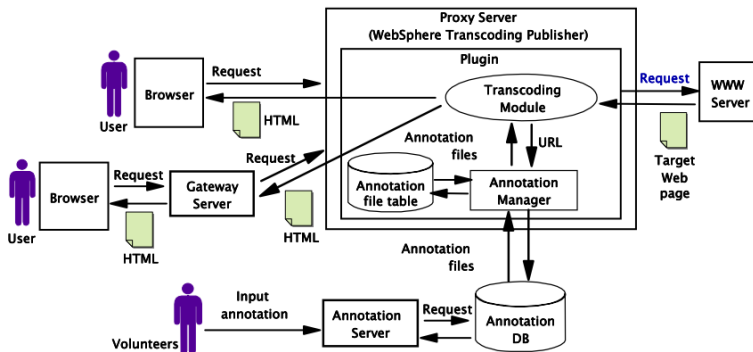
As anotações estruturais são utilizadas para registrar

os grupos de elementos visuais disponíveis na página, assim como a importância de cada grupo. As *anotações comentários* são utilizadas para prover uma descrição útil de cada grupo de elementos disponíveis na página. As anotações do tipo comentários são feitas sobre todos os elementos HTML, não apenas sobre imagens.

O transcodificador tem como objetivos reordenar os grupos de elementos da página web de acordo com a importância de cada grupo e atribuir descrições úteis para obter uma melhor descrição desses elementos.

Para cada grupo de elementos, é atribuído um valor que indica a importância do grupo na página. Quando a página transcodificada é apresentada, os grupos de maior importância são mostrados no início da página e os de menor importância são mostrados na parte inferior. Cada arquivo de anotações é específico para uma URL, porém URLs semelhantes podem compartilhar o mesmo conjunto de anotações.

Figura 7 –Arquitetura do Transcodificador Baseado em Anotações



Fonte: Asakawa; Takagi (2000)

O sistema utiliza tags próprias para anotar cada grupo de elementos da página web. O transcodificador coloca delimitadores nesses grupos de elementos e adiciona anotações como textos alternativos para as imagens que não são mostradas na página transcodificada.

Nesse sentido, a proposta pretende responder à seguinte pergunta de investigação: *“Como tornar a estrutura da página mais compreensível para deficientes visuais?”*. Para responder à questão, agrupam-se os elementos presentes na página e adicionam-se comentários a esses grupos, de forma a tornar a página mais compreensível quando for lida pelo software leitor de tela.

As anotações são realizadas por voluntários e são feitas por URL. Mas URLs semelhantes podem utilizar o mesmo conjunto de anotações. Caso as páginas originais não tenham alterações, os arquivos de anotações podem ser utilizados por um longo tempo. Esses dois aspectos são os principais benefícios dessa abordagem.

Percebe-se que a principal limitação dessa proposta é o fato de o perfil dos usuários não ser considerado na transcodificação. Dessa forma, o mesmo procedimento de transcodificação é utilizado para todos os usuários.

Também constitui uma limitação o fato de todas as anotações serem feitas de forma manual, pois muito tempo é investido para que o transcodificador possa ter as informações necessárias para melhorar a acessibilidade das páginas web.

3.2.4 SADIE

Em Bechhofer, Harper e Lunn (2006), é apresentada uma proposta para prover uma ontologia que descreve o significado dos elementos encontrados nas tags XHTML e associa com os dados encontrados em páginas web através de anotações em folhas de estilo CSS. O objetivo é que essas informações sejam interpretadas por ferramentas específicas para prover uma apresentação apropriada para o usuário.

Essa proposta não utiliza anotação de conteúdo de domínio, o que é um diferencial nesse trabalho. O enriquecimento semântico está relacionado com a apresentação do conteúdo e a estrutura do documento, ou seja, a anotação é feita utilizando os documentos CSS. O principal benefício do modelo é o fato de que, com a anotação de um arquivo CSS, é possível melhorar muitas páginas web que utilizam o mesmo arquivo, reutilizando o CSS.

A motivação principal do trabalho é suprir as necessidades dos deficientes visuais, mas também foca no benefício em potencial que existe em utilizar outros equipamentos que possuam telas menores, como os dispositivos móveis.

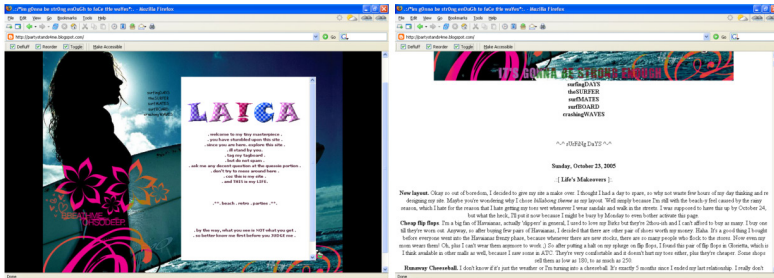
O trabalho compõe-se de uma ontologia que provê noções básicas e encapsulam o papel de cada elemento dentro da página web. Nesse sentido, cada elemento, por exemplo, *header* ou menu, podem ser classificados como *removableCSSComponent*, o que significa que tais elementos podem ser removidos sem impacto significativo nas informações disponíveis na página, bem como o sistema atribui uma prioridade aos elementos mais relevantes.

A ontologia é gerada de forma isolada para cada página web, e provê uma abstração dos elementos da página. Para as folhas de estilo CSS, são geradas extensões da ontologia com as características presentes no documento CSS.

A proposta foi implementada como uma extensão para o *browser* Mozilla e possui três funcionalidades. A primeira delas chama-se *De-Fluff*, que realiza a remoção dos elementos não significativos. A segunda funcionalidade, chamada de *ReOrder*, reordena a página, colocando as informações mais importantes no seu topo. E a terceira funcionalidade, a *Toggle Menu*, move os itens de menu mais importantes para o topo.

A partir da utilização da ferramenta, podem-se selecionar as transformações a serem feitas na página. A partir dessa seleção, a ontologia é consultada.

Figura 8 –Transcodificação de um Blog feita pela SADie



Fonte: Bechhofer, Harper e Lunn (2006)

A primeira imagem, à esquerda, representa a página web original e a segunda imagem, à direita, representa a página adaptada com as transformações realizadas pela

ferramenta. O exemplo apresentado tem como cenário a adaptação da página *blogger.com*.

Dessa maneira, todas as páginas criadas a partir dessa podem ser adaptadas utilizando a ontologia criada.

Nesse sentido, a ideia principal da ferramenta é enriquecer o arquivo CSS com anotações semânticas. E a partir das informações anotadas, realizar adaptações na página web utilizando a ferramenta SADle.

Para avaliar a viabilidade da proposta, foi realizada uma avaliação técnica da ferramenta. Para essa avaliação, foram definidas oito categorias de sites. Para cada categoria, cinco sites foram selecionados, totalizando o quantitativo de quarenta sites.

A ferramenta SADle foi aplicada em cada um dos sites e o resultado dessa avaliação mostra que, na maior parte dos casos em que o site avaliado utiliza o CSS, a transcodificação da página apresentou uma alta taxa de sucesso na realização das adaptações.

O principal ponto positivo da proposta é a possibilidade de reutilização da ontologia para realizar a transcodificação de todas as páginas que utilizam o mesmo documento CSS.

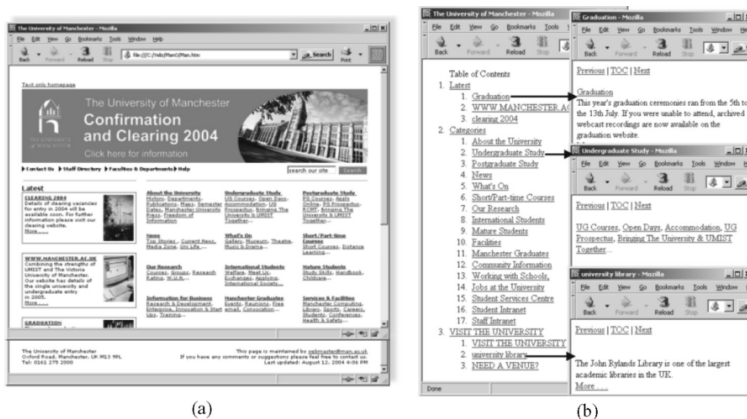
Como principais limitações dessa proposta, destacam-se três aspectos: o primeiro deles é o fato de as adaptações realizadas não considerarem o perfil do usuário, apenas os elementos contidos na página web. O segundo aspecto refere-se à adaptação proposta ser limitada ao documento CSS. Caso a página web não utilize um documento CSS, não é possível realizar as adaptações propostas. E o terceiro aspecto concerne à extensão da ontologia ser gerada manualmente.

3.2.5 DANTE

Em Yesilada *et al.* (2007), é proposta uma ferramenta semi-automatizada chamada Dante, que tem como objetivo analisar páginas web para extrair objetos de viagem, descobrir seus papéis e anotá-los com uma ontologia de domínio específico sobre viagens. Com base nas anotações realizadas, as páginas são transformadas para reforçar o apoio à mobilidade. Nesse aspecto, o objetivo geral é melhorar a acessibilidade para deficientes visuais em viagens.

Inicialmente, as páginas são analisadas e os elementos importantes são extraídos da página original. As páginas são fragmentadas fisicamente em páginas menores e estruturadas de forma mais simples, conforme apresenta a figura a seguir, que mostra a página da Universidade de Manchester (a) e a fragmentação (b) dessa mesma página.

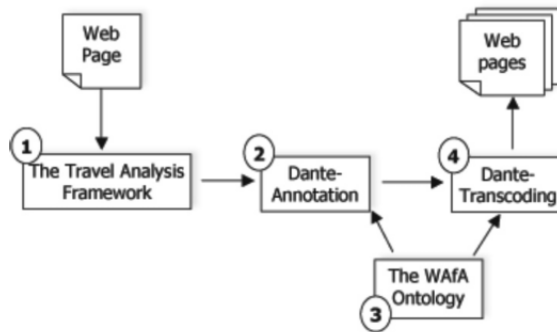
Figura 9 – Home Page da Universidade de Manchester e a fragmentação



Fonte: Yesilada *et al.* (2007)

A abordagem utilizada demonstra que as técnicas de anotação semântica da ontologia WAfA provêm informações suficientes para a refatoração automatizada de páginas de diversas formas para fazer com que os dados da viagem possam ser acessados mais facilmente por deficientes visuais.

Figura 10 -Arquitetura Básica do Dante



Fonte: Yesilada et al. (2007)

A figura acima mostra a arquitetura básica do Dante, apresentando os quatro componentes principais que foram desenvolvidos como uma ferramenta semiautomática. Os componentes possuem as seguintes funções:

Travel analysis framework: consiste em uma série de orientações e técnicas para analisar as páginas web e identificar objetos e suas regras que possam facilitar a compreensão dos usuários com relação à página;

Semantic annotation techniques: são técnicas que associam o conhecimento sobre os objetos da página com a ontologia WAfA;

WafA: ontologia utilizada pela proposta;

Transcoding techniques: refaz as páginas web com as anotações incluídas na ontologia.

A ontologia é anotada manualmente nessa proposta, embora estejam sendo pesquisadas formas automáticas de realizar essa anotação.

Essa ferramenta suporta uma série de técnicas de transcodificação e também novas técnicas podem ser adicionadas na ferramenta. Tais técnicas são agrupadas em duas séries. As primeiras delas são técnicas genéricas que focam na reformulação da página, por exemplo, a fragmentação da página. Nesse sentido, são utilizadas duas formas de fragmentação:

Fragmentação física: quando a página é fragmentada em partes mais simples e menores;

Fragmentação lógica: nesse caso, a página é fragmentada, de forma que uma tabela de conteúdos é incluída no início da página, o que permite ao usuário escolher entre as áreas da página.

A segunda série de técnicas é baseada em objetos específicos, por exemplo, o reposicionamento de objetos na página web.

A avaliação da ferramenta foi realizada por dez usuários. Destes, oito são deficientes visuais totais e dois parciais. A avaliação foi realizada considerando a hipótese de que, se os usuários completarem a mesma série de tarefas da página original na página transcodificada de forma mais eficiente e efetiva, considera-se que a transcodificação possui usabilidade e que melhora a mobilidade de deficientes visuais.

Durante a avaliação, os usuários deficientes visuais utilizaram leitores de tela e um dos usuários utilizou um ampliador de tela. O tempo de avaliação variou entre meia hora a nove horas por dia. Uma das tarefas realizadas foi uma pesquisa no site do Google, com uma página de resultado que foi fragmentada.

Os usuários que participaram da prova de conceito avaliaram que a página é mais fácil de navegar com a fragmentação. Nessa avaliação foi utilizada a técnica de fragmentação física.

A principal limitação dessa proposta é o fato de não utilizar os perfis de usuários para o processamento das páginas. Dessa forma, o mesmo procedimento é feito para usuários com diferentes necessidades.

3.2.6 ADVANCED BARRIER FREE BROWSER ACCESSIBILITY

A fim de melhorar a interpretação dos elementos da página *web*, o projeto *Advanced Barrier Free Browser Accessibility* (ABBA) (KRÜPL-SYPIEN *et al.*, 2011) tem como principal objetivo melhorar a estrutura do conteúdo disponibilizado na página *web* para facilitar o entendimento dos deficientes visuais quando ouvirem a leitura da página, realizada através dos softwares leitores de tela.

A proposta utiliza um Modelo Unificado de Documentos que permite a estruturação da página *web* segundo uma taxonomia de conceitos.

Nesse sentido, a proposta realiza a divisão da página *web* em blocos semânticos, de forma que esse documento

é enriquecido e melhor estruturado com uma taxonomia de conceitos. A ideia é que, a partir da leitura desse documento melhor estruturado, os deficientes visuais tenham um melhor entendimento da página através da existência de múltiplos caminhos de navegação.

Figura 11 – Exemplo de Definição de Múltiplos Caminhos de Navegação



Fonte: Krüpl-Sypien et al. (2011)

3.2.7 HELP ON-DEMAND SERVICES

A proposta de Skillen et al. (2014) apresenta um serviço de personalização para dispositivos móveis: o sistema utiliza tecnologias sensíveis ao contexto, para apoiar usuários deficientes visuais em viagens para países estrangeiros. A arquitetura do sistema possui quatro elementos:

Pervasive Environments: refere-se a vários ambientes inteligentes, que contêm sensores, objetos e comu-

nicação inteligente. Representa as diferentes situações em que o usuário pode utilizar o sistema;

User Profile Services: contém os modelos, perfis de usuários e estruturas de dados para prover a representação do usuário ou classes de usuários, em que, para cada indivíduo, estão registradas as competências, interesses e preferências correspondentes;

Personalisation Services: consiste em um conjunto de regras e uma máquina de raciocínio para habilitar inferências. O engenho de inferências recebe como entrada os perfis do usuário, o contexto e as solicitações de assistência dos usuários para decidir como os serviços *on Demand* devem responder a essas solicitações dos usuários deficientes visuais;

Help on Demand Services: contém vários serviços de apoio aos usuários, que podem ser utilizados para gerenciar atividades diárias como, por exemplo, lembretes de medicamentos ou assistência durante as viagens.

A modelagem do usuário é a parte central do sistema. Dessa forma, foi desenvolvida uma ontologia que contém informações sobre as condições de saúde do sujeito, suas preferências, localização e o formato em que o conteúdo deve ser entregue a ele. Por exemplo, se o usuário for cego, o conteúdo a ser entregue deve estar no formato de áudio. Essa informação sobre a preferência do usuário está anotada na ontologia.

Figura 12 – Utilização do Sistema Help on Demand



Fonte: Skillen et al. (2014).

Foi definida uma série de pré-condições que são inseridas na ontologia na forma de expressões lógicas, que são avaliadas como verdadeiras ou falsas. A partir da avaliação dessas condições, inferências são feitas e respostas são encaminhadas. Por exemplo, a partir da avaliação de uma condição, pode-se inferir qual o melhor formato para apresentar um serviço.

A figura apresenta a interface do sistema *Help on Demand*, em que, inicialmente, o usuário deve escolher uma opção de interação com o ambiente. Por exemplo, uma máquina de *tickets* ou uma máquina de informação para turistas. O *smartphone* se comunica com o objeto de assistência através da leitura de um *Near Field Communication* (NFC) ou de um código *Quick Response* (QR), em (a). A partir dessa interação, em (b), o sistema recebe as infor-

mações para que sejam adaptadas e apresentadas de acordo com as necessidades do usuário que estão registradas no seu perfil, anotadas na ontologia.

As informações apresentadas na figura, em (c), representam um cenário em que as informações estão adaptadas para uma usuária com problemas na visão, de forma que a usuária tem dificuldades na leitura de mapas. Dessa maneira, a informação sobre a localização do hotel foi adaptada e está sendo mostrada na tela de forma textual e com a fonte aumentada. Nessa situação, está anotado na ontologia que a preferência da usuária é de que a informação seja mostrada no formato textual.

No cenário apresentado na figura, em (d), o usuário precisa de orientações sobre como proceder para comprar um *ticket* em uma máquina de *tickets*. A informação é apresentada em um vídeo com *closed caption* em inglês e com o tamanho da letra aumentado. Esse formato está anotado na ontologia como preferência do usuário e o sistema faz a adaptação do conteúdo disponibilizado pela máquina de *tickets* para o formato de preferência do usuário. A aplicação foi testada utilizando os cenários apresentados.

O principal benefício dessa proposta é o fato de o sistema considerar as necessidades específicas e as preferências de cada sujeito para realizar as adaptações. Observa-se que a adaptação é diferente para cada pessoa. Nesse caso, a adaptação é feita respeitando-se a individualidade de cada um.

A principal limitação da proposta é o fato de não estar no escopo da ferramenta o atendimento aos usuários deficientes visuais totais.

3.2.8 RESUMO DOS MODELOS DE ADAPTAÇÃO PARA WEB

Os trabalhos discutidos nesta seção apresentam propostas de modelos para adaptação de sistemas na web.

Tabela 14 – Resumo dos Trabalhos Relacionados com foco em Modelos de Adaptação

AUTOR / ANO	FOCO DO TRABALHO	TÉCNOLOGIAS UTILIZADAS
(Jirkovský and Jelínek, 2010)	Extração de informações em páginas web	Processamento dos aspectos: posição, contexto e visual da página web.
(Şah, Hall and De Roure, 2010)	Aplicação para personalização na web	Adaptação de páginas web, principalmente para a criação dinâmica de links e web semântica
(Asakawa and Takagi, 2000)	Transcodificador de páginas web	Web Semântica, especificamente anotações para URLs.
(Bechhofer, Harper and Lunn, 2006)	Transcodificador de páginas web, com base no CSS.	Anotações semânticas no arquivo CSS.
(Yesilada et al., 2007)	Transcodificador de páginas web	Fragmentação da página web, utilizando ontologias.
(Krüpl-Sypien et al., 2011)	Adaptação de páginas web.	Divisão da página web em blocos semânticos.
(Skillen et al., 2014)	Sistema para personalização de serviços sob-demanda	Motor de inferências baseados em regras para adaptação.

Fonte:elaborado pelos autores.

3.3 ANÁLISE COMPARATIVA

O trabalho apresentado por Jirkovský e Jelínek (2010) aborda a extração de informações em páginas web. Essa abordagem trata de três pontos fundamentais da página web, da qual certamente as informações podem ser extraídas. Porém, a proposta apresenta apenas a abordagem, não apresenta a implementação e nem uma prova de conceito da abordagem. Esse aspecto constitui a principal limitação do trabalho.

Já a proposta do SemWeB, apresentada por Şah, Hall e De Roure (2010), consiste em uma abordagem ampla que suporta a utilização de diversas ontologias. A principal limitação do sistema proposto é a credibilidade das informações que são extraídas dessas ontologias, que são fontes externas. Também consiste em uma limitação o fato de depender do *browser* Mozilla Firefox para que se possa utilizar a aplicação.

O trabalho de Takagi e Asakawa (2000), por sua vez, apresenta como principais benefícios os aspectos de as anotações realizadas no sistema poderem ser feitas por usuários voluntários e o reaproveitamento dessas anotações na visualização das páginas, pois como essas informações são registradas no sistema, é possível a reutilização delas cada vez que o usuário utilizar novamente esse sistema. Como principais limitações da proposta estão o fato de essas anotações serem realizadas de forma manual e o fato de o perfil dos usuários não ser considerado nas adaptações realizadas pelo sistema.

A proposta do sistema SADle, apresentada por Bechhofer, Harper e Lunn (2006), possui como principal ponto

positivo a possibilidade de reutilizar as anotações realizadas no arquivo CSS para todas as páginas que utilizem o mesmo arquivo CSS. Como principais limitações estão os seguintes aspectos: a utilização do sistema apenas no *browser* Mozilla Firefox; as alterações realizadas pelo sistema não consideram o perfil e nem as necessidades específicas de cada usuário, e, por fim, o fato de que não é possível realizar adaptações caso página web não possua o arquivo CSS associado, isso porque as anotações dependem do arquivo CSS. Outro aspecto limitante é o fato de que a extensão da ontologia é criada manualmente.

Observa-se que a proposta da ferramenta Dante (Yesilada *et al.*, 2007) mostra-se eficiente para melhorar a mobilidade de deficientes visuais em viagens. Um dos aspectos limitantes na avaliação realizada é a ontologia ser anotada de forma manual. Também é limitante o fato de a abordagem não considerar o perfil dos usuários na realização das adaptações. Dessa forma, a mesma adaptação é realizada para usuários com necessidades diferentes.

Quanto ao projeto ABBA, proposto por Krüpl-Sypien *et al.* (2011), ele tem como foco principal a estruturação da página em caminhos de navegação, para facilitar a leitura da página através dos leitores de tela. Essa proposta possui como principal limitação a não utilização do perfil dos usuários na adaptação realizada.

Em relação à proposta de Skillen *et al.* (2014), ela trata de um sistema de personalização para dispositivos móveis. A abordagem apresenta como principal limitação o fato de não realizar adaptações para os usuários com deficiência visual total.

Destaca-se que uma das limitações recorrentes nas propostas apresentadas é o fato de que a adaptação da página não considera as necessidades específicas de cada usuário, realizando o processamento da página de forma igualitária, independente das necessidades especiais de cada usuário. Apenas a aplicação *Help on-demand Services* considera o perfil e as preferências do sujeito para adaptar o conteúdo de forma personalizada. Mesmo assim, não está no escopo dessa proposta atender aos usuários com deficiência visual total.

Os trabalhos apresentados na tabela a seguir foram selecionados por serem mais similares ao modelo por nós concebido, que tem como foco a adaptação de páginas web, com o objetivo de torná-las mais acessíveis para os usuários com necessidades especiais.

Tabela 15 – Análise Comparativa dos Modelos de Adaptação

ABORDAGEM / AUTOR	PONTOS POSITIVOS	PRINCIPAIS LIMITAÇÕES
Extração de Informações na web. (Jirkovský and Jelínek, 2010)	Apresenta uma abordagem que foca nos principais aspectos da página web.	Não apresenta a implementação e nem a validação da proposta.
Sistema SemWeB. (Şah, Hall and De Roue, 2010)	Abordagem ampla, que permite a utilização de várias ontologias.	Dependencia do Mozilla Firefox. Credibilidade das fontes externas.

ABORDAGEM / AUTOR	PONTOS POSITIVOS	PRINCIPAIS LIMITAÇÕES
Transcodificador na web. (Asakawa and Takagi, 2000)	Acesso aos usuários voluntários para fazer as anotações. Permite a reutilização das anotações.	Não considera o perfil dos usuários nas adaptações realizadas.
Sistema SADle. (Bechhofer, Harper and Lunn, 2006)	Reaproveitamento das anotações realizadas para todas as páginas que utilizarem o mesmo CSS.	Depende do arquivo CSS para realizar as adaptações. Depende do Mozilla Firefox.
Sistema Dante. (Yesilada et al., 2007)	Fragmenta a página original, tornando mais simples o processo de navegação.	Não considera o perfil dos usuários nas adaptações realizadas.
Projeto ABBA. (Krüpl-Sypien et al., 2011)	Especifica caminhos específicos para a navegação.	Não considera o perfil dos usuários nas adaptações realizadas.
Sistema Help on-demand Services. (Skillen et al., 2014)	Considera o perfil dos usuários para realizar as adaptações.	Não aborda a deficiência visual total.

Fonte:elaborado pelos autores.

O modelo proposto nesta pesquisa objetiva solucionar uma das principais limitações identificadas nos trabalhos que investigam a adaptação de sites, que é a utilização das informações do perfil do usuário para realizar as adaptações de forma que sejam adequadas às necessidades do

usuário com deficiência. Para resolver tal limitação, a ontologia anota as informações sobre a deficiência do usuário, para que as adaptações sejam realizadas de acordo com a necessidade individual de cada usuário.

Outra limitação identificada nos trabalhos relacionados é a questão da reutilização dos dados e estratégias de adaptação. Na maior parte dessas pesquisas, não existe a reutilização do processamento realizado para a adaptação dos sites. Desse modo, torna-se necessário sempre recomeçar o processo de adaptação a cada vez que o usuário utiliza a página web.

No modelo proposto nesta pesquisa, as estratégias de adaptação da página estão anotadas na ontologia, permitindo uma melhoria no desempenho do sistema proporcional à utilização do modelo pelo usuário.

Nesse aspecto, a proposta do SADle (BECHHOFER; HARPER; LUNN, 2006), que realiza as adaptações com base no arquivo CSS, atua apenas na adaptação dos elementos da página. Enquanto isso, a proposta deste estudo é mais ampla e objetiva melhorar a compreensão a respeito do conteúdo da página, de forma a realizar a adaptação e enriquecer os conteúdos disponibilizados. Isso constitui um acréscimo à estratégia de apenas reestruturar o *layout* da página em um novo formato.

É importante destacar que a aplicação proposta utiliza a abordagem de web services, cujos serviços podem ser utilizados de forma independente do *browser* utilizado, principal limitação identificada nas propostas SADle (BECHHOFER; HARPER; LUNN, 2006) e SemWeB (ŞAH; HALL; DE ROURE, 2010).

A proposta deste estudo assemelha-se à perspectiva proposta para a extração de informações nas páginas web (JIRKO-VSKÝ; JELÍNEK, 2010), por também considerar os mesmos as-

pectos para a extração de dados. Entretanto, é apresentado um experimento como prova de conceito do modelo.

Além dessa questão, o modelo ainda se propõe a melhorar a estrutura da página, reordenando os elementos disponibilizados nela, priorizando alguns elementos e excluindo outros, de forma similar ao realizado pelas propostas Dante (YESILADA *et al.*, 2007), (BECHHOFER; HARPER; LUNN, 2006), (TAKAGI and ASAKAWA, 2000).

4

O MODELO @DAPT++

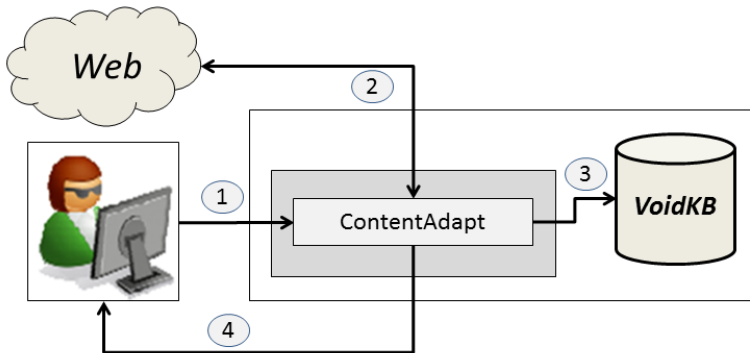
Este trabalho propõe a concepção do modelo @dapt++, que é um modelo semântico adaptativo para prover acessibilidade para as pessoas deficientes visuais na web. Nesse contexto, essa proposta consiste em conceber o modelo final, que é composto por uma ontologia chamada *VoidKB* e pelos componentes *Extractor*, *Organizer* e *Adapter*.

4.1 MODELO INICIAL - @DAPT

O modelo @dapt, inicialmente proposto em Sorrentino (2013), consiste em dois componentes que propõem a adaptação dinâmica em páginas web. É composto por um web service e uma ontologia para realizar adaptações em sites, com o objetivo de melhorar a acessibilidade para deficientes visuais na web. A proposta desse modelo inicial é realizar adaptações apenas nos links e imagens disponíveis em sites na web.

A figura a seguir mostra o modelo @dapt concebido originalmente, ilustrando a sua arquitetura inicial. Os números ilustrados na figura representam a sequência de interações propostas pelo modelo, entre o serviço *ContentAdapt* e a ontologia *VoidKB*.

Figura 13 – Modelo @dapt



Fonte:elaborado pelos autores.

Conforme ilustrado, o modelo concebido consiste em dois elementos: a ontologia *VoidKB* e o web service *ContentAdapt*.

A ontologia *VoidKB* foi utilizada para anotar informações a respeito dos elementos disponibilizados nos sites a serem adaptados. No caso das imagens, pode-se ter um vídeo equivalente ou uma audiodescrição que pode ser utilizada como formato alternativo para o conteúdo original disponibilizado no site. No caso dos links, podem-se ter anotações com descrições detalhadas sobre os links, que maximizem a compreensão desses elementos pelo deficiente visual. Nesse modelo inicial, a anotação da ontologia foi realizada de forma manual.

O web service, chamado *ContentAdapt*, realiza as adaptações nas páginas web, utilizando as informações anotadas na ontologia para enriquecer semanticamente os elementos disponibilizados na página web.

No caso da adaptação realizada nas imagens, são

pesquisadas na ontologia as informações que estão anotadas. Nesse contexto, a adaptação consiste em substituir as imagens disponíveis por vídeos ou audiodescrições equivalentes. Também pode ser incluída a descrição da imagem, enriquecendo a página web com um texto, utilizando as tags (estruturas do HTML). Por questões de desempenho, outra adaptação realizada na página consiste na retirada de todas as imagens da página original, resultando numa página adaptada menos densa.

No caso dos links, a descrição disponibilizada na ontologia é utilizada para enriquecer semanticamente os links apresentados no site.

A respeito do funcionamento do modelo, a interação entre os componentes é proposta da seguinte forma:

1. O usuário deficiente visual acessa o modelo @dapt e informa a página web que deseja acessar;
2. O web service *ContentAdapt* recupera a página da web;
3. O web service *ContentAdapt* busca na ontologia anotações sobre as imagens e links disponíveis na página web solicitada pelo usuário;
4. O web service *ContentAdapt* realiza o enriquecimento da página web, incluindo na sua estrutura HTML as anotações que foram pesquisadas na ontologia, e encaminha a página adaptada para o usuário final.

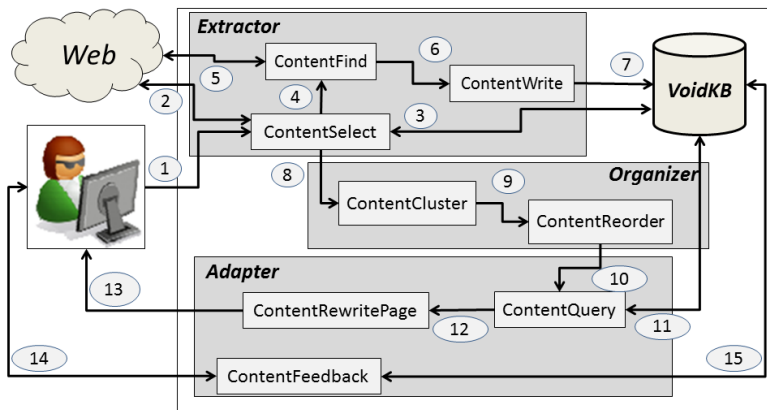
A partir desse modelo original, foi concebido um novo modelo para ampliar as funcionalidades propostas no modelo inicial. O modelo final foi chamado de @dapt++.

4.2 MODELO AMPLIADO @DAPT++

A ideia de realizar as adaptações de páginas web, visando melhorar a acessibilidade dessas páginas para deficientes visuais, é o principal objetivo do modelo final. Essa ampliação consiste em incluir componentes e módulos adicionais para contemplar as novas funcionalidades propostas neste trabalho. A ontologia foi atualizada para satisfazer aos requisitos do novo modelo.

A figura a seguir apresenta a arquitetura do modelo @dapt++, que é formado por três componentes e a ontologia *VoidKB*.

Figura 14 – Arquitetura do Modelo @dapt++



Fonte: elaborado pelos autores.

O componente *Extractor* possui como principal objetivo pesquisar informações adicionais a respeito do conteúdo disponível na página web e anotá-las na ontologia

de forma automatizada. O componente *Organizer* possui como principal objetivo reordenar os elementos disponibilizados na página web, de acordo com o grau de importância desses elementos. O componente *Adapter* tem como principais objetivos pesquisar as anotações na ontologia e enriquecer a página web com estas informações. Todos os componentes e módulos que fazem parte da arquitetura do modelo @dapt++ são detalhados a seguir.

4.2.1 ONTOLOGIA VOIDKB

A ontologia *VoidKB*, que compõe o modelo @dapt++, intenciona anotar informações sobre os utilizadores do modelo, referente ao perfil e as deficiências de cada um. Também são anotadas informações adicionais sobre os elementos que são disponibilizados na página web. Essas informações são utilizadas na adaptação das páginas, para enriquecer semanticamente os elementos com as informações anotadas na ontologia. Para a construção da ontologia, inicialmente foram avaliados os principais conceitos relacionados à acessibilidade de sites e quais elementos que podem ser adaptados para potencializar a compreensão dos deficientes visuais na web. Para cada classe definida – *Adaptação*, *Aplicação*, *Contexto* e *Deficiência* – foram analisadas e criadas também as subclasses e propriedades dessas classes. A classe *Adaptação* possui as subclasses *Automática*, *Manual* e *Semiautomática*, que são possibilidades de realizar a adaptação em uma página web. A classe *Contexto*, por sua vez, possui as subclasses *Ambiente* e *Dispositivo*. Já a classe *Dispositivo* possui um detalhamento que são as clas-

ses *Som, Tela e Teclado*, e representa características importantes dos dispositivos que são utilizados pelos usuários no acesso à web.

Tabela 16 – Classes da Ontologia

CLASSE	DESCRIÇÃO
Adaptação	Consiste nas possibilidades que um sistema tem de realizar a adaptação.
Aplicação	Significa o sistema web que o usuário está utilizando e que precisa ser adaptado.
Contexto	Representa o conjunto de informações a respeito das condições em que o usuário está utilizando a aplicação. Engloba as características do ambiente e dos dispositivos utilizados para acessar e utilizar o sistema web.
Deficiência	Especifica a deficiência que o usuário possui. Na ontologia, foi contemplada apenas a deficiência visual, que foi escolhida como foco para esta pesquisa.
Elemento	Representa os elementos que compõem uma página web.
Mídia	Consiste nas formas de apresentação de conteúdo que estão presentes nos sites na web.
Pessoa	Representa o usuário que está utilizando o sistema.

Fonte: elaborado pelos autores.

Tabela 17 – Hierarquia das classes Adaptação, Contexto, Dispositivo e Deficiência

CLASSE	SUBCLASSES
Adaptação	Automática, Manual e Semi-Automática
Contexto	Ambiente e Dispositivo
Dispositivo	Som, Tela e Teclado
Deficiência	Cegueira, Baixa Visão e Daltonismo

Fonte: elaborado pelos autores.

A classe *Elemento* possui as seguintes subclasses: *Botão*, *Cor*, *Fonte* e *Formulários*. A classe *Cor* possui as características intrínsecas à cor dos elementos, que são o *Brilho*, a *Saturação* e a *Matiz* e que podem ser adaptados de acordo com as deficiências do usuário. Os outros dois elementos que foram elencados como subclasses são a *Fonte* e o *Formulário*, que possuem subclasses associadas.

Tabela 18 – Hierarquia da Classe Elemento

CLASSE	SUBCLASSES
Elemento	Botão, Cor, Fonte e Formulários
Cor	Brilho, Saturação e Matiz
Fonte	Estilo, Variação, Tipo, Tamanho e Peso
Formulários	AreasDeTexto, BotaoDeRadio, CaixasDeEntrada, CheckBox e Rótulos

Fonte: elaborado pelos autores.

No caso da classe *Fonte*, as subclasses representam características importantes para que a adaptação seja realizada. As classes *Estilo*, *Variação*, *Tipo*, *Tamanho* e *Peso* cons-

tituem a classe *Fonte*. A classe *Formulário* é composta de subclasses que representam os elementos que fazem parte de um formulário em uma página web. Esses elementos podem ser customizados de forma a melhorar a acessibilidade aos deficientes visuais. A classe *Mídia* possui as subclasses que representam o formato de apresentação do conteúdo disponibilizado nas páginas web. No que diz respeito às classes *Áudio*, *Hipertexto*, *Texto*, *Imagem* e *Vídeo*, elas foram definidas por serem elementos cruciais na adaptação de páginas. A classe *Áudio* possui uma subclasse chamada de *Audiodescrição*, que representa uma forma mais específica de ter um áudio na página web. A classe *Texto* é composta das subclasses *Anotação* e *Legenda*, que são formas mais específicas de apresentar um texto em uma página web. As classes *Pessoa* e *Aplicação* não possuem subclasses.

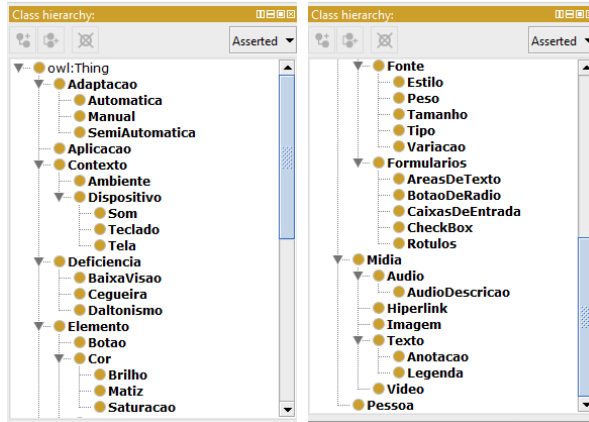
Tabela 19 – Hierarquia das Classes Mídia

CLASSE	SUBCLASSES
Mídia	Áudio, Hipertexto, Texto, Imagem e Vídeo
Áudio	Audiodescrição
Texto	Anotação e Legenda

Fonte: elaborado pelos autores.

A figura a seguir apresenta todas as classes e subclasses da ontologia *VoidKB*.

Figura 15



Fonte: elaborado pelos autores.

Após a definição da hierarquia de classes, foram definidas as propriedades de cada classe e os relacionamentos entre elas. A Tabela 4.5 detalha as propriedades, bem como as principais informações.

Tabela 20 – Detalhamento das Propriedades do tipo object properties.

PROPRIEDADE	DESCRIÇÃO
compõem	Representa a relação entre as classes Elemento e Aplicação.
define	Relação entre o Contexto e a Aplicação.
e_acessada	Significa a relação sobre em que contexto a aplicação é utilizada. Envolve as classes Aplicação e Contexto.
e_caracteristica_de	Representa a deficiência que a pessoa possui. Envolve as classes Deficiência e Pessoa.
e_definida	Indica que o contexto e a deficiência definem a adaptação a ser realizada na aplicação. Envolve as classes Adaptação, Contexto e Deficiência.

PROPRIEDADE	DESCRIÇÃO
e_utilizada_por	Esta relação indica as aplicações que são utilizadas pelas pessoas. Envolve as classes Aplicação e Pessoa.
esta_em	Indica o contexto no qual a pessoa está utilizando a aplicação. Envolve as classes Pessoa e Contexto.
influencia_uso	Esta relação indica em qual contexto a aplicação é utilizada. Envolve as classes Contexto e Aplicação.
portador_de	Indica quais deficiências a pessoa é portadora. Classes Pessoa e Deficiência.
tem_elemento	Representa quais elementos que estão contidos na Aplicação.
tem_audiodescrição	Indica qual mídia é a audiodescrição para a mídia que compõe a página.
utiliza	Envolve as classes Pessoa e Aplicação.

Fonte: elaborado pelos autores.

Na definição das propriedades da ontologia, foram incluídos os conceitos e características principais dos elementos que estão presentes nas páginas web e que podem ser adaptados através de melhorias na estrutura da página. A adaptação também é realizada através da inclusão de descrições, bem como um maior detalhamento das informações a respeito do conteúdo a ser apresentado no documento web. Através dessas adaptações, os deficientes visuais podem compreender o conteúdo disponibilizado na web em sua maior totalidade.

Após a definição das propriedades de objeto (*object properties*), que relacionam os indivíduos das classes criadas na ontologia, foram definidas as propriedades do tipo *datatype properties*, que associam um indivíduo a um valor de dados.

Tabela 22 – Propriedades definidas na ontologia - datatype properties

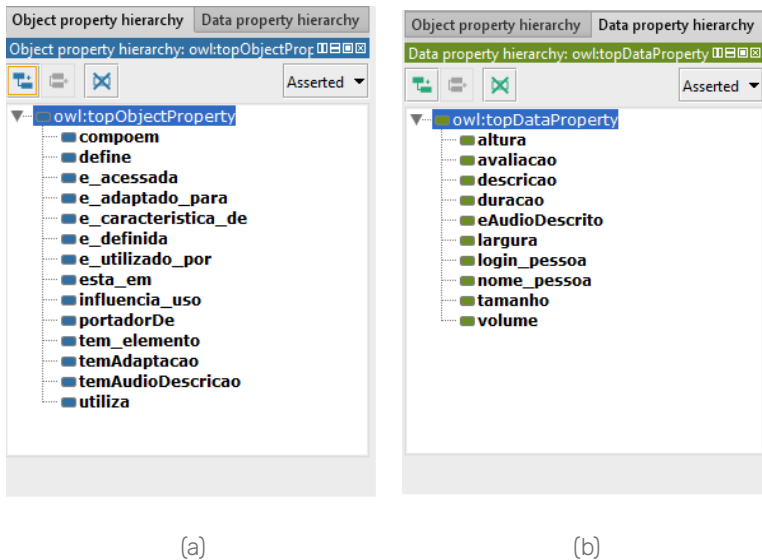
PROPRIEDADE	CLASSE	DESCRIÇÃO
Altura	Botão	Representa o tamanho do botão no sentido vertical.
Avaliação	Pessoa	Define qual avaliação a pessoa fez sobre a adaptação realizada na aplicação web.
Descrição	Mídia	Indica a descrição de uma mídia.
Duração	Mídia	Indica a duração de uma mídia.
eAudiodescrito	Vídeo e Áudio	Representa um flag que indica se um vídeo é áudio descrito.
Largura	Botão	Representa o tamanho do botão no sentido horizontal.
nome_pessoa	Pessoa	Indica o nome da pessoa.
Tamanho	Mídia	Representa o tamanho da mídia, em Megabytes (MB).
Volume	Som	Representa o volume que está configurado quando uma determinada pessoa utiliza uma aplicação. Medido em Decibéis (dB).

Fonte: elaborado pelos autores.

A figura a seguir apresenta todas as propriedades definidas na ontologia utilizando o ambiente Protégé (STANFORD UNIVERSITY, 2016). A primeira parte (a) mostra as propriedades e as suas respectivas propriedades inversas. Como exemplo, pode-se citar a propriedade *define*, que

possui a sua propriedade inversa *e_definida*, indicando que as classes *Aplicação* e *Contexto* definem a classe *Adaptação*. E, conseqüentemente, a classe *Adaptação* é definida pelas classes *Aplicação* e *Contexto*. Em (b), são apresentadas as propriedades que relacionam os indivíduos com os valores de dados. Nesse contexto, é importante destacar a propriedade *eAudiodescrito*, que indica determinada *Mídia*, que pode ser um vídeo ou uma imagem, e possui uma audiodescrição ou não.

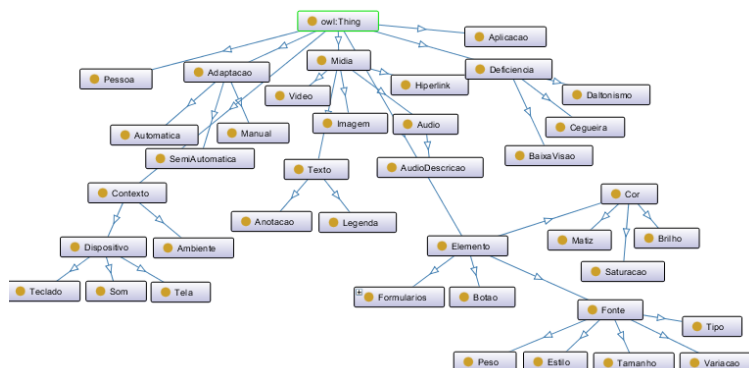
Figura 16



Fonte: elaborado pelos autores.

A figura a seguir mostra o diagrama de classes da ontologia definida, em que estão apresentadas todas as classes e subclasses criadas.

Figura 17 - Diagrama de Classes da Ontologia VoidKB



Fonte: elaborado pelos autores.

Além das propriedades que podem ser criadas no ambiente Protégé, específicas para a ontologia definida, existem outras propriedades especiais que podem ser utilizadas. Para a ontologia criada nesse modelo, está sendo utilizada a propriedade *owl:sameAs*, propriedade que indica que dois recursos são equivalentes, ou seja, representam o mesmo conteúdo.

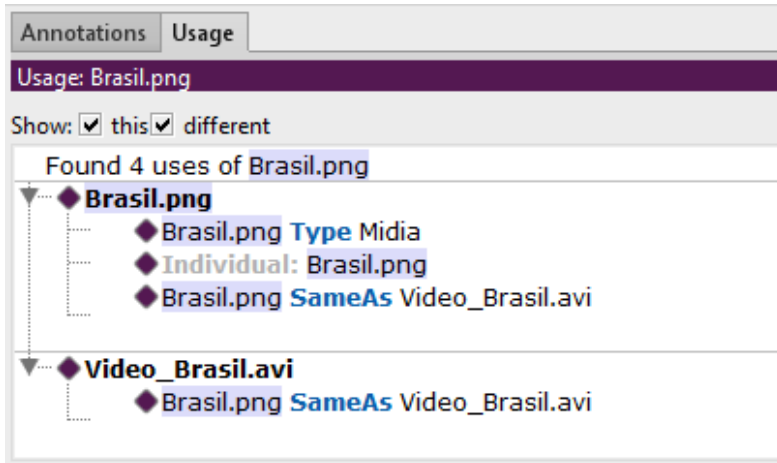
Essa propriedade é importante para a ontologia definida e está sendo utilizada para relacionar recursos (vídeos e imagens *versus* descrição em texto ou áudio), que são indivíduos da ontologia, mas que são equivalentes. Como exemplo, pode-se citar o caso de uma imagem que está presente na página web a ser adaptada. Essa imagem está anotada na ontologia e esse elemento possui uma audiodescrição, ou seja, um vídeo que traz a narração detalhada dessa imagem. Esse vídeo também está anotado na ontologia. Dessa forma, a propriedade *owl:sameAs* está sendo utilizada para anotar que essa imagem tem o mes-

mo conteúdo do vídeo, ou seja, são equivalentes. Assim, no momento de adaptar as páginas web, é feita uma pesquisa na ontologia em busca de conteúdos equivalentes aos que estão presentes na página web e que são mais acessíveis. Nesse caso, na adaptação realizada, a imagem é substituída pelo vídeo com audiodescrição.

Nesse contexto, após a definição das classes e propriedades, foi realizada a inclusão dos indivíduos da ontologia; por conseguinte, através das propriedades definidas, foram incluídos vídeos e, através da ontologia, foi anotado que ele é equivalente à determinada imagem, utilizando, para essa definição, a propriedade *owl:sameAs*, conforme mostra a figura a seguir, que ilustra a inclusão de uma imagem chamada *Brasil.png*.

Após a construção da ontologia e a inclusão de alguns indivíduos, é possível reconhecer a ontologia criada como um componente reutilizável de conhecimento. Dessa forma, poderá ser compartilhada e utilizada em diversas aplicações, conforme a proposta de Borst *et al.* (1996), que reforça a importância de ter esses componentes de conhecimento compartilhados.

Figura 18



Fonte: elaborado pelos autores.

4.3 COMPONENTE *EXTRACTOR*

O componente *Extractor* possui como objetivo geral receber a página web solicitada pelo usuário, selecionar dessa página os conteúdos mais importantes e extrair da web informações adicionais que maximizem a compreensão desse conteúdo pelo usuário. Essa extração de informações na web é realizada nas diversas fontes de dados disponibilizadas, tais como ontologias, páginas web e bases de dados.

Após a extração dessas informações adicionais, esse conteúdo é armazenado na ontologia *VoidKB*, que é utilizada como repositório de conhecimento no modelo proposto. Dessa forma, o funcionamento dos módulos está apresentado abaixo:

4.3.1 MÓDULO CONTENTSELECT

O módulo *ContentSelect* é responsável pelas atividades de buscar a página solicitada pelo usuário na web e depois consultar a ontologia com as informações do *login* ou perfil do usuário. A consulta da ontologia nesse momento é importante, pois, a partir do perfil do usuário, são definidas as adaptações necessárias na página web.

Essas adaptações são definidas de acordo com o perfil do usuário, em que são informadas as deficiências e necessidades específicas de cada perfil. A partir dessas deficiências, as adaptações necessárias são definidas. Por exemplo, para um usuário que possui baixa visão, uma adaptação importante é aumentar o tamanho das fontes. Já para um usuário com deficiência visual total, a adaptação referente ao tamanho das fontes é indiferente. Mas é importante que as imagens tenham uma descrição mais completa, ou uma audiodescrição equivalente.

O módulo *ContentSelect* possui como principal entrada a página web solicitada pelo usuário. Esse módulo realiza um processamento nessa página web. Inicialmente, os elementos decorativos são retirados da página. Elementos decorativos são informações comerciais, imagens e outros elementos que não fazem parte do conteúdo principal da página. Esses elementos decorativos são identificados no algoritmo e, a partir das propriedades da imagem disponível na página, são selecionados os elementos considerados decorativos.

O algoritmo utilizado nesse módulo, que foi implementado utilizando o conceito de um web service, você pode ver a seguir:

Tabela 23 – ContentSelect

Input: uri, user_profile

Output: keywords

Function:

```
1. String contentSelect(String uri, String user_profile)
2. { Array String web_page = search_web_page(uri);
3.   Array String adaptations_profile = contentQuery(user_profile);
4.   int i = 1;
5.   int j = 1;
6.   Repeat
7.   {
8.     Array keywords[j] = select_keywords(web_page[i]);
9.     Array new_elements[j]=remove_decorative_elements(web_
page[i]);
10.    i++;
11.    j++;
12.  }
13.  Until web_page[i] not null;
14.  return keywords;
15. }
```

Fonte: elaborado pelos autores.

Após o processamento inicial, o módulo realiza a principal função, que é selecionar da página *web* qual conteúdo é mais importante na página escolhida. A respeito desses conteúdos, são definidas algumas palavras-chaves que os caracterizam. Por exemplo, suponhamos que na página desejada pelo usuário existe uma imagem da bandeira do Brasil. Após o processamento, o módulo tem como resultado algumas palavras que indicam esse elemento; nesse

caso, as palavras-chaves são: Brasil, bandeira, país. Essas palavras são repassadas ao módulo *ContentFind*.

O algoritmo utilizado pelo módulo *contentSelect* recebe dois parâmetros de entrada (linha 1). O primeiro é a URI da página web escolhida pelo usuário. O segundo parâmetro é o perfil do usuário, que será utilizado para pesquisar na ontologia qual a deficiência o usuário possui (linha 3). Essa pesquisa na ontologia *VoidKB* é realizada através do módulo *contentQuery*.

Inicialmente, o algoritmo realiza o *download* da página web recebida como parâmetro (linha 2). Esse algoritmo é responsável por processar a página e selecionar uma palavra-chave que represente o principal conteúdo disponibilizado na página; nessa etapa, a página é analisada, e é selecionada a palavra que mais se repete no texto, (linha 8). Essa informação é passada para o módulo *ContentFind* para que seja realizada uma pesquisa avançada na web, buscando informações adicionais.

Por último, é feita uma análise da página web, com o objetivo de retirar todas as imagens decorativas da página (linha 9). Para realizar essa seleção, é feito um processamento e a seleção é realizada de acordo com o valor do *aspect ratio* das imagens, que é a relação entre a largura e a altura das imagens avaliadas.

Essa estrutura dos elementos da página, gerada na linha 9, é enviada para ser processada pelo módulo *ContentCluster*, do componente *Organizer*.

As principais interações realizadas por esse componente ocorrem com o usuário, com a web, com o componente *Organizer* e com a ontologia *VoidKB*.

4.3.2 MÓDULO CONTENTFIND

A web é uma fonte rica de informações, embora uma das principais dificuldades na busca destas informações seja o fato de estas estarem disponíveis de forma não estruturada (LAM; GONG, 2005) (VICIENT; SÁNCHEZ; MORENO, 2013).

Nesse contexto, a função do Módulo Contentfind é extrair da web informações adicionais a respeito do principal conteúdo disponível na página web solicitada pelo usuário. Uma das entradas desse módulo é a palavra-chave definida pelo módulo *ContentSelect*. O processamento realizado é uma busca na web. A partir dessa palavra chave, e também do tipo de adaptação pesquisada na ontologia, é feita uma busca utilizando a API do *Youtube* (YOUTUBE, 2018).

Também é realizada uma busca sobre as imagens, que é feita com base na API *Bing Image Search* (MICROSOFT, 2018a), disponibilizada pela Microsoft. Essa busca retorna descrições sobre as imagens e também retorna um índice que indica a confiabilidade a respeito dos dados retornados. Esse índice, chamado *confidence*, também é utilizado na seleção das imagens. Isso porque também é utilizado como um indicador importante sobre a importância da imagem na página.

O algoritmo utilizado nesse módulo, que foi implementado utilizando o conceito de um web service, segue abaixo:

Tabela 24 – ContentFind

Input: keyword, new_elements

Output: element_description

Function:

```
1. String contentFind(Array String keywords, Array String new_
elements, adapt)
2. { Array String element_description;
3. element_description = busca_youtube_api(keywords, adapt);
4. int i = 1;
5. Repeat
6. {
7.   if element_description[i] is image
8.     element_description[i] = busca_bing_api(new_element-
s[i]);
9.   int++;
10. }
11. Until new_elements[i] not null;
12. return element_description;
13. }
```

Fonte: elaborado pelos autores.

Dessa forma, o objetivo da extração de dados é obter informações adicionais a respeito da página inicial escolhida pelo usuário utilizador e dos elementos disponibilizados nessa página. Nessa perspectiva, o módulo, após a extração, possui características que estão associadas ao conteúdo original. No exemplo citado, a respeito da bandeira do Brasil, características extraídas podem ser os termos: verde, amarelo, estrelas ou até a frase “Ordem e Progresso” que é

apresentada na bandeira. Também podem ser extraídas audiodescrições que estejam disponibilizadas na *web*, que são pesquisadas no Youtube, ou um resumo a respeito desse conteúdo inicial. Essas informações extraídas da *web* são a saída desse módulo e servem de entrada ao módulo *ContentWrite*.

O algoritmo do módulo *ContentFind* recebe como entrada três parâmetros (linha 1). O primeiro parâmetro é a palavra-chave sobre os elementos contidos na página original escolhida pelo usuário, que são inicialmente identificados pelo módulo *ContentSelect*.

A partir da palavra-chave recebida, é realizada uma busca, utilizando a API do *Youtube* (linha 3). Essa API permite a pesquisa de vídeos a partir de uma descrição textual. Nesse sentido, a descrição textual é formada pela palavra-chave e também pela adaptação (linha 1, parâmetro *adapt*), pesquisada na ontologia *VoidKB*. Por exemplo, no caso dos deficientes visuais, a principal adaptação é a audiodescrição.

O conjunto de elementos da página *web* é recebido como segundo parâmetro (linha 1). Cada elemento da página também é processado por esse módulo (linha 7). Nesse processamento, são selecionadas as imagens, com o objetivo de buscar descrições significativas sobre elas.

Para pesquisar descrições sobre as imagens, é utilizada a *Bing Image Search* API, que as recebe como parâmetro e retorna uma descrição. Para cada informação retornada, também é avaliado um índice de confiabilidade que a própria busca retorna. Caso a confiabilidade seja positiva, os dados pesquisados são atualizados na ontologia e são utilizados na adaptação. Caso o índice de confiabilidade seja baixo, a pesquisa é realizada novamente.

Esse módulo retorna o resultado das buscas feitas para que as informações sejam anotadas na ontologia *VoidKB*.

As principais interações realizadas por esse componente acontecem com os módulos *ContentSelect*, *ContentWrite* e com a web.

4.3.3 MÓDULO CONTENTWRITE

Esse módulo é responsável por receber as informações repassadas pelo módulo *ContentFind* e atualizar automaticamente a ontologia com as informações recebidas. O algoritmo utilizado, que foi implementado utilizando o conceito de um web service, segue abaixo:

Tabela 25 – ContentWrite

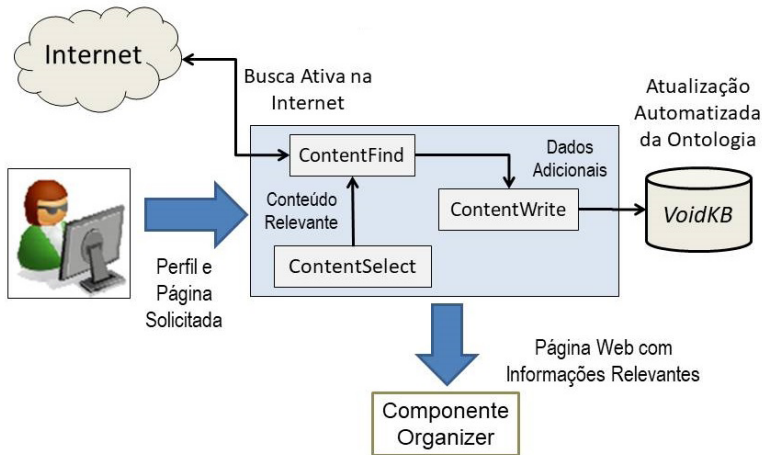
```
Output:  
Procedure:  
1. contentWrite(Array String data)  
2. {  
3. update_ontology(data);  
4. return;  
5. }
```

Fonte: elaborado pelos autores.

O algoritmo do módulo *ContentWrite* recebe, como parâmetro, os dados a serem anotados na ontologia *VoidKB* (linha 1). Esse algoritmo é utilizado todas as vezes em que é necessário atualizar a ontologia. As principais interações realizadas por esse componente é os módulos *ContentFind* e com a ontologia *VoidKB*.

A figura a seguir mostra as principais interações do componente *Extractor*, que se realiza com o usuário, com a web e com a ontologia *VoidKB*. Inicialmente, ao utilizar o modelo, o usuário informa seu perfil e a página desejada para o primeiro módulo a ser utilizado, que é o *ContentSelect*. Após o processamento, os dados são enviados ao *ContentFind* e, posteriormente, ao módulo *ContentWrite*, que faz a anotação desses dados na ontologia *VoidKB*.

Figura 19 – Entradas e Interações do Componente Extractor



Fonte: elaborado pelos autores.

4.4 COMPONENTE ORGANIZER

O componente *Organizer* possui como objetivo geral melhorar a organização dos elementos da página web escolhida pelo usuário, de forma que o conteúdo mais relevante seja apresentado primeiro ao usuário, visando melho-

rar a navegação da página para o usuário deficiente. Esse componente é constituído de dois módulos, o *ContentCluster* e o *ContentReorder*.

4.4.1 MÓDULO CONTENTCLUSTER

O módulo *ContentSelect* realiza a primeira análise da página e retira os seus elementos decorativos. O resultado desse processamento é a página web sem os elementos decorativos. Essa página refinada é a entrada do módulo *ContentCluster*.

Esse módulo possui a função de agrupar os elementos da página de acordo com a sua similaridade semântica. Para esse agrupamento, é feito um processamento na página web, considerando o arquivo HTML e também o arquivo CSS, caso exista um arquivo de estilos associado à página web.

Inicialmente, é avaliado o estilo aplicado aos elementos. Observa-se que os estilos idênticos referem-se a elementos semelhantes. Dessa forma, os elementos que possuem o mesmo estilo provavelmente possuem uma similaridade.

Outro ponto importante de que o módulo trata é o posicionamento dos elementos. Observa-se também que a posição em que os elementos se encontram na página é um aspecto importante que reflete a sua relevância. Assim, temos uma árvore com a ordem de importância e o agrupamento por similaridade. Com a avaliação desse posicionamento, é atribuída uma pontuação ao conjunto de elementos, que indica a sua prioridade na página consultada.

Após esse processamento, a saída desse módulo é uma estrutura de dados, uma árvore genérica que contém os elementos agrupados de acordo com a similaridade, baseada no estilo e no posicionamento utilizados na página web para os elementos disponibilizados. É importante destacar que esse módulo não altera a página original escolhida pelo usuário. É realizado um processamento e a árvore com os elementos disponibilizados na página original é criada.

O algoritmo utilizado nesse módulo, que foi implementado utilizando o conceito de um web service, está apresentado no Algoritmo 4.4.

O algoritmo *contentCluster* recebe como parâmetro um *array* com elementos disponibilizados na página original (linha 1). A página HTML e o arquivo CSS, caso exista um arquivo CSS associado, são processados pelo algoritmo. Os elementos são agrupados de acordo com o estilo e a posição na página web (linha 8). Os elementos com estilos semelhantes são agrupados e, de acordo com o posicionamento original deles, é atribuída uma pontuação para cada grupo de elementos (linha 12). É gerada uma estrutura de dados, no formato de uma árvore genérica que contém todos os elementos agrupados e com a pontuação atribuída. Essa estrutura de dados com os elementos agrupados é o parâmetro de entrada para o módulo *contentReorder* (linha 13).

Tabela 26 – ContentCluster

```
Input: new_elements
Output: element_groups
Function:
1. String contentCluster(Array String new_elements)
2. {
3.   Array String style_page = recover_style(new_elements);
4.   Array String element_groups;
5.   int i = 1;
6.   Repeat
7.   {
8.     element_groups[i] = group(style_page);
9.     i++;
10.  }
11.  Until element_groups[i] is not null;
12.  elemento_score(element_groups);
13.  return element_groups;
14. }
```

Fonte: elaborado pelos autores.

As principais interações realizadas pelo módulo *ContentCluster* ocorrem com os módulos *ContentSelect* e *ContentReorder*.

4.4.2 MÓDULO CONTENTREORDER

Esse módulo recebe como entrada uma estrutura de dados, no formato de uma árvore genérica com os grupos de elementos que resultaram do processamento do módulo *ContentCluster*, com a devida pontuação atribuída para cada conjunto de elementos, de acordo com a relevância destes na página original.

O processamento realizado pelo *ContentReorder* se dá para ordenar esses grupos de elementos, de acordo com a prioridade definida. Essa prioridade é importante na reescrita da página web. A árvore genérica com os elemen-

tos reordenados é repassada ao componente *Adapter* para que a página adaptada seja gerada e entregue ao usuário.

O algoritmo utilizado nesse módulo, que foi implementado utilizando o conceito de um web service, segue abaixo:

Tabela 27 – ContentReorder

```
Input: element_groups
Output: order_element_groups
Function:
1. String contentReorder(Array String element_groups)
2. {
3.   Array order_element_groups = order(element_groups);
4.   return order_element_groups;
5. }
```

Fonte: elaborado pelos autores.

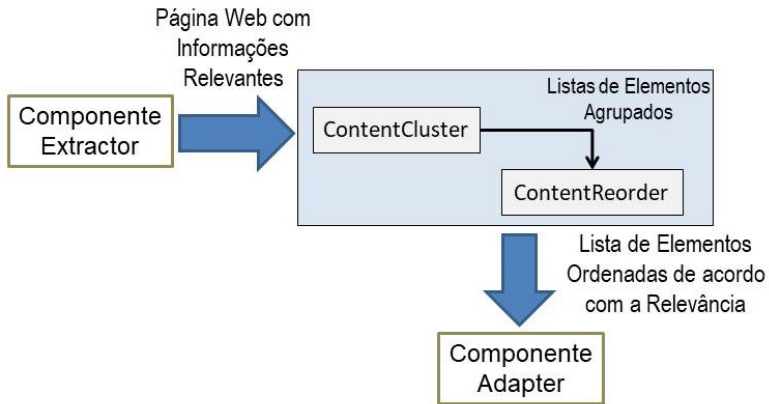
O algoritmo utilizado pelo módulo *ContentReorder* recebe como parâmetro o conjunto de elementos da página original (linha 1). Esses elementos estão agrupados e com uma pontuação que indica a prioridade deles na página web. Esse conjunto de elementos é reordenado (linha 3), de forma que a árvore genérica é processada e reordenada, de acordo com o posicionamento atribuído no módulo *ContentCluster*.

As principais interações do módulo *ContentReorder* acontecem com o módulo *ContentCluster* e com o componente *Adapter*.

A figura a seguir apresenta o componente *Organizer*, que possui as principais interações com o componente *Extractor* e com o componente *Adapter*. O componente

Organizer tem papel fundamental no modelo @dapt++, pois é responsável por organizar os elementos da página web de forma a priorizar os elementos mais relevantes, reordenando-os na página adaptada a ser entregue aos usuários.

Figura 20



Fonte: elaborado pelos autores.

4.5 COMPONENTE ADAPTER

O componente *Adapter* possui como objetivo geral reescrever a página web, realizando as adaptações na página. Para essas adaptações, é consultada a ontologia *VoidKB* para pesquisar todas as informações que foram anotadas no processamento dos outros módulos. Outro objetivo desse componente é permitir ao usuário fazer a avaliação das adaptações realizadas. Esse componente é composto de três módulos, o *ContentQuery*, o *ContentRewritePage* e o *ContentFeedback*.

4.5.1 MÓDULO CONTENTQUERY

Esse módulo é responsável por consultar a ontologia para recuperar as informações adicionais que foram anotadas pelo módulo *ContentWrite* do componente *Extractor*. Essa consulta é feita com as informações dos elementos da página web, pois alguns destes possuem anotações adicionadas na ontologia. Dessa forma, esse módulo recebe como entrada a lista dos elementos da página, ordenados de acordo com a sua importância e também agrupados de acordo com a sua similaridade semântica. Todo esse processamento foi realizado pelos módulos *ContentCluster* e *ContentReorder* e os dados processados são enviados como entrada desse módulo.

O algoritmo utilizado nesse módulo, que foi implementado utilizando o conceito de web service, segue abaixo:

Tabela 28 – ContentQuery

```
Input: order_element_groups
Output: elements_annotation
Function:
1. String contentQuery(Array String order_element_groups)
2. {
3.   Array String elements_annotation;
4.   int i = 1;
5.   Repeat
6.   {
7.     elements_annotation[i] = query_ontology(order_element_
groups);
8.     i++;
9.   }
10. Until elements_annotation[i] is not null;
11. return elements_annotation;
12. }
```

Fonte: elaborado pelos autores.

O algoritmo do módulo *contentQuery* recebe como parâmetro a identificação dos elementos da página web a serem pesquisados na ontologia *VoidKB* (linha 1). A ontologia é consultada (linha 7) e o conjunto de anotações referentes aos elementos pesquisados é retornado no final do algoritmo (linha 11).

Após a consulta da ontologia *VoidKB*, são recuperadas as informações já anotadas a respeito dos elementos da página; essas informações são repassadas ao módulo *ContentRewritePage* para que sejam utilizadas nas adaptações a serem feitas na página original. A Query 4.2 apresenta um exemplo de consulta realizada na ontologia *VoidKB*, que permite recuperar dois recursos equivalentes que estejam anotados na ontologia.

Tabela 29 – Consulta SPARQL na ontologia VoidKB

```
String query = "PREFIX person: <http://aridus.uern.br/person/>\n"
+ "PREFIX acessib: <http://aridus.uern.br/acessib/>\n"
+ "PREFIX xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>\n"
+ "PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>\n"
+ "select ?v\n"+"where{\n" + "  ?v a acessib:Video.\n"
+ "  ?v owl:sameAs <" + uri + "> .\n"
+ "    ?v acessib:comAudioDescricao \"true\"^^xsd:boolean }";
```

Fonte: elaborado pelos autores.

Esse algoritmo deve ser utilizado todas as vezes em que for necessário consultar os dados anotados na ontologia *VoidKB*. As principais interações do módulo *ContentQuery* ocorrem com o módulo *ContentRewritePage* e com a ontologia *VoidKB*.

4.5.2 MÓDULO CONTENTREWRITEPAGE

Esse módulo realiza a reescrita da página original, gerando como resultado uma página adaptada. Essa página adaptada utiliza as informações de perfil do usuário, que indicam quais as adaptações são importantes, de acordo com a necessidade dele. Utiliza também todas as informações adicionais que foram extraídas da web e anotadas na ontologia através do módulo *ContentWrite*. Todo esse conjunto de dados é recebido do módulo *ContentQuery*, que realiza a consulta na ontologia.

O módulo *ContentRewritePage* realiza a reescrita da página, acrescentando aos elementos HTML da página original informações adicionais que enriquecem o conteúdo disponibilizado na página, permitindo uma compreensão maior para os usuários deficientes visuais.

Outra possibilidade de adaptação é a substituição dos elementos disponibilizados na página original por elementos de conteúdo equivalente. Por exemplo, uma imagem de uma pintura pode ser substituída por uma audiodescrição da mesma obra, o que permite melhor compreensão de um usuário deficiente visual a respeito da página disponibilizada.

A página adaptada é entregue ao usuário final como saída desse módulo.

O algoritmo utilizado no módulo *ContentRewritePage*, que foi implementado utilizando o conceito de um web service, está apresentado no algoritmo a seguir. O algoritmo do módulo *contentRewritePage* recebe como parâmetro o conjunto de anotações que foram realizadas

na ontologia a respeito dos elementos da página web a ser adaptada (linha 1).

Tabela 30 – ContentRewritePage

Input: elements_annotation
Output: adapted_page
Function:
1. String contentRewritePage(Array String elements_annotation)
2. {
4. adapted_page := rewrite_html(elements_annotation);
5. return adapted_page;
6. }

Fonte: elaborado pelos autores.

Os dados que foram anotados na ontologia são adicionados à estrutura do HTML para que a página web seja reescrita incluindo as adaptações (linha 4). A saída desse algoritmo é a página web adaptada, para que seja encaminhada ao usuário (linha 5). As principais interações do módulo *ContentRewritePage* acontecem com o módulo *ContentQuery* e com o usuário.

4.5.3 MÓDULO CONTENTFEEDBACK

Esse módulo envia para o usuário um formulário para que sejam registradas as avaliações feitas a respeito da adaptação realizada na página web. Essa avaliação tem como objetivo melhorar as adaptações que são realizadas nas páginas, na utilização do modelo ao longo do tempo. Um exemplo de avaliação que pode ser realizada é, por exemplo, a possibilidade de existirem duas descrições para

determinada imagem, uma descrição curta e uma descrição mais longa. Suponha-se que, na adaptação realizada, foi associada a uma imagem a descrição mais curta: uma das avaliações que o usuário pode fazer é a de que a descrição não forneceu informações suficientes e de que uma descrição mais detalhada seria mais indicada para descrever determinado elemento.

O resultado dessas avaliações é registrado na ontologia, para que sejam consideradas nas próximas adaptações. O objetivo é que o modelo se ajuste melhor às necessidades do usuário a cada utilização.

O algoritmo do módulo *contentFeedback* recebe apenas um parâmetro, que é o conjunto das adaptações que foram realizadas na página web adaptada (linha 1). A partir desse conjunto de dados, é gerado um formulário em HTML com questões a respeito de cada adaptação realizada (linha 3). O objetivo é que o usuário responda esse formulário (linha 4) e que as respostas sejam atualizadas na ontologia *VoidKB* (linha 5).

O algoritmo utilizado nesse módulo, que é implementado utilizando o conceito de um web service, segue abaixo:

Tabela 31- ContentFeedback

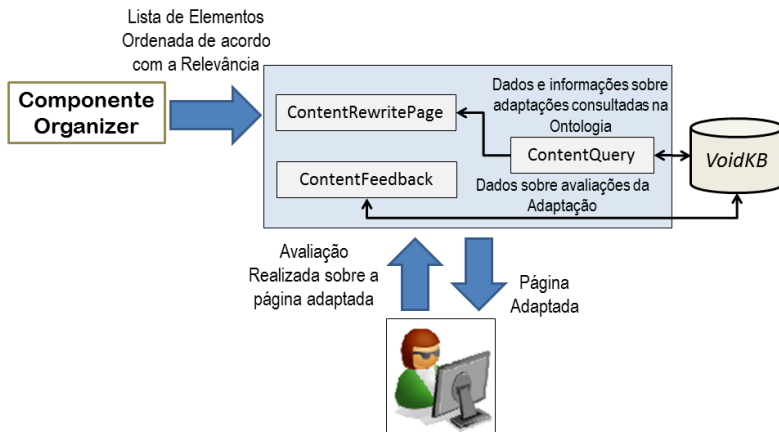
```
Input: adaptations
Output:
Procedure:
1. contentFeedback(Array String adaptations)
2. {
3.   String form = create_form_feedback(adaptations);
4.   Array String answers = user_form(form);
5.   contentWrite(answers);
6.   return;
7. }
```

Fonte: elaborado pelos autores.

As respostas dos usuários a respeito das adaptações realizadas serão utilizadas para melhorar o processo de adaptação das páginas web. As principais interações do módulo *ContentFeedback* se dão com o usuário e com a ontologia *VoidKB*.

A figura a seguir apresenta as principais interações do componente *Adapter*, que acontecem com o componente *Organizer*, com o usuário e com a ontologia *VoidKB*. O componente *Adapter* possui como principal objetivo utilizar todo o processamento realizado nos demais componentes para reescrever a página web adaptada a fim de encaminhá-la ao usuário final. O componente, através do módulo *contentFeedback*, também propõe uma avaliação sobre as adaptações realizadas, com o objetivo de melhorar o processo a cada utilização.

Figura 20



Fonte: elaborado pelos autores.

4.6 INTERAÇÃO ENTRE OS COMPONENTES E MÓDULOS

O modelo proposto tem como objetivo geral melhorar a acessibilidade em páginas web e, para isso, possui como atividades específicas buscar informações adicionais na web, atualizar a ontologia de forma automatizada, melhorar a organização dos elementos disponibilizados nas páginas web e, a partir de todos esses resultados, realizar a adaptação, reescrevendo a página web.

Nesse contexto, a arquitetura do modelo é composta por três componentes e cada componente constitui-se de vários módulos. Esses módulos funcionam como partes independentes, com entradas e saídas definidas. Os dados que constituem a saída de um módulo são utilizados como entrada a ser processada pelos módulos subsequentes.

Desse modo, nessa proposta também são trabalhados os conceitos de integração de serviços, que permeia a junção de todos os módulos para que o objetivo final do modelo seja atingido.

Nesse contexto, cada módulo do modelo tem o funcionamento definido da seguinte forma:

O componente *Extractor* tem como objetivo realizar uma anotação automatizada da ontologia. Informações relevantes podem ser identificadas e extraídas da análise das páginas da web e, em seguida, são anotadas na ontologia *VoidKB*.

O componente *Organizer* é usado para melhorar a organização do conteúdo dentro da página. A partir da análise realizada na página, é possível identificar elementos e agrupá-los a fim de obter uma página adaptada e mais bem organizada em termos de semelhança de conteúdo.

O componente *Adapter* faz a adaptação nas páginas web. Ele procura as informações anotadas na ontologia *VoidKB* para o enriquecimento semântico dos elementos e também a substituição dos elementos da página web.

Na arquitetura do modelo, os números representam as diferentes etapas feitas a partir da interação inicial com o usuário até uma página web adaptada ser entregue a ele. A seguir, uma breve descrição de cada passo:

1. O *login* do usuário na aplicação. Os dados são nome e senha ou o perfil de usuário, que dão acesso aos dados do usuário na ontologia. O usuário também escolhe uma página de acesso. A informação resultante dessa interação são: *login* e URL;

2. O módulo *ContentSelect* recebe o URL da página da web escolhida pelo utilizador. Em seguida, ele faz o *download* da página na web;
3. O módulo *ContentSelect* consulta a ontologia para acessar o perfil do usuário e as informações sobre as necessidades de adaptação do usuário;
4. Além disso, ele seleciona as informações mais importantes a partir do conteúdo da página. No final dessa etapa, o sistema tem a página da web e uma lista de elementos importantes extraídos;
5. O módulo *ContentFind* tem como entrada os elementos importantes da página do *ContentSelect*. Para cada elemento, ele busca extrair dados adicionais relacionados da web;
6. Os elementos originais e dados associados são automaticamente anotados na ontologia pelo módulo *ContentWrite*. Esses dados serão utilizados no componente *Adapter*;
7. O módulo *ContentWrite* atualiza a ontologia, anotando os dados recebidos do módulo *ContentFind*;
8. O módulo *ContentSelect* simplifica a página web, mantendo apenas os elementos importantes, e envia para *ContentCluster*. Esse módulo é responsável por agrupar os elementos de página, de acordo com a semelhança semântica de conteúdos. A saída do módulo *ContentCluster* é uma estrutura de dados em árvore genérica criada a partir do processamento da página e a identificação de cada elemento, que constitui um nó na estrutura da árvore genérica;
9. *ContentCluster* identifica a semelhança semântica dos conteúdos da página, através da avaliação do posicionamento dos elementos e do arquivo CSS associado, e en-

caminha a árvore gerada com os elementos para *ContentReorder*. A saída resultante desse passo é uma estrutura de árvore com conteúdo ordenado;

10. *ContentReorder* reorganiza a árvore genérica, de acordo com a pontuação atribuída para cada elemento, e encaminha para *ContentRewritePage*. O resultado dessa etapa é a árvore ordenada de acordo com a pontuação atribuída;

11. *ContentQuery* consulta a ontologia *VoidKB* para encontrar as anotações tiradas no conteúdo da página. O resultado desse passo é a recuperação de informações referentes a elementos que existem na página da web;

12. O módulo *ContentRewritePage* recebe duas informações: a árvore genérica com os elementos da página e o conteúdo anotado na ontologia sobre os elementos. Com essas informações, o módulo faz as adaptações na página web. Essas adaptações podem ser feitas acrescentando as anotações na página, enriquecendo semanticamente a página web ou substituindo elementos por elementos equivalentes mais acessíveis. O resultado dessa fase é uma página da web adaptada;

13. A página da web adaptada é enviada ao utilizador final;

14. O módulo *ContentFeedback* encaminha ao usuário final um formulário para que as adaptações da página sejam avaliadas;

15. O resultado dessas avaliações é registrado na ontologia *VoidKB*.

A tabela a seguir apresenta um resumo sobre o detalhamento dos módulos que fazem parte do modelo @dapt++.

Tabela 32 – Detalhamento dos componentes Extractor, Organizer e Adapter.

COMPONENTE	ENTRADAS	OBJETIVO	SAÍDAS
Extractor	<p>Informações de login do usuário.</p> <p>Página web a ser acessada.</p>	<p>Identificar informações relevantes.</p> <p>Realizar busca ativa na web para enriquecimento da página.</p> <p>Anotar a Ontologia.</p>	<p>Página web com as informações relevantes para o Componente Organizer.</p> <p>Informação para anotar a ontologia.</p>
Organizer	<p>Página web com as informações relevantes, ou seja, sem elementos decorativos.</p>	<p>Organizar semanticamente o conteúdo da página web.</p>	<p>Árvore genérica contendo os elementos da página web ordenada com uma pontuação atribuída de acordo com a relevância de cada elemento. Para o componente Adapter.</p>
Adapter	<p>Elementos da página organizados em uma estrutura de árvore.</p>	<p>Reescrever a página web, realizando as adaptações.</p>	<p>Página web adaptada a ser entregue para o usuário.</p> <p>Recebe a informação de feedback para ser anotado na ontologia.</p>

Fonte: elaborado pelos autores.

4.7 COMPARAÇÃO ENTRE OS MODELOS DE ADAPTAÇÃO

Tabela 33 – Comparação entre os modelos @dapt e o @dapt++

CONCEITO	@DAPT	@DAPT++
Foco principal do modelo	Enriquecer semanticamente as imagens do site com informações lidas da ontologia.	Estruturar o conteúdo da página, considerando a similaridade semântica entre as informações disponibilizadas. Com informação relevante relacionada disponível na ontologia e pesquisada na Web.
Componentes do modelo	Ontologia VoidKb e o serviço Adapter.	Componentes Extractor, Organizer, Adapter e a ontologia VoidKB.
Funcionalidades secundárias	Realizar a adaptação dos sites para mostrar o enriquecimento semântico dos elementos da página.	Automaticamente extrair dados do site. Anotar dados na ontologia de forma automatizada Realizar a adaptação dos sites para apresentar o conteúdo melhor estruturado e o enriquecimento semântico dos elementos da página.

Fonte: elaborado pelos autores.

Conforme apresentado acima, o modelo @dapt++ destaca-se por considerar as necessidades específicas do usuário na adaptação das páginas web. Outro aspecto di-

ferencial é que as adaptações são realizadas de forma automática. O modelo @dapt++ também busca informações adicionais para enriquecer a página web, não se limitando ao conteúdo existente na página.

Dessa forma, vai além dos trabalhos apresentados, no sentido de ser genérico e propor a adaptação de sistemas web utilizando as anotações presentes na ontologia. Nesse aspecto, foram realizados estudos de caso, com cenários diferenciados, o que demonstra que o modelo @dapt++ pode ser utilizado em diversos domínios do conhecimento. A estrutura da página também é reordenada, com o objetivo de melhorar a compreensão, pelos deficientes visuais, do conteúdo disponibilizado na página web.

A utilização de uma ontologia como repositório de informações a serem compartilhadas, bem como de serviços web que utilizem essa ontologia e que possam também ser disponibilizados de forma compartilhada, agrega novas tecnologias e busca contribuir com uma nova proposta para melhorar a utilização de sistemas web por pessoas deficientes visuais.

Tabela 34 – Comparação entre os Modelos de Adaptação

CARACTERÍSTICAS	@DAPT	@DAPT++	EXTRAÇÃO DE INFORMAÇÕES	SEMWEB	TAKAGI	SADIE	DANTE	ABBA	HELP ON-DEMAND
Forma de anotação na ontologia	Manual	Auto	Não Específica	Auto	Manual	Manual	Manual	Não Específica	Não Específica
Considera as necessidades específicas do usuário	Não	Sim	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Sim
Limita-se ao conteúdo da página original	Sim	Não	Sim	Não	Não	Sim	Sim	Sim	Não se Aplica
Realiza a reutilização das anotações já processadas	Sim	Sim	Não Específica	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Não
Realiza adaptação na estrutura da página/sistema	Não	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim

Fonte: elaborado pelos autores.

5

IMPLEMENTAÇÃO

O modelo concebido tem como principal objetivo melhorar a acessibilidade para deficientes visuais na web. Mesmo com esse objetivo específico, é importante reforçar que páginas mais acessíveis são melhores e mais fáceis de utilizar para todos os usuários. O modelo foi concebido de forma genérica o suficiente para que qualquer usuário possa utilizá-lo. A definição do escopo para deficientes visuais dá-se devido à necessidade de definir um foco específico para realizar os experimentos e a validação do modelo concebido.

Nesse sentido, este capítulo apresenta o protótipo que foi desenvolvido e utilizado na implementação experimental da arquitetura do modelo. A primeira seção trata da utilização do protótipo. Posteriormente, na seção *Tecnologias Utilizadas*, estão relatadas as ferramentas e softwares que foram utilizados no desenvolvimento, e a última seção trata da apresentação do protótipo desenvolvido.

5.1 UTILIZAÇÃO DO @DAPT++

A respeito da utilização, inicialmente, o usuário deve fazer um *login* na aplicação. Caso não esteja cadastrado, ele pode fazê-lo através de uma tela específica. Também é pos-

sível que ele apenas escolha, entre os perfis cadastrados, o que mais se adequa a ele.

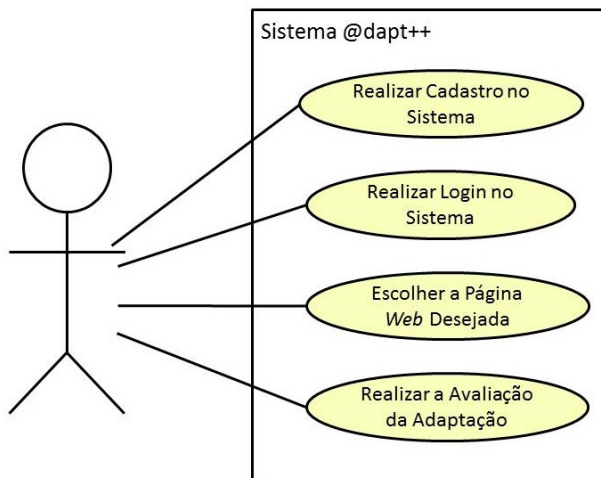
Os usuários são categorizados em perfis já definidos inicialmente. Essa categorização é feita de acordo com as características específicas de cada utilizador. Os perfis cadastrados inicialmente são: Deficiente Visual Total; Deficiente Visual Baixa Visão; Daltônicos; Outras Deficiências.

A partir da utilização inicial do sistema, informando um *login* e senha, ou apenas um perfil, o usuário vai informar a página web que pretende pesquisar. Dessa forma, os dados, que são informados na entrada do sistema são: Perfil e Página Web. A partir da inserção dessas informações, é realizado o processamento da página, e uma página adaptada é retornada para o usuário final como resultado.

Durante a utilização da página, o usuário pode avaliar a adaptação realizada, e esta é anotada na ontologia *VoidKB* para que as adaptações possam ser melhoradas de acordo com as avaliações, registradas através do *feedback* dos usuários.

A figura a seguir apresenta o diagrama de casos de uso da aplicação, a qual foi implementada como experimento para a validação do modelo @dapt++.

Figura 20 – Diagrama de Casos de Uso do Sistema



Fonte: elaborado pelos autores.

Tabela 35 – Definição dos Casos de Uso do Sistema Implementado

CASO DE USO	DESCRIÇÃO
Realizar Cadastro no Sistema	Usuário insere os seus dados no sistema e cria um login e senha.
Realizar Login no Sistema	O usuário já cadastrado pode efetuar o login através de seus dados ou através da escolha de um perfil já cadastrado.
Escolher a Página Web Desejada	O usuário insere a URL da página a ser adaptada.
Realizar a Avaliação da Adaptação	O usuário preenche um formulário com questões específicas para cada adaptação realizada na página web.

Fonte: elaborado pelos autores.

5.2 APRESENTAÇÃO DO SISTEMA

O sistema foi implementado utilizando o conceito de web services, em que cada módulo representa um web service com entradas e saídas definidas. Desse modo, a saída de um módulo é utilizada como parâmetro de entrada para o módulo a ser utilizado posteriormente. Nesta seção, são apresentados os detalhes de implementação dos componentes e módulos que compõem o sistema.

5.2.1 ARQUITETURA DO SISTEMA

A figura a seguir mostra o diagrama de subsistemas do modelo @dapt++. No diagrama, são apresentados os oito módulos que compõem o modelo, bem como três subsistemas que representam as buscas que são feitas na web e a utilização da ontologia, em que as anotações são realizadas.

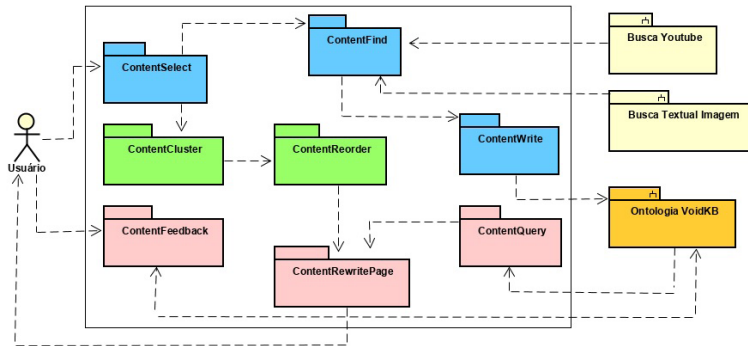
O primeiro subsistema apresentado no diagrama, chamado de Busca Youtube, é responsável pela busca de vídeos equivalentes às informações disponibilizadas na página a ser pesquisada pelo usuário deficiente visual. Ele foi implementado no sistema através da API *Youtube* (YOUTUBE, 2018).

O subsistema chamado de Busca Textual Imagem é responsável por pesquisar uma descrição relacionada à imagem disponibilizada nas páginas web. Essa busca foi implementada através da API *Bing Image Search* (MICROSOFT, 2018a), disponibilizada pela Microsoft.

O terceiro subsistema apresentado na figura representa a ontologia utilizada pelo modelo @dapt++: os módu-

los *ContentWrite* e *ContentQuery* são responsáveis por anotar e pesquisar as anotações nessa ontologia.

Figura 21 – Diagrama de Subsistemas do Modelo @dapt++



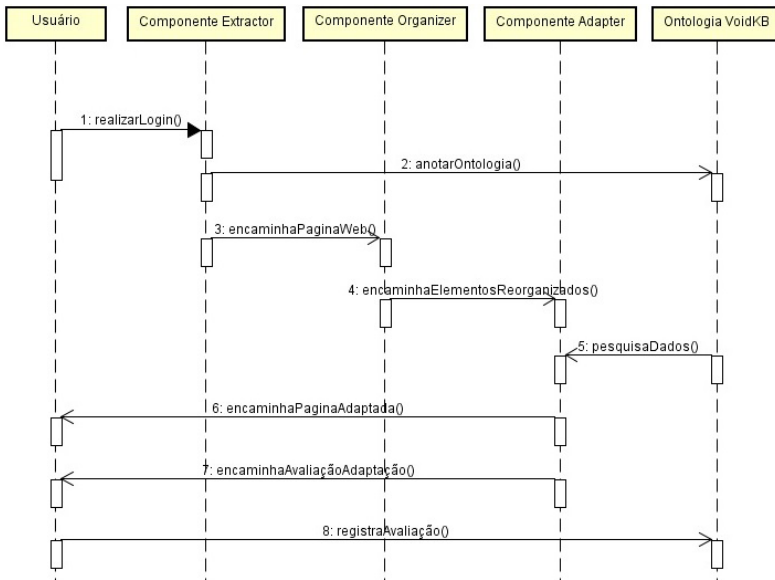
Fonte: elaborado pelos autores.

A figura a seguir apresenta o diagrama de sequência do sistema @dapt++. Esse diagrama apresenta a sequência de interações entre o usuário, os componentes do modelo e a ontologia *VoidKB*.

Inicialmente, o usuário realiza o *login* no sistema (mensagem 1) e encaminha para o componente *Extractor* os dados com a página a ser adaptada. O componente *Extractor* realiza buscas na web sobre as imagens disponibilizadas na página e também sobre a palavra-chave pesquisada. Essas informações são anotadas na ontologia (mensagem 2). A página solicitada pelo usuário final é encaminhada para o componente *Organizer* (mensagem 3), que irá reorganizar a página, priorizando os elementos mais relevantes. Os elementos da página reorganizados são encaminhados ao componente *Adapter* (mensagem 4), que é o responsável pela reescrita da página. Para que a pági-

na adaptada seja reescrita, também é necessário recuperar as anotações realizadas na ontologia (mensagem 5). Após a reescrita da página, a página adaptada é encaminhada ao usuário final (mensagem 6). Após a utilização da página adaptada pelo usuário final, é encaminhada uma avaliação a ser feita a respeito da página (mensagem 7). Os dados da avaliação são anotados na ontologia (mensagem 8), com o objetivo de aperfeiçoar as adaptações realizadas.

Figura 22 – Diagrama de Sequências do Modelo @dapt++



Fonte: elaborado pelos autores.

5.2.2 COMPONENTE EXTRACTOR

A página inserida no sistema inicialmente é processada pelo módulo *ContentSelect*, que retira todos os elementos decorativos da página, de acordo com o *aspect ratio* das imagens, que é uma medida que indica a relação entre a largura e altura da imagem. Esse módulo também verifica a palavra-chave que mais se destaca na página, e essa informação é repassada para o módulo *ContentFind*, para que possam ser pesquisadas informações adicionais na web sobre o conteúdo disponibilizado. Os dados que resultarem de tal busca são anotados na ontologia *VoidKB*.

Dessa maneira, o módulo *ContentFind* possui duas funções principais: pesquisar informações adicionais a respeito da página escolhida pelo usuário e pesquisar também descrições sobre as imagens disponibilizadas na página web escolhida pelo usuário. O diagrama de classes do módulo *ContentFind* pode ser visto na figura a seguir.

Como apresenta o diagrama de classes, o módulo é implementado através das classes *ContentFind*, *Keyword* e *AcessoYoutube*. A classe *ContentFind* implementa as principais funcionalidades do módulo *ContentFind*. A classe *Keyword*, por sua vez, possui os métodos referentes à busca pela palavra-chave identificada na página web. Já a classe *AcessoYoutube* contém o método para pesquisar vídeos através da API do Youtube (YOUTUBE, 2018). Esses vídeos pesquisados precisam estar acessíveis de acordo com a necessidade especial do usuário e também ser equivalentes às imagens que estão disponibilizadas na

página web original. Os métodos da classe *Keyword* possuem as seguintes funções:

GetWordsInSite: procura as palavras com maior ocorrência no site, excluindo conectivos e palavras que não possuem conotação significativa. Por fim, organiza os elementos por ordem de significância no contexto da página.

AddValueToOrderedList: apenas organiza o *ArrayList* com as palavras-chave.

GetWordsInText: elimina os caracteres não significativos a partir dos resultados obtidos na varredura de um parágrafo no texto.

ReplaceString: auxilia ao *GetWordsInText* a retirar os elementos inúteis.

A busca textual a respeito da página escolhida é realizada com a API do *Youtube*. Essa busca ocorre através do método *GetVideoURI*. O vídeo retornado a partir da busca é anotado na ontologia *VoidKB*.

O módulo *ContentFind* também realiza uma busca de descrições para as imagens que estão disponibilizadas na página web; essa busca é realizada utilizando a API *Bing Image Search*. O método *GetImageDescription* implementa essa ação.

Quanto ao método *Search*, ele pesquisa as Imagens e o contexto em que elas estão inseridas com a API *Bing Image Search*.

No que se refere ao método *GetSrcImage*, ele é utilizado para capturar o valor do atributo *src*, que indica o endereço da imagem a ser disponibilizada na página web.

O método *GetKeyWords* utiliza o método *GetKeyWordsInSite* da classe *Keywords*.

O método *FormatLinkImage*, por sua vez, altera o formato do link para que possa ser utilizado, corretamente, no sistema.

As informações retornadas pelo módulo *ContentFind* são anotadas na ontologia através do módulo *ContentWrite*, que possui como principal objetivo atualizar a ontologia *VoidKB*.

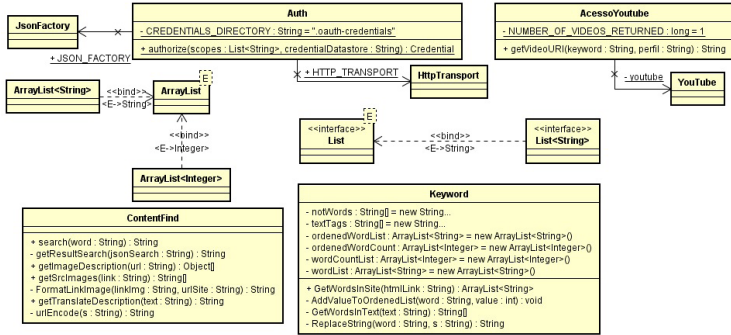
O Módulo *contentWrite* é implementado através de quatro classes: *AnnotationResult*, *ConnectionDB*, *IContentWrite* e *ContentWrite*.

A classe *AnnotationResult* possui como principal objetivo representar a anotação a ser realizada na ontologia.

A classe *ConnectionDB* é responsável por fazer a conexão com a base de dados.

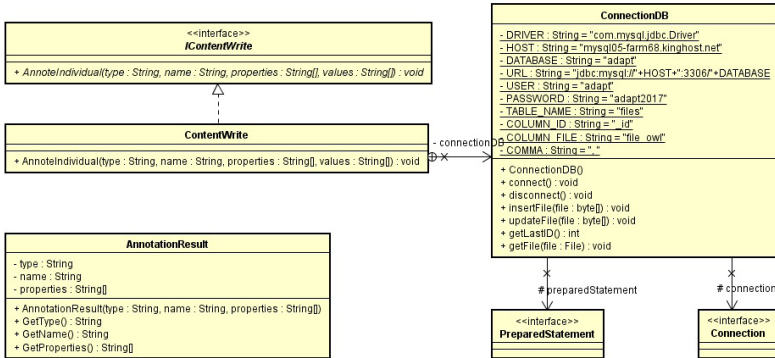
A classe *IContentWrite* é a interface que está implementada pela classe *ContentWrite*. Nessa classe, o principal método é *AnnoteIndividual*, que possui a função principal do módulo, que é registrar na ontologia os dados pesquisados pelo módulo *ContentFind*.

Figura 23 – Diagrama de Classes do Módulo ContentFind



Fonte: elaborado pelos autores.

Figura 24 – Diagrama de classes do módulo ContentWrite



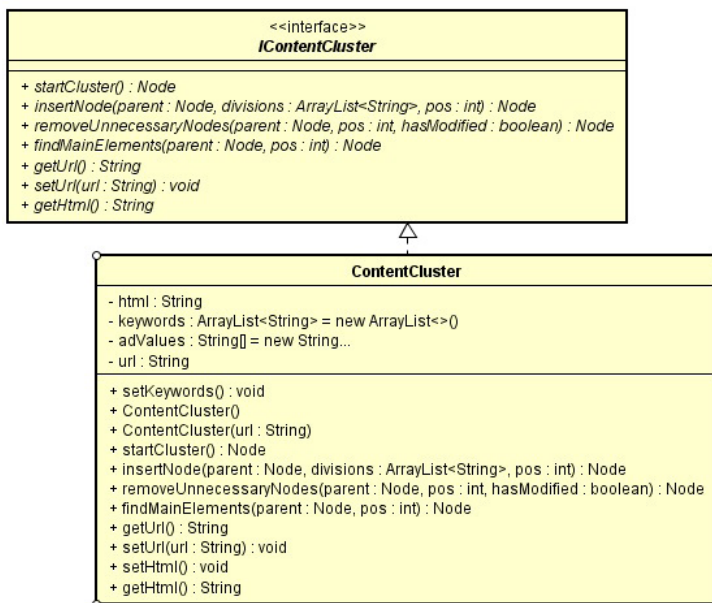
Fonte: elaborado pelos autores.

5.2.3 COMPONENTE ORGANIZER

O componente *Organizer* processa a página web escolhida pelo usuário e realiza um agrupamento das informações, de acordo com a similaridade semântica dos elementos disponíveis na página web. Para esse agrupamento, é considerado o estilo e o posicionamento dos elementos disponibilizados na página.

O processamento da página continua com o módulo *ContentCluster*, que agrupa todos os elementos da página de acordo com a similaridade semântica. Para essa avaliação, são utilizadas as informações sobre o posicionamento dos elementos na página e também é avaliado o conjunto de estilos aplicados a cada elemento. De acordo com essas informações, é atribuída uma pontuação para cada grupo de elementos, a qual indica a relevância do elemento na página. É gerada uma árvore genérica com todos os elementos da página e suas respectivas pontuações. Posteriormente, no processamento do módulo *ContentReorder*, os elementos da página são ordenados de acordo com essa pontuação.

Figura 25 – Diagrama de Classes do módulo ContentCluster



Fonte: elaborado pelos autores.

A figura acima apresenta o diagrama de classes do módulo *contentCluster*. Esse diagrama apresenta os métodos que foram implementados no processamento realizado pelo módulo *contentCluster*.

Esse módulo é constituído por duas classes: a classe *IContentCluster* é a *interface*, implementada pela classe *ContentCluster*.

O método *startCluster* é o método principal, sendo utilizado para extrair a estrutura HTML da página web e criar uma estrutura de dados no formato de árvore, a fim que a estrutura da página seja processada pelos outros módulos de forma mais direta.

Para realizar as operações na árvore, são utilizados os métodos *insertNode*, *removeUnecessaryNodes* e *findMainElements*.

O método *insertNode* identifica os elementos disponibilizados na página web e realiza a inserção desses elementos nos nós da árvore.

No que se refere ao método *removeUnecessaryNodes*, ele é responsável por remover os nós desnecessários da árvore.

O método *findMainElements*, por fim, é responsável por avaliar cada elemento disponibilizado na página web e atribuir uma pontuação para cada elemento, de acordo com a prioridade dele na página web. Essa pontuação foi atribuída considerando o estilo e o posicionamento dos elementos na página web.

Dessa forma, após a execução desses métodos, a árvore genérica está preenchida com os elementos disponibilizados na página, e, para cada elemento, existe uma pontuação associada. A árvore é encaminhada ao módulo *contentReorder*.

Os demais módulos possuem as seguintes funções:
SetKeyWords: configura o atributo *Keywords* (da classe *Keyword*) na instância do objeto *ContentCluster*.

ContentCluster: é o método construtor da classe.

GetUrl: método *Get* para capturar a URL do site.

SetUrl: método *Set* para configurar a URL do site.

SetHTML: método *Set* para configurar o HTML do site.

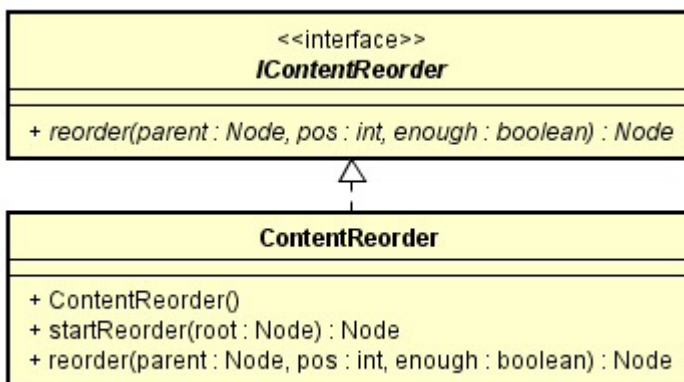
GetHTML: método *Get* para capturar o HTML do site.

O módulo *contentReorder* recebe a árvore genérica gerada pelo módulo *contentCluster*. O principal objetivo desse módulo é ordenar a árvore de acordo com a pontuação atribuída para cada elemento dela. Assim, ao final do processamento do módulo *contentReorder*, a árvore estará ordenada de acordo com a prioridade dos elementos e será utilizada na reescrita da página web original, gerando a página adaptada.

A figura a seguir apresenta o diagrama de classes do módulo *ContentReorder*. Esse método é implementado por duas classes, a classe *IContentReorder*, que é a interface, e a classe *ContetReorder*, que implementa a interface.

O principal método chama-se *reorder* e é responsável por processar cada nó da árvore, reordenando os nós de acordo com a pontuação atribuída a cada nó criado anteriormente. O método *StartReorder* possui como função iniciar e gerenciar todos os procedimentos necessários para realizar a reordenação dos elementos da árvore.

Figura 26 – Diagrama de Classes do módulo ContentReorder



Fonte: elaborado pelos autores.

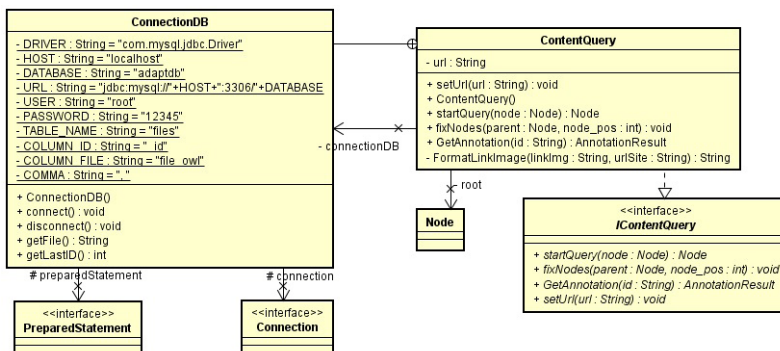
5.2.4 COMPONENTE ADAPTER

O componente *Adapter* possui como principal objetivo reescrever a página web, incluindo as anotações realizadas na ontologia *VoidKB* e melhorando a estrutura da página de acordo com a prioridade de cada elemento.

O componente *Adapter* possui dois módulos, que são *ContentQuery* e *ContentRewritePage*.

O módulo *ContentQuery* compõe-se de três classes principais. A classe *ConnectionDB* possui como principal objetivo realizar a conexão com a base de dados. A classe *IContentQuery* é a interface implementada pela classe *ContentQuery*. A seguir, a figura apresenta o diagrama de classes do módulo *ContentQuery*.

Figura 27 – Diagrama de Classes do módulo ContentQuery



Fonte: elaborado pelos autores.

O principal método apresentado no diagrama é o método *fixNodes*, que realiza a consulta na ontologia *VoidKB*. Os demais métodos possuem as seguintes funções:

SetUrl: método *set* para configurar a URL do site.

ContentQuery: método construtor da classe.

StartQuery: início e gerenciamento de todos os procedimentos necessários para realizar a implementação dos dados da ontologia nos elementos do site, alterando atributos e valores dos elementos html.

GetAnnotation: captura do resultado da ontologia de acordo com a URL fornecida, a fim de obter os dados relacionados com os itens salvos.

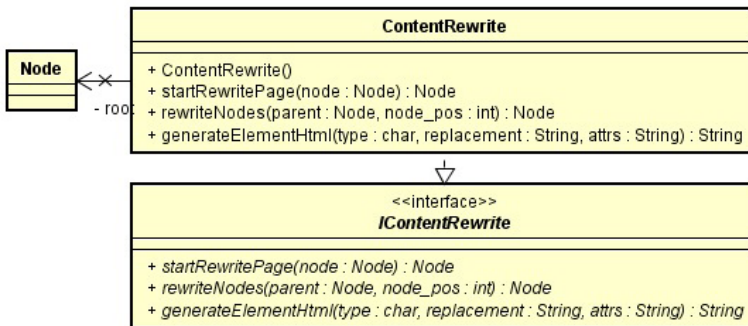
FormatLinkImage: alteração o formato do link para que possa ser utilizado corretamente no sistema.

O módulo *ContentQuery* utiliza o conjunto de elementos da página para consultar na ontologia *VoidKB* todas as anotações que foram realizadas anteriormente sobre os elementos da página a ser adaptada. Todas as anotações

consultadas são passadas como parâmetro de entrada para o módulo *ContentRewrite*.

A árvore que contém os elementos ordenados também é passada como parâmetro para o módulo *ContentRewrite*, para que a página seja reescrita contemplando as mudanças na sua estrutura e as anotações realizadas.

Figura 28 – Diagrama de classes do Módulo *ContentRewrite*



Fonte: elaborado pelos autores.

O módulo *ContentRewrite* foi implementado através de duas classes. A classe *IContentRewrite* é a interface e a classe *ContentRewrite* implementa esta interface. Os métodos da classe *ContentRewrite* possuem as seguintes funções:

startRewritePage: iniciar e gerenciar todos os procedimentos necessários para realizar a reescrita do html do site de acordo com as alterações feitas durante o processo de adaptação.

rewriteNodes: reescrever o html percorrendo os nós da árvore.

generateElementHtml: gerar o arquivo de texto html e salvar no banco de dados para ser acessado pelo *Client* PHP.

Após todo esse processamento realizado pelo modelo @dapt++, uma página adaptada é entregue ao usuário final. Também é entregue ao usuário final um formulário para a avaliação de cada adaptação realizada. Esse formulário é gerado pelo módulo *ContentFeedback* e as informações sobre as avaliações também são anotadas na ontologia *VoidKB*.

A criação desses web services completa o desenvolvimento do modelo de acessibilidade @dapt++, que tem como principal objetivo a adaptação de páginas web que utilizam os conceitos de adaptação e as tecnologias semânticas para melhorar a acessibilidade das páginas para os deficientes visuais.

A criação desses serviços segue a ideia exposta por Breitman, Casanova e Truszkowski (2007), quando dizem que os componentes de software têm papel fundamental na implantação da web semântica, pois, utilizados com as ontologias, podem melhorar a utilização da web. No caso deste trabalho, a junção dessas duas tecnologias tem como foco principal a melhoria da acessibilidade na web para deficientes visuais.

5.3 TECNOLOGIAS UTILIZADAS

Para o desenvolvimento das páginas web, disponibilizadas para a utilização do sistema de adaptação, foi utilizada a linguagem PHP (THE PHP GROUP, 2018).

Para o desenvolvimento do sistema, todos os web services foram implementados utilizando a tecnologia Java EE (ORACLE, 2018). O serviço foi desenvolvido utilizando o ambiente Eclipse Neon (FOUNDATION, 2018), que é um Ambiente de Desenvolvimento Integrado (IDE) amplamente utilizado como ferramenta de desenvolvimento na linguagem Java. Todos esses softwares foram instalados e configurados na plataforma Windows 10 (MICROSOFT, 2018b).

Para a modelagem das ontologias, foi utilizado o *software Protégé* (STANFORD UNIVERSITY, 2016). Para o acesso às bases de dados em RDF, foi utilizada a API Openrdf, que permite o acesso e a recuperação de informações em bases de dados RDF. Para prover o repositório dos dados localmente, foi utilizado o Sesame (OPENRDF, 2018). Como linguagem de consulta ao repositório de dados em RDF, foi utilizada a SPARQL (W3C, 2008a).

6

RESULTADOS EXPERIMENTAIS

O protótipo implementado e apresentado no capítulo anterior permitiu a utilização do modelo com pessoas deficientes visuais, possibilitando a avaliação da acessibilidade e usabilidade dos sites resultantes do processo de adaptação.

Foi utilizado um estudo de caso em que uma página web foi processada, gerando como resultado uma página adaptada. Foram removidas as imagens decorativas, e as imagens significativas foram substituídas por descrições textuais equivalentes, resultantes de uma pesquisa ativa na web.

São apresentados neste capítulo o cenário utilizado para a realização da adaptação bem como os resultados experimentais obtidos a partir da utilização do protótipo e a validação automatizada das páginas utilizadas.

6.1 CENÁRIO 01 – PORTAL DE PESQUISAS ACADÊMICAS

O cenário utilizado para a validação do modelo de acessibilidade versa sobre pesquisas acadêmicas; é um portal chamado “Sua Pesquisa” (SUAPESQUISA.COM, 2018a). Nele, foi feita uma busca a respeito do tema “a água” (SUAPESQUISA.COM, 2018b). O estudo de caso foi realizado com a página resultante dessa pesquisa.

A figura a seguir mostra a página web original com todas as imagens e a publicidade disponibilizada inicialmente na página. Essa página foi utilizada como exemplo do processo de adaptação realizada para esse cenário. Dessa forma, a página original (disponibilizada em: <https://www.suapesquisa.com/ecologiasaude/agua.htm>) foi processada pelo protótipo que implementa o modelo @dapt++.

Figura 29 – Cenário 01: página original



Disponibilizada em: <https://www.suapesquisa.com/ecologiasaude/agua.htm>

O processo de adaptação consiste em diversas ações que reestruturam a página original, para que se adeque às necessidades dos usuários. O resultado do processo é uma página adaptada, apresentada na figura seguinte (disponibilizada em: <http://www.adaptblind.com/html/b8c-cdd29700db3cd1022653c4f0ebe18.html>).

A partir dos questionários realizados inicialmente nessa pesquisa, observa-se que uma das dificuldades en-

contradas pelos usuários na utilização dos sites é a quantidade excessiva de elementos disponibilizados, na maioria das vezes de forma desnecessária. Por essa razão, a primeira adaptação realizada foi feita no sentido de minimizar tal dificuldade. Inicialmente, foram removidas as imagens decorativas disponibilizadas na página original.

Esse processo é realizado pelo módulo *ContentSelect*. O processamento da página foi realizado e todos os elementos da tag *img* foram avaliados. A partir do *aspect ratio* das imagens, é realizado um filtro das imagens que, provavelmente, são decorativas e das imagens que apresentam conteúdo significativo. As imagens decorativas geralmente possuem um valor menor. Dessa forma, o código da página adaptada já começa a ser gerado sem essas imagens.

Outra dificuldade reportada por todos os usuários entrevistados relaciona-se à compreensão das imagens disponibilizadas nas páginas, pois muitas delas não possuem uma descrição suficientemente significativa para que o deficiente possa compreender todo o conteúdo presente nesse elemento visual.

Nesse contexto situa-se a segunda adaptação realizada para esse cenário, que consiste na substituição das imagens por descrições textuais equivalentes e mais significativas. Esse processamento é realizado pelo módulo *ContentFind*.

Utilizando as imagens selecionadas por representarem um conteúdo significativo associado, foi realizada uma busca ativa na web a fim de pesquisar descrições textuais mais significativas, para que a página fosse enriquecida semanticamente.

Essas descrições foram pesquisadas usando a API Bing's Search (MICROSOFT, 2018a), que analisa uma imagem enviada como um parâmetro e retorna descrições sobre essa imagem. Um dos parâmetros que são retornados a partir da API se chama *confidence*, ou seja, confiança. Esse parâmetro indica o nível de confiabilidade que a descrição retornada pela API apresenta. Esse valor é avaliado e, caso haja um valor alto, que indica uma boa confiabilidade, então essas descrições são utilizadas para realizar a adaptação da página.

Todas as descrições, retornadas pela API, são feitas no idioma inglês. Dessa maneira, outra API (YANDEX, 2018) é utilizada para realizar a tradução dessas descrições para o idioma português. Após esse processo, as descrições foram incluídas na ontologia *VoidKB*, através do módulo *ContentWrite*.

No exemplo de adaptação apresentado, a imagem da água do mar, contida na página original, foi substituída pela descrição “água próxima ao mar”, destacada em um retângulo na imagem. Essa descrição foi resultado da pesquisa usando a imagem original na API de pesquisa que retorna descrições textuais sobre a imagem, feitas pelo módulo *ContentFind*. Essa descrição foi anotada na ontologia *VoidKB* pelo módulo *ContentWrite*. Esses processos de busca ativa e anotação automatizada na ontologia são feitos pelo componente *Extractor*.

Após todo o processamento, a última etapa foi a reescrita da página, realizada pelo componente *Adapter*. Nessa etapa, as descrições pesquisadas e anotadas na ontologia são consultadas pelo módulo *ContentQuery* e utilizadas no enriquecimento semântico da página original.

Outra adaptação realizada nesse exemplo foi a reorganização dos elementos na página. No processamento da página, os blocos de elementos são analisados e é atribuída uma prioridade para cada conjunto de elementos. Esse processo foi realizado pelo módulo *ContentCluster*. Dessa forma, observa-se que a página adaptada possui uma sequência diferente na apresentação dos elementos quando comparada com a página original. A figura a seguir apresenta a imagem da página adaptada.

Figura 30 – Cenário 01: página adaptada



Disponibilizada em: <http://www.adaptblind.com/html/b8ccdd29700db3cd1022653c4f0ebe18.html>

É importante destacar que a página adaptada não possui nenhuma imagem, pois as imagens decorativas foram retiradas e as imagens que representam conteúdo significativo foram substituídas por descrições textuais equivalentes. Essa página adaptada foi submetida à validação manual e também à validação automatizada.

6.1.1 CENÁRIO 01 – VALIDAÇÃO MANUAL

A validação manual foi realizada com um grupo de 14 usuários deficientes visuais, que utilizaram a página apresentada no Cenário 01 desta seção. Essa validação foi realizada no Instituto dos Cegos da Paraíba Adalgisa Cunha, no município de João Pessoa, estado da Paraíba, Brasil, onde também foram aplicados os questionários.

O roteiro da validação consistiu em o usuário utilizar as duas páginas: a página original e a página adaptada. Em seguida, foi solicitado que ele respondesse a um questionário que verifica as diferenças entre as páginas.

O experimento foi utilizado por 14 usuários com deficiência visual total. Inicialmente, eles foram orientados a utilizar a página original. Posteriormente, foi solicitado que eles utilizassem a página adaptada. Em seguida, os usuários foram orientados a responder a um questionário para avaliar a diferença entre as duas páginas.

Como resultado da análise dos questionários, todos os usuários perceberam que as páginas, apesar de terem o conteúdo semelhante, são estruturadas de forma diferente. A tabela a seguir mostra o resultado comparativo entre a página original e a página adaptada, apresentando a quantidade de usuários que responderam sobre todos os aspectos que foram avaliados no questionário.

Tabela 36 – Resultados comparativo do processo de adaptação entre a página original e a página adaptada no Cenário 01

ASPECTOS AVALIADOS	PÁGINA ORIGINAL	PÁGINA ADAPTADA
Melhorias da página adaptada com relação à página original	7%	93%
Melhor compreensão do conteúdo disponibilizado	7%	93%
Leitura mais objetiva da página, com relação à estrutura das páginas	7%	93%
Menor tempo para a leitura da página	14%	86%

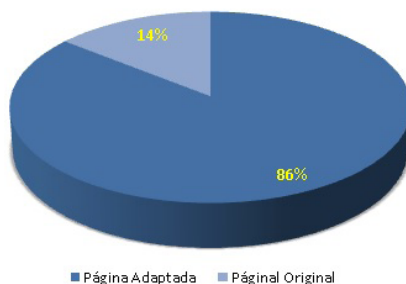
Fonte: elaborado pelos autores.

Destaca-se que, em sua maioria, os usuários que avaliaram as duas páginas perceberam a diferença entre elas e avaliaram as adaptações realizadas de forma positiva.

No gráfico a seguir, é possível perceber a melhoria na rapidez, ou seja, o menor tempo utilizado para a leitura da página.

Figura 31 – Percentual de pessoas que responderam a respeito da rapidez (melhoria do tempo) que utilizaram na leitura das páginas original e adap-

Percentual de Pessoas que Responderam Sobre o Tempo Utilizado na Leitura das Páginas



Fonte: elaborado pelos autores.

Destaca-se que a maior parte dos usuários respondeu que, para a leitura da página adaptada, é necessário menos tempo do que para a leitura da página original.

A avaliação manual realizada demonstra que a página adaptada permite uma melhor compreensão dos elementos disponibilizados na página web original, utilizando um tempo menor para a leitura. Isso torna a experiência do usuário deficiente visual na web mais produtiva.

O questionário disponibilizado também contemplou a possibilidade de os deficientes visuais complementarem as suas respostas com uma questão subjetiva. No total, 12 comentários foram registrados pelos usuários a respeito da comparação entre a página original e a página adaptada.

Tabela 36 – Resultados dos comentários feitos pelos usuários deficientes visuais, na validação manual do Cenário 01

DESCRIÇÃO	NÚMERO DE COMENTÁRIOS
Melhor navegabilidade da página adaptada com relação à página original	6
Melhor compreensão da página adaptada com relação à página original	2
Melhor usabilidade da página adaptada com relação à página original	3

Fonte: elaborado pelos autores.

Esses comentários foram classificados em três categorias para fins de tabulação. O mesmo comentário pode fazer parte de várias categorias. As categorias são:

- Melhor Usabilidade: estão contabilizadas nessa categoria todas as respostas que indicam mais facilidade na utilização da página.
- Melhor Compreensão: estão quantificados nesse tópico os comentários que tratam de um melhor entendimento sobre o conteúdo da página.
- Melhor Navegabilidade: estão relacionados nessa categoria todos os comentários que ressaltam mais rapidez e facilidade na navegação da página.

A validação manual realizada nas duas páginas permite uma análise comparativa sobre o processo de adaptação realizado. Os resultados coletados através dos questionários sobre a validação manual da página são importantes,

pois foram resultados da análise de pessoas deficientes visuais totais, ou seja, pessoas que enfrentam as dificuldades do dia a dia no uso da web e podem avaliar a melhoria que a adaptação das páginas pode prover na melhor compreensão do conteúdo na web.

6.1.2 CENÁRIO 01 – VALIDAÇÃO AUTOMATIZADA

A validação das duas páginas foi realizada utilizando o software TAW. Foram utilizadas as configurações *default* da ferramenta para validação, que é o nível de conformidade AA, de acordo com os padrões do W3C. Inicialmente, foi realizada a validação da página original, utilizada neste estudo de caso. A tabela a seguir apresenta os resultados da submissão da página original ao software validador.

Como resultado da validação, observa-se que a página adaptada resultou em menos ocorrências de erros nas verificações efetuadas. Posteriormente, foi feita a submissão da página adaptada ao software validador.

Tabela 37 – Resultados da Avaliação do TAW para a página original

PRINCÍPIOS	PROBLEMAS	ADVERTÊNCIAS	ITENS PARA REVISÃO MANUAL
Perceptível	4	38	4
Operável	0	8	7
Compreensível	3	6	4
Robusto	27	9	0

Fonte: elaborado pelos autores.

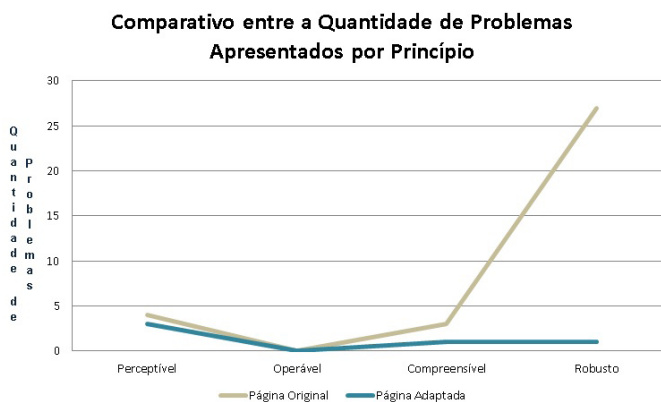
Tabela 38 – Resultados da Avaliação do TAW para a página adaptada

PRINCÍPIOS	PROBLEMAS	ADVERTÊNCIAS	ITENS PARA REVISÃO MANUAL
Perceptível	3	13	4
Operável	0	7	7
Compreensível	1	0	5
Robusto	1	0	0

Fonte: elaborado pelos autores.

O gráfico a seguir apresenta os resultados da validação automática das duas páginas e a quantidade de problemas apresentados na validação da página adaptada e da página original para cada um dos princípios definidos pelo W3C.

Figura 31 – Gráfico comparativo dos problemas apresentados na validação das páginas adaptada e original



Fonte: elaborado pelos autores.

Observa-se que a maior parte dos erros foi identificada no princípio robusto, que evidencia a forma como é disponibilizado o conteúdo da página. Ele indica que o conteúdo deve estar estruturado de modo que possa ser interpretado por ferramentas diversas, como, por exemplo, os leitores de tela.

É importante destacar que, como a validação da página tem como base a sintaxe utilizada na construção da mesma, observa-se que esse é um dos princípios que pode ser mais bem avaliado por uma ferramenta automatizada.

Os problemas identificados na avaliação realizada na página original, no princípio robusto, indicam que a página não está bem formada. Ou seja, é necessário incluir elementos para que não haja ambiguidades e a página possa ser corretamente interpretada pelos agentes do usuário. Nesse sentido, foram reportados erros como, por exemplo, utilização incorreta do *doctype*.

O princípio perceptível também está bastante relacionado com a sintaxe da página, e indica que o conteúdo deve ser apresentado em formatos alternativos, para que possa ser percebido pelos usuários. Os erros reportados, em grande parte, referem-se à construção da página sem utilizar os elementos HTML corretamente ou utilizá-los fora do padrão recomendado. Nesse sentido, os principais problemas encontrados foram: criação de listas não ordenadas utilizando os elementos para parágrafo, frames e formulários sem títulos.

O princípio operável indica que os elementos da interface e a navegação devem ser operáveis. Não foram reportados erros nesse princípio para as páginas original e adaptada.

É importante ressaltar que o princípio compreensível não se baseia apenas nas questões sintáticas e precisa de uma avaliação mais detalhada. Observa-se uma quantidade menor de ocorrências de mensagens de erros relacionadas a ele, o que não significa que a página está completamente entendível.

No princípio compreensível, são avaliadas questões que implicam ou dificultam o entendimento da página. Os erros apresentados na validação da página original mostram que a declaração de linguagem da página HTML não foi realizada e que um formulário foi disponibilizado sem um formato padrão para submissão.

Com relação aos erros encontrados na página adaptada, a maior parte dos erros foram encontrados no princípio perceptível. Os erros estão relacionados com a estrutura HTML da página e indicam a presença de listas vazias e a construção de listas sem utilizar os elementos HTML apropriados.

No princípio robusto, foi reportado um erro que indica a utilização de *frames* sem títulos.

Com relação ao princípio compreensível, foi apresentado o mesmo erro da página original, indicando que a declaração da linguagem da página não foi realizada.

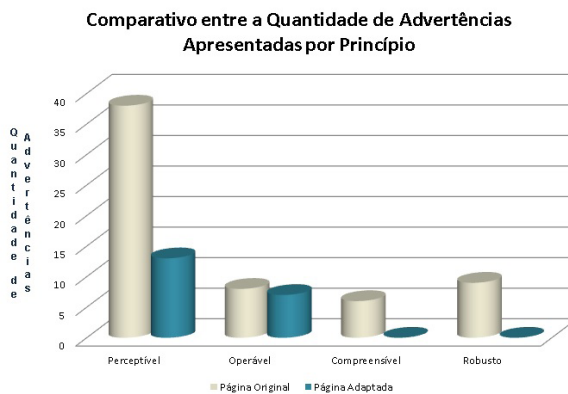
É importante destacar que, como o processo de adaptação da página web é realizado a partir da reescrita da página, elementos HTML são introduzidos no código dessa página e também complementados. Além disso, podem ser corrigidos problemas encontrados na página web original, como também podem surgir novos erros que antes não existiam na página.

Nesse sentido, é importante destacar que, nos resultados apresentados para as duas páginas, a avaliação da página original apresentou 34 erros. Na página adaptada, foram apresentados cinco erros; destes, apenas um erro não havia sido reportado na validação da página original. Dessa maneira, foram corrigidos 30 problemas e um problema novo foi reportado.

A partir da validação realizada pelo software TAW, é possível verificar que a página adaptada avaliada apresenta uma melhoria de aproximadamente 85% com relação à página original, considerando a quantidade de erros apresentados pelo software de validação automatizada.

O gráfico a seguir exibe um comparativo entre as duas páginas, ressaltando a quantidade de advertências apresentadas na validação da página adaptada e da página original para cada um dos princípios definidos pelo W3C.

Figura 32 – Gráfico comparativo das advertências apresentadas na validação da página adaptada e original



Fonte: elaborado pelos autores.

As advertências são pontos que devem ser revisados por um processo de validação manual para que possam ser verificadas de forma completa.

Com relação às advertências reportadas na página original, a maioria foi apresentada no princípio perceptível. Nesse princípio, são apresentadas advertências a respeito das unidades utilizadas na página, que são unidades absolutas em vez de serem unidades relativas. A mesma questão se aplica para o posicionamento dos elementos, em que está sendo utilizado o posicionamento absoluto. Outra advertência importante trata da necessidade de incluir uma descrição longa para as imagens.

A respeito do princípio robusto, as advertências são relativas à validação do CSS. Quanto ao princípio operável, as advertências tratam do conteúdo adequado e da utilização correta das tags de cabeçalhos. No princípio compreensível, todas as advertências estão relacionadas à utilização de formulários, no sentido de notificar os usuários quanto às informações que podem ser inseridas.

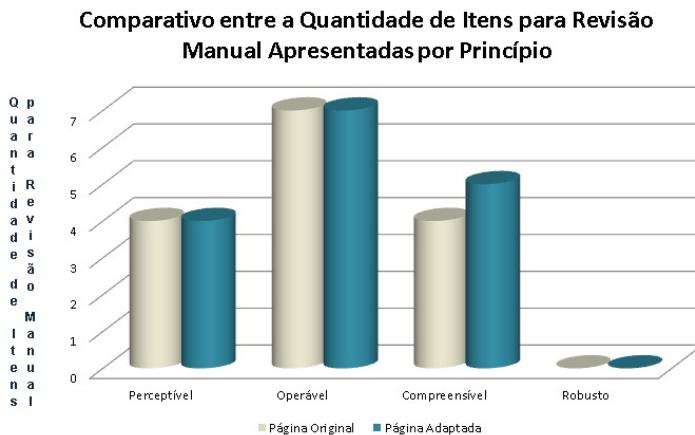
As advertências apresentadas na validação da página adaptada, em grande parte, foram reportadas no princípio perceptível e estão relacionadas com as unidades e o posicionamento utilizados, que são absolutos. Também foram reportadas advertências no princípio operável, que trata da utilização de títulos e cabeçalhos. Nos princípios robusto e compreensível, não foram apresentadas advertências para a página adaptada.

O gráfico a seguir exibe um comparativo entre as duas páginas, com a quantidade de itens que não foi possível verificar de forma automática. Foi necessária a valida-

ção completamente manual desses itens, tanto na página adaptada quanto na página original, para cada um dos princípios definidos pelo W3C.

Com relação aos itens que precisam de verificação manual, na validação da página original, não foi apresentada nenhuma mensagem para o princípio robusto. A maior parte das mensagens foi apresentada no princípio operável e tratam do foco da página e da sequência lógica de navegação. No princípio perceptível, estão incluídas as questões relacionadas à utilização de cores e contraste de cores. Quanto ao princípio compreensível, foram reportadas mensagens quanto às mudanças na página que são provocadas pelos eventos “*onfocus*”, “*onchange*” e “*onload*”. Também foram reportadas mensagens quanto à linguagem da página.

Figura 33 – Gráfico comparativo dos itens para revisão manual apresentados na validação da página adaptada e original



Fonte: elaborado pelos autores

A respeito da validação na página adaptada, a maior parte dos itens que necessitam de revisão manual concentrou-se no princípio operável, que apresenta mensagens quanto ao foco e à navegação da página. No princípio compreensível, as mensagens tratam das mudanças relacionadas aos eventos na página e na linguagem da página web.

Nesses experimentos, observou-se uma melhor acessibilidade através do enriquecimento semântico da página adaptada. É importante destacar que essa melhoria é proporcional à quantidade de informações armazenadas na ontologia sobre a página web adaptada. Quanto mais elementos da página, como audiodescrições e descrições textuais, melhor a qualidade da adaptação a ser realizada.

6.1.3 CENÁRIO 01 – ANÁLISE DAS AVALIAÇÕES MANUAL E AUTOMATIZADA

As duas avaliações realizadas, tanto na validação manual quanto na validação automatizada, mostraram que a página adaptada está mais de acordo com os padrões recomendados pelo W3C e pelo e-Mag. Ela também possui uma melhor navegabilidade e usabilidade, o que torna mais rápida a sua leitura. Os resultados mostram ainda que a página adaptada permite uma melhor compreensão do conteúdo disponibilizado, maximizando o entendimento do usuário.

Dessa forma, as duas validações mostram a viabilidade do modelo no sentido de tornar a experiência do usuário deficiente visual na web mais positiva e produtiva.

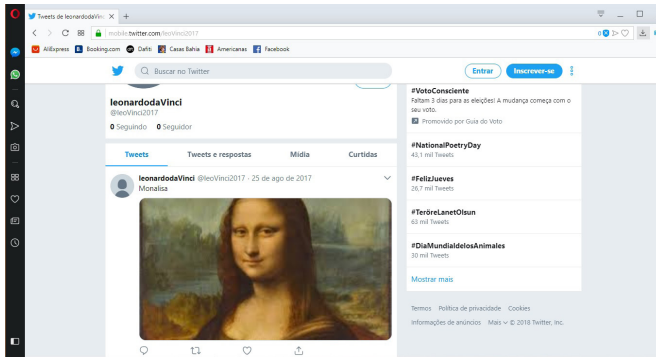
6.2 CENÁRIO 02 – REDE SOCIAL TWITTER

O segundo cenário utilizado para a validação do modelo de acessibilidade foi a rede social Twitter (TWITTER, 2018). A utilização das redes sociais aumentou muito nos últimos anos e atualmente essas redes constituem importante forma de comunicação, interação e entretenimento para os usuários. As redes sociais também se destacaram como relevante ferramenta de mobilização social na área da política, apoiando campanhas e manifestações sociais de alcance mundial.

Para este estudo de caso, foi criada uma página pública na rede social Twitter para o pintor Leonardo da Vinci, que realizou a pintura de diversas obras, entre elas, a obra intitulada “Monalisa”, que foi incluída na página criada no Twitter.

A figura a seguir mostra a página web original. Esta foi utilizada como exemplo do processo de adaptação realizada para esse cenário. Assim, a página original (disponibilizada em: <https://mobile.twitter.com/leoVinci2017>) foi processada pelo protótipo que implementa o modelo @dapt++.

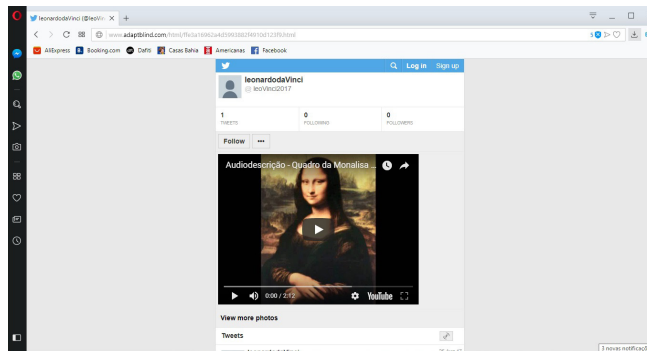
Figura 34 – Cenário 02: página original



Disponibilizada em: <https://mobile.twitter.com/leoVinci2017>

O processo de adaptação consistiu em diversas ações que reestruturam a página original, para que se adeque às necessidades dos usuários deficientes visuais. O resultado desse processo é uma página adaptada, apresentada na figura a seguir:

Figura 35 A Figura 6.8 apresenta a imagem da página adaptada



Disponibilizada em: <http://www.adaptblind.com/html/ffe3a16962a4d-5993882f4910d123f9.html>

A partir dos questionários realizados inicialmente nesta pesquisa, observa-se que a principal dificuldade encontrada na utilização dos sites refere-se ao entendimento das imagens neles disponibilizadas.

Na maior parte dos casos, os deficientes visuais percebem que existe uma imagem na página; porém, o conteúdo transmitido por ela não é compreendido por eles de forma completa. Como não conseguem visualizar a imagem, a compreensão dessas pessoas depende de descrições textuais disponibilizadas nas páginas, que descrevem o conteúdo da imagem para que o software leitor de tela possa lê-las.

Na maioria dos casos, os sites não incluem essas descrições ou elas são muito simplistas diante da riqueza de conteúdo representado em uma imagem.

Observando as redes sociais, verifica-se que esse espaço para adicionar uma descrição da imagem não está disponível. Nesse sentido, o deficiente visual precisa deduzir o que a imagem representa apenas com base no texto da publicação feita.

Desse modo, destaca-se que seria importante que as redes sociais disponibilizassem a possibilidade de se incluir um nome significativo para as imagens e também a descrição dessas imagens. Penso que, dessa forma, o conteúdo seria bem mais compreensível e, conseqüentemente, mais acessível.

Nessa perspectiva, a primeira adaptação realizada nesse cenário aconteceu no sentido de minimizar tal dificuldade apresentada. Observando os resultados dos questionários e entrevistas, a audiodescrição foi escolhida pela

maioria dos deficientes visuais como um recurso importante para a compreensão das imagens disponibilizadas nas páginas web.

Nesse sentido, foi realizada a adaptação nesse cenário e foi feita a substituição da imagem disponibilizada na página web original por uma audiodescrição equivalente. Desse modo, a página adaptada apresenta o vídeo com audiodescrição em vez da imagem disponibilizada originalmente.

O processo de adaptação é iniciado pelo módulo *ContentSelect*. A página foi processada e foi identificada a palavra chave dessa página. A seleção da palavra chave é feita verificando a tag e o estilo atribuído às palavras, bem como as palavras que mais se repetem. A partir dessa verificação, são geradas uma estrutura de memória (*ArrayList*) com as palavras selecionadas e uma pontuação atribuída a cada palavra.

Outra informação importante é pesquisada a partir do perfil do usuário, segundo o qual é possível verificar a deficiência que está associada a ele. Dessa forma, por meio da consulta a partir da deficiência na ontologia *VoidKB*, é possível identificar a adaptação necessária a ser feita na página web, através da classe *Adaptacao*.

Na ontologia, a classe *Adaptação* possui uma propriedade de objeto que se chama *e_definida*. Assim, a classe *Deficiencia* também possui uma propriedade que se chama *define*. Dessa maneira, pesquisando-se na ontologia *VoidKB* através da deficiência do usuário, retorna-se a adaptação que é definida por essa deficiência – nesse caso, o valor retornado é audiodescrição.

Essas duas informações – a palavra com a pontuação mais alta, ou seja, a primeira palavra na lista de palavras

chave, e também a descrição anotada na ontologia – foram unidas e utilizadas em uma pesquisa para selecionar um vídeo. Nesse caso, foi utilizada a API do Youtube (YOUTUBE, 2018) que retorna vídeos, de acordo com uma descrição pesquisada. Essa pesquisa é realizada pelo módulo *ContentFind*.

O vídeo retornado nessa pesquisa é anotado na ontologia *VoidKB* através do módulo *ContentWrite*. Essa anotação na ontologia é feita utilizando a propriedade *owl:sameAs*, que indica que dois recursos são equivalentes. Fica registrado na ontologia, por conseguinte, que a URI da imagem, disponibilizada na página original, é equivalente a URI do vídeo pesquisado. Com esses dois recursos anotados na ontologia e vinculados a partir dessa propriedade, a adaptação pode ser feita de forma automática, substituindo a imagem pelo vídeo no processo de reescrita da página.

Esse vídeo foi anotado na ontologia *VoidKB* pelo módulo *ContentWrite*. Esses processos de busca ativa e anotação automatizada na ontologia são feitos pelo componente *Extractor*.

Após todo o processamento, a última etapa foi a reescrita da página, realizada pelo componente *Adapter*. Nessa etapa, é feita uma pesquisa na ontologia *VoidKB* a partir das imagens disponibilizadas na página web original. O objetivo é recuperar descrições ou vídeos equivalentes a URI dessa imagem.

Os dados pesquisados e anotados na ontologia são consultados pelo módulo *ContentQuery* e utilizados no enriquecimento semântico da página original. Com os dados

retornados da pesquisa na ontologia, é feita a reescrita da página, substituindo as imagens pelos elementos equivalentes; nesse caso, foi utilizada uma audiodescrição.

É importante destacar que a adaptação foi feita substituindo-se a imagem “Monalisa” pelo vídeo com a audiodescrição, disponibilizado de forma pública através do Youtube (disponibilizado em: <https://www.youtube.com/watch?v=qK5mYSABrek>).

Na adaptação da página, o vídeo foi configurado para iniciar de forma automática, de forma a facilitar a operação da página para o usuário deficiente visual. Essa página adaptada foi submetida à validação manual e também à validação automatizada.

6.2.1 CENÁRIO 02 – VALIDAÇÃO MANUAL

A validação manual foi realizada com um grupo de 12 usuários deficientes visuais, que utilizaram a página apresentada no Cenário 02 desta seção.

Essa validação foi realizada no Instituto Benjamin Constant (IBC, 2016), que é um centro de referência nacional na área da deficiência visual, localizado no município do Rio de Janeiro, estado do Rio de Janeiro, Brasil. Foi fundado em 1854 e atualmente atende a surdocegos e pessoas com deficiência múltipla, além de deficientes visuais.

A validação manual desse experimento foi realizada no período de 16/10/2018 a 19/10/2018.

O roteiro da validação consistiu em o usuário utilizar as duas páginas: a página original e a página adaptada. Após isso, foi solicitado que ele respondesse a um questio-

nário com perguntas a respeito da compreensão do conteúdo disponibilizado nas duas páginas.

O experimento foi utilizado por 12 pessoas com deficiência visual total. Após a utilização das duas páginas, os usuários foram orientados a responder a um questionário para avaliar a diferença entre as duas páginas utilizadas. Esse questionário tem três questões abertas que tratam da compreensão do conteúdo disponibilizados nas duas páginas.

Na análise dos resultados, observa-se que todos os usuários perceberam que as páginas, apesar de terem o conteúdo semelhante, são estruturadas de forma diferente. A tabela a seguir mostra o resultado comparativo entre a página original e a página adaptada, apresentando a quantidade de pessoas que responderam sobre todos os aspectos que foram avaliados de forma objetiva no questionário.

Assim como no cenário 01, destaca-se que, em sua maioria, os usuários que avaliaram as duas páginas perceberam a diferença entre as páginas e avaliaram as adaptações realizadas de forma positiva.

Conforme apresenta a tabela, as perguntas objetivas questionam os deficientes visuais a respeito de três fatores importantes.

Tabela 39 – Resultados comparativo do processo de adaptação entre a página original e a página adaptada

ASPECTOS AVALIADOS	PÁGINA ORIGINAL	PÁGINA ADAPTADA
Melhor compreensão do conteúdo disponibilizado	8%	92%
Leitura mais objetiva da página, com relação à estrutura das páginas	33%	67%
Menor tempo para a leitura da página	33%	67%

Fonte: elaborado pelos autores.

O primeiro fator apresentado na tabela diz respeito à compreensão do conteúdo. O fato de 90% dos usuários responderem que a adaptação permite uma maior compreensão do conteúdo demonstra a viabilidade do modelo no sentido de potencializar o entendimento quanto a essa questão. Enquanto na página original existe uma imagem em que não é possível identificar sobre do que trata, a audiodescrição permite um conhecimento aprofundado dos detalhes que estão apresentados na imagem. Nesse sentido, a adaptação resolve o maior problema identificado pelas pessoas deficientes visuais nos questionários, que é a compreensão do conteúdo apresentado através das imagens nas páginas web.

Com relação à estrutura da página, avalia-se que a página original, apresentada no cenário 01, é mais complexa, de forma que a adaptação simplifica a página. Por esse motivo, houve melhor avaliação dos usuários para o cenário 01.

A respeito do tempo utilizado para a leitura da página, o vídeo com audiodescrição utilizado na adaptação realizada, substituindo a imagem da página original, possui 2 minutos e treze segundos. Nesse sentido, comparando-se com o resultado do cenário 01, o tempo para a leitura da página nesse cenário é maior, então, naturalmente, o resultado é melhor.

O questionário utilizado possui três perguntas subjetivas. A primeira delas solicita que o usuário explique sobre a diferença das duas páginas. A segunda pergunta questiona sobre o conteúdo disponibilizado na primeira página, e a terceira solicita que o usuário explique sobre o conteúdo disponibilizado na segunda página.

Com relação às diferenças entre as páginas, uma das pessoas que realizou o teste destacou que estrutura da página adaptada é mais simples para usuários iniciantes na web. Porém, para usuários mais avançados, a página original é melhor. Contudo, todos ressaltaram a importância da audiodescrição para que a imagem possa ser compreendida.

Sobre o conteúdo disponibilizado na página original, a maior parte dos usuários percebe os elementos da página, os links e a existência de uma imagem. Mas deixam claro a inexistência da explicação sobre a imagem.

Sobre o conteúdo da página adaptada, os comentários reforçam a importância da audiodescrição como recurso essencial para a compreensão do conteúdo apresentado na imagem. Houve relatos de pessoas que, pela primeira vez, conseguiram conhecer a famosa obra “Monalisa”. Muitos também reforçaram a importância de utilizar ferramentas desse tipo para que a experiência na web seja mais produtiva.

Os resultados coletados através do processo de validação manual da página são importantes para confirmar a viabilidade do modelo, visto que as pessoas deficientes visuais que utilizaram o experimento são as que melhor conhecem as dificuldades de forma prática no dia a dia.

6.2.2 CENÁRIO 02 – VALIDAÇÃO AUTOMATIZADA

Assim como a validação realizada no cenário 01, a validação das duas páginas foi realizada utilizando o software TAW.

Também foram utilizadas as configurações *default* da ferramenta para validação, que é o nível de conformidade de AA, de acordo com os padrões do W3C. Inicialmente, foi realizada a validação da página original, utilizada neste estudo de caso. A tabela a seguir apresenta os resultados da submissão da página original ao software validador.

Tabela 39 – Resultados da Avaliação do TAW para a página Original no Cenário 02

PRINCÍPIOS	PROBLEMAS	ADVERTÊNCIAS	ITENS PARA REVISÃO MANUAL
Perceptível	2	6	4
Operável	1	8	9
Compreensível	3	18	4
Robusto	16	1	0

Fonte: elaborado pelos autores.

Posteriormente, foi feita a submissão da página adaptada ao software validador. A tabela seguinte apresenta a tela do validador com os resultados da submissão dessa página. Como resultado da validação, observa-se que a página resultou em menos ocorrências de erros nas verificações efetuadas.

Tabela 40 – Resultados da Avaliação do TAW para a página Adaptada no Cenário 02

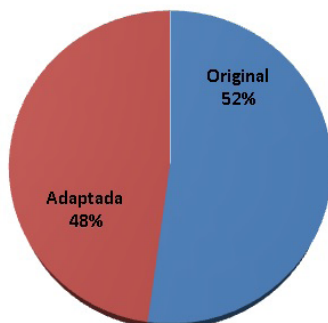
PRINCÍPIOS	PROBLEMAS	ADVERTÊNCIAS	ITENS PARA REVISÃO MANUAL
Perceptível	4	13	4
Operável	3	3	8
Compreensível	1	24	5
Robusto	1	0	0

Fonte: elaborado pelos autores.

O gráfico a seguir exibe um comparativo com o total das ocorrências apresentadas na validação automática das duas páginas. De acordo com a validação automatizada, a página adaptada apresenta menos ocorrências de erros do que a página original.

Figura 36 - Gráfico comparativo com a quantidade total das ocorrências apresentadas na validação das páginas adaptada e original

Comparativo entre a Quantidade Total de Ocorrências Apresentadas na Validação das Páginas Original e Adaptada



Fonte: elaborado pelos autores.

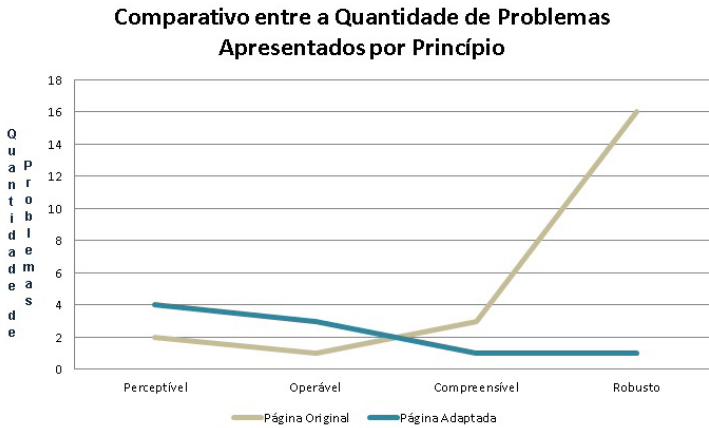
Semelhantemente ao cenário 01, observa-se que a maior parte dos erros da página original foi identificada no primeiro princípio, robusto, que evidencia a forma como é disponibilizado o conteúdo da página. Isso indica que o conteúdo deve estar estruturado de modo que possa ser interpretado por ferramentas diversas, como, por exemplo, os leitores de tela.

Com relação aos erros apresentados no princípio robusto, a maior quantidade de erros se dão com relação a problemas com a estrutura da página, por exemplo: na estrutura do *doctype* e no uso correto das tags HTML.

Os erros reportados na página original com relação ao princípio compreensível são referentes à falta da definição da linguagem da página, a formulários sem o formato de submissão padrão e também às entradas de formulários sem os devidos títulos.

Com relação ao princípio perceptível, os erros apresentados também estão relacionados aos formulários sem os devidos títulos associados, que prejudicam a compreensão do que precisa ser preenchido.

Figura 37- Gráfico comparativo dos problemas apresentados na validação das páginas adaptada e original



Fonte: elaborado pelos autores.

O princípio operável apresenta um erro de um link vazio. Com relação aos erros encontrados na página adaptada, a maior parte dos erros foram encontrados no princípio perceptível. São erros referentes à estrutura das listas e cabeçalhos da página.

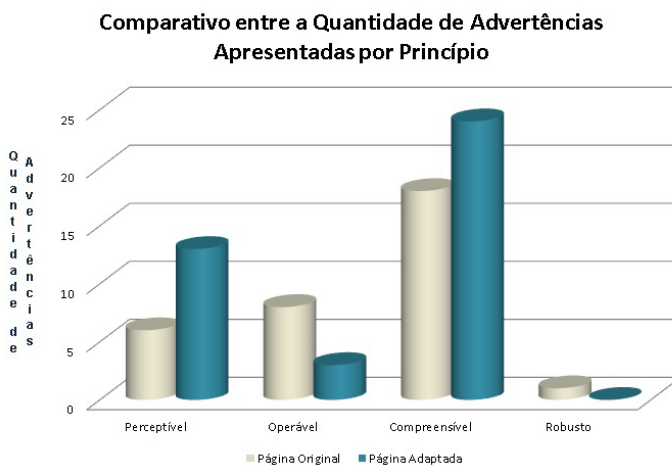
Os erros referentes ao princípio operável são referentes a um link vazio.

Os princípios compreensível e robusto apresentaram apenas um erro cada um. No princípio compreensível, o erro se refere à definição da linguagem da página, e no

princípio robusto, foi reportado um erro que indica a utilização de frames sem títulos.

A partir da validação realizada pelo software TAW, é possível verificar que a página adaptada avaliada apresenta uma melhoria de aproximadamente 58% com relação à página original, considerando a quantidade de erros apresentados pelo software de validação automatizada.

Figura 38 - Gráfico comparativo das advertências apresentadas na validação da página adaptada e original



Fonte: elaborado pelos autores.

A figura acima apresenta um gráfico comparativo entre as duas páginas, ressaltando a quantidade de advertências apresentadas na validação da página adaptada e da página original para cada um dos princípios definidos pelo W3C.

As advertências são pontos que devem ser revisados por um processo de validação manual para que possam ser verificadas de forma completa.

Com relação às advertências reportadas na página original, a maioria foi apresentada no princípio compreensível. A maior parte das notificações nesse princípio trata da utilização de formulários, da correta identificação dos campos e da informação sobre o formato que precisa ser inserido.

Com relação as demais notificações apresentadas, a respeito do princípio robusto, as advertências são relativas à validação do CSS. Quanto ao princípio operável, as advertências tratam do conteúdo adequado e da utilização correta das tags de cabeçalhos. No princípio perceptível, as advertências estão relacionadas à necessidade de inserir descrições mais longas para as imagens e ao tamanho das fontes, em que foram utilizadas unidades absolutas.

As advertências apresentadas na validação da página adaptada, em grande parte, foram reportadas no princípio compreensível e também estão relacionadas com a utilização dos formulários, sobre deixar claro para o usuário o que deve ser inserido em cada campo e também com o formato das informações que devem ser inseridas.

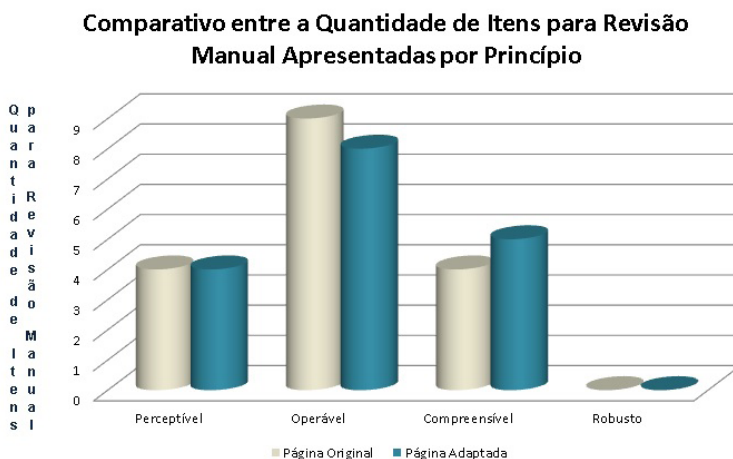
Quanto ao princípio perceptível, as notificações estão relacionadas com imagens que necessitam de uma descrição longa e também com relação às unidades utilizadas, que são absolutas. Também foram reportadas advertências no princípio operável, que trata da utilização de títulos e cabeçalhos. No princípio robusto, não foram apresentadas advertências para a página adaptada.

A seguir, o gráfico apresenta um comparativo entre as duas páginas, com a quantidade de itens que não foi possível verificar de forma automática, sendo necessária a validação completamente manual desses itens tanto na pá-

gina adaptada quanto na página original para cada um dos princípios definidos pelo W3C.

Com relação aos itens que precisam de verificação manual, na validação da página original, não foi apresentada nenhuma mensagem para o princípio robusto. A maior parte das mensagens foi apresentada no princípio operável e tratam do foco da página e da sequência lógica de navegação. No princípio perceptível, estão incluídas as questões relacionadas à utilização de cores e contraste de cores. Quanto ao princípio compreensível, foram reportadas mensagens quanto às mudanças na página que são provocadas pelos eventos “onfocus”, “onchange” e “onload”. Também foram reportadas mensagens quanto à linguagem da página.

Figura 38 - Gráfico comparativo dos itens para revisão manual apresentados na validação da página adaptada e original



Fonte: elaborado pelos autores.

A respeito da validação na página adaptada, a maior parte dos itens que necessitam de revisão manual concentrou-se no princípio operável, que apresenta mensagens quanto ao foco e à navegação da página. No princípio compreensível, as mensagens tratam das mudanças relacionadas aos eventos na página e também da linguagem da página web. O princípio perceptível trata das cores e contrastes utilizados na página. No princípio robusto, por sua vez, não foi apresentada nenhuma notificação.

A validação automática da acessibilidade da página web é uma das formas de verificar o quanto a página é acessível, com base nos princípios e recomendações do W3C. No entanto, como essa validação se baseia apenas nos elementos sintáticos da página, esse processo tem limitações e não reflete a melhoria da página no sentido de potencializar a compreensão das pessoas com deficiência visual a respeito do conteúdo disponibilizado.

Nesse contexto, o resultado da validação automatizada, apesar de ser um ponto importante para mostrar a viabilidade do processo de adaptação no sentido tornar a página mais acessível, não consegue mensurar a melhoria na utilização da audiodescrição na página adaptada, em comparação com a imagem disponibilizada na página original.

6.2.3 CENÁRIO 02 – ANÁLISE DAS AVALIAÇÕES MANUAL E AUTOMATIZADA

As duas formas de validação da acessibilidade das páginas adaptadas apresentaram resultados positivos, indicando que a página adaptada está mais acessível às neces-

sidades das pessoas deficientes visuais quando comparada com a página disponibilizada originalmente.

Nesse sentido, a validação automatizada é um indicador importante, pois verifica a estrutura da página e destaca a melhoria obtida no processo de adaptação de forma quantitativa, pois apresenta a quantidade de problemas, advertências e pontos para revisão manual. Dessa forma, é possível mensurar numericamente a melhoria obtida na adaptação da página web.

Mas é importante destacar que, mesmo sendo um indicador de melhoria importante, a validação automatizada, devido à limitação de verificar apenas sintaticamente as páginas, não consegue mensurar a melhoria oportunizada para a compreensão de uma pessoa deficiente visual quando uma imagem é substituída por um vídeo com audiodescrição.

Nesse aspecto, para esse cenário, a validação manual tem uma importância essencial, visto que, a partir dos comentários registrados pelos deficientes visuais na utilização da página adaptada, é possível realmente mensurar a melhoria obtida para as pessoas deficientes visuais. Essa melhoria reflete mais qualidade na utilização da web.

Assim como no cenário 01, as duas validações realizadas no cenário 02 mostram a viabilidade do modelo no sentido de maximizar a compreensão das pessoas deficientes visuais com relação ao conteúdo disponibilizado nas páginas web.

7

CONCLUSÕES

Este trabalho apresenta o @dapt++, um modelo semântico que realiza adaptações automáticas, impulsionadas por uma ontologia sobre sites, visando melhorar a acessibilidade para deficientes visuais.

O objetivo principal do modelo @dapt ++ é executar automaticamente adaptações em páginas da web. Com essa finalidade, foram analisadas algumas páginas selecionadas por usuários com deficiência e foram identificadas as informações mais relevantes. Essas informações relevantes foram, então, utilizadas como base para procurar dados adicionais e relacionados. A informação resultante foi anotada e representada por elementos ontológicos. Além disso, a página com os elementos disponibilizados foi analisada e semanticamente agrupada, de acordo com critérios de similaridade de conteúdo.

A página resultante é mais bem organizada e enriquecida com dados adicionais e relevantes obtidos automaticamente a partir da ontologia. Depois, a página adaptada é finalmente entregue ao usuário. É importante notar que esse processo de adaptação está em conformidade com as recomendações e princípios do W3C.

Quando uma descrição textual é inserida na imagem para que a descrição da imagem seja mais detalhada

e o usuário possa ter uma maior compreensão do conteúdo disponibilizado, o princípio compreensível está sendo seguido. Quando a adaptação é realizada e a estrutura da página é simplificada, tornando mais rápida a leitura do conteúdo, o princípio operável está sendo considerado, visto que se torna mais simples o usuário utilizar a página web. Quando os elementos da página são substituídos por elementos mais acessíveis, os princípios perceptível e robusto também estão sendo seguidos.

Nesse sentido, é importante destacar que as adaptações realizadas seguem os padrões do W3C, que estabelece orientações e princípios para que os sites sejam acessíveis.

Os resultados que foram alcançados provam a viabilidade e relevância do modelo, especialmente no contexto de ferramentas automáticas de adaptação de acessibilidade na web. Isso é precisamente o que motivou o desenvolvimento desta pesquisa, que se baseia na adição de uma estrutura semântica significativa ao conteúdo das páginas web.

Nesse aspecto, o diferencial dessa proposta é a utilização dos conceitos de web semântica, adaptação dinâmica de sistemas e acessibilidade. Entende-se que a união desses fundamentos contribui significativamente para a melhoria da acessibilidade em sites na web, tanto melhorando os elementos disponibilizados na página, quanto melhorando semanticamente a estruturação do conteúdo disponibilizado.

O desenvolvimento desta pesquisa é uma contribuição no sentido de buscar novas propostas para melhorar e adaptar as páginas web aos deficientes visuais, de forma a trazer para uma ferramenta automatizada um esforço de adaptar as páginas, tornando-as mais acessíveis. Esse es-

forço é atualmente realizado pelos próprios usuários, que muitas vezes não conseguem obter uma experiência positiva na web.

Inicialmente, a pesquisa foi realizada com pessoas deficientes visuais, utilizando questionários e entrevistas. Esse processo foi realizado em dois momentos distintos da pesquisa e permitiu um conhecimento aprofundado sobre as principais dificuldades encontradas por essas pessoas no consumo das páginas na web.

O primeiro conjunto de dados foi coletado no ano de 2012 e o segundo conjunto de dados refere-se ao ano de 2017. Na análise dos resultados, é importante destacar que, mesmo após cinco anos da primeira avaliação, as dificuldades ainda persistiam. Os dados coletados mostram que muitos não acessam os sites das redes sociais e nem utilizam sites de *webmail* devido ao excesso de informações que neles existem. Com relação aos serviços disponibilizados na web, é alarmante verificar que apenas 5% dos usuários deficientes visuais do grupo pesquisado já utilizou algum serviço disponibilizado na web.

A partir dessa pesquisa, foi possível conhecer as dificuldades enfrentadas por esses deficientes no consumo das informações disponíveis na web. E torna-se importante destacar que melhorar a acessibilidade para deficientes visuais na web ainda é um problema a ser discutido e coloca desafios às ciências da computação.

O aprofundamento bibliográfico realizado a respeito das estratégias de adaptação de sites apresenta uma nova perspectiva de melhorias que podem ser realizadas para a otimização de páginas web para deficientes visuais.

Desse modo, o trabalho de Brusilovsky, Kobsa e Vassileva (1998) contribui para verificar as diversas possibilidades de adaptação que podem ser realizadas em uma página web.

Por sua vez, o aprofundamento bibliográfico a respeito da extração de dados em páginas web permitiu utilizar estratégias para executar o processamento da página e a pesquisa de dados adicionais em fontes externas. Essas informações foram utilizadas para realizar o enriquecimento semântico da página web.

Através da pesquisa realizada, foi possível conhecer formas de realizar o agrupamento de informações em páginas web. A estratégia utilizada no modelo concebido consiste em agrupar os elementos da página web a partir do estilo definido para esses elementos na página.

O modelo final @dapt++ para deficientes visuais, aqui apresentado, tem como objetivo principal realizar as adaptações em sites de forma automática para prover a acessibilidade na web. A arquitetura do modelo concebido é uma contribuição no sentido de propor ferramentas que possam ofertar uma facilitação no entendimento das páginas, esforço que hoje é realizado pelos utilizadores deficientes visuais.

Nessa perspectiva, o enriquecimento semântico realizado pelo modelo proposto agrega valor ao significado do conteúdo disponibilizado nas páginas web, possibilitando um entendimento mais completo a respeito das páginas web.

Em termos de desenvolvimento acadêmico, a concepção de um modelo para realizar as adaptações na web de forma automática gerou um software que foi desenvol-

vido e utilizado na implementação experimental da arquitetura desse modelo e que contribuiu como uma opção de ferramenta automática para a melhoria da acessibilidade de sites. É importante destacar que o software livre ficará disponível para acesso público.

Através do protótipo desenvolvido, foi possível a utilização do modelo para pessoas deficientes visuais, o que permitiu a comprovação da viabilidade do uso de tecnologias semânticas para a melhoria da acessibilidade na web.

A pesquisa e a divulgação dos padrões recomendados e das leis de acessibilidade permitem a discussão sobre o assunto, que é de suma importância, mas que não faz parte da ementa das disciplinas da grande parte dos cursos de tecnologia. Dessa forma, tais cursos formam desenvolvedores de software, muitas vezes, sem o conhecimento necessário desses padrões e leis.

Em termos sociais, destaco a contribuição desta pesquisa no sentido de propor a importante discussão sobre acessibilidade e inclusão digital. É essencial destacar que esta pesquisa permitiu divulgar as principais dificuldades dos deficientes em fóruns e eventos. Esse tema ainda é pouco discutido nesse meios, no sentido de buscar soluções sobre como a tecnologia pode ser utilizada a fim de melhorar a qualidade de vida de pessoas deficientes visuais.

A partir dessa discussão, é importante destacar a importância de o tema da acessibilidade ser melhor trabalhado nos sites das redes sociais. Poderia ser disponibilizado um espaço para incluir um nome mais significativo para as imagens, bem como uma descrição significativa da imagem, para que as pessoas deficientes visuais tivessem

acesso às informações como uma forma de compreender melhor o conteúdo representado através da imagem.

Nesse sentido, é importante reforçar a necessidade de as redes sociais terem uma atenção maior às necessidades das pessoas deficientes. No caso do Youtube, seria importante que existisse um parâmetro que indicasse se o vídeo publicado se trata de um vídeo com audiodescrição ou libras. Essa informação daria mais confiabilidade às buscas de vídeos na plataforma para projetos que tivessem como objetivo melhorar a acessibilidade para pessoas deficientes.

Em termos de limitações do modelo, existem algumas lacunas que ainda permanecem e que precisam ser avaliadas nas pesquisas futuras.

Destaco, inicialmente, que a confiabilidade dos dados utilizados no enriquecimento semântico e que são utilizados para a anotação na ontologia são umas das principais limitações da proposta. Como esses dados são extraídos de fontes externas, as validações automáticas possíveis são limitadas.

No modelo proposto, para minimizar tal limitação, na busca realizada considerando a API *Bing Image Search* (MICROSOFT, 2018a), que realiza a pesquisa de descrições a partir de imagens, existe um índice que indica a confiabilidade das descrições retornadas. Assim, antes de utilizar essas descrições na adaptação da página web, esse índice é avaliado. Apenas nos casos em que a confiabilidade é alta é que as informações são utilizadas na adaptação das páginas.

De forma geral, como se trata de dados de fontes externas, torna-se importante ter um processo de validação

mais robusto dos dados que são incluídos automaticamente na ontologia.

Com relação ao protótipo desenvolvido e utilizado na implementação experimental da arquitetura do modelo, uma das limitações consiste no fato de todas as adaptações serem realizadas considerando o caso das pessoas deficientes visuais totais. No experimento, não foi implementada a possibilidade de adaptações para outras deficiências, embora o modelo tenha sido concebido de forma genérica o suficiente para dar suporte à adaptação dos sites tendo em vista as demais deficiências.

Destaco, como dificuldade no desenvolvimento do protótipo, a falta de padronização das páginas web disponibilizadas atualmente na Internet. Isso se torna uma limitação na adaptação de páginas web, pois o seu código fonte, além de ser complexo, muitas vezes não segue um padrão de desenvolvimento estruturado o suficiente para que a extração de elementos de uma página web seja genérica o suficiente para processar todas as páginas de forma satisfatória. O fato de muitas páginas não seguirem o padrão na utilização de tags e demais estruturas de programação torna o processo de adaptação bastante complexo.

Um dos pontos mais críticos é o fato de que essa dificuldade se reflete também nas ferramentas de validação automatizada. Durante o período de realização deste estudo, foi necessário trocar três vezes o software utilizado para a validação automatizada das páginas web, pois muitos desses softwares não conseguem processar diversas páginas, devido a sua complexidade.

O fato de os *browsers* interpretarem de forma diferente as páginas web também constitui uma dificuldade no desenvolvimento de aplicações que realizam o seu processamento. Observa-se, inclusive, que algumas tags são interpretadas em alguns *browsers* e em outros não.

Dessa forma, destaca-se, como trabalho futuro, avançar na pesquisa sobre possibilidades de adaptação para outras deficiências, como surdocegueira, em que existe uma grande lacuna a respeito de pesquisas e desenvolvimento de softwares.

Outra melhoria poderia envolver o processo de adaptação: incluir um módulo que corrigisse os problemas de acessibilidade encontrados na página web original. Esses problemas aparecem através do resultado da validação automatizada. A correção deles resultaria em uma página adaptada mais acessível tanto para as pessoas com deficiência visual como para os demais utilizadores.

Uma perspectiva de melhoria nesta pesquisa também seria considerar os usuários analfabetos na adaptação dos sites. Para ampliar o modelo nesse sentido é importante realizar uma pesquisa aprofundada a respeito das dificuldades encontradas por esse grupo de usuários na utilização da web.

Observa-se, como uma melhoria do modelo, a perspectiva de avançar nas pesquisas sobre tecnologias semânticas, especialmente na área de *Social Adaptive Semantic Web* (CENA *et al.*, 2013), para avaliar as possibilidades de melhoria de acessibilidade utilizando esse conceito.

REFERÊNCIAS

ABEELE, M.; COCK, R. de; ROE, K. Blind faith in the web? Internet use and empowerment among visually and hearing impaired adults: a qualitative study of benefits and barriers. **De Gruyter**, v. 37, n. 2, p. 129-151, 2012. doi: 10.1515/commun-2012-0007.

ABNT. 2014. Disponível em: <<http://www.abnt.org.br/normatizacao/lista-de-publicacoes/abnt/category/223-normas-publicadas-2018>>. Acesso em: 7 ago. 2018.

Acessibilidade Brasil. 2014. Disponível em: <<http://www.acessibilidadebrasil.org.br/joomla/o-que-e-acessibilidade>>. Acesso em: 9 set. 2018.

ASAKAWA, C.; TAKAGI, H. Annotation-based transcoding for nonvisual web access. In: **Proceedings of the fourth international ACM conference on Assistive technologies – Assets**, 2000, p. 172-179. doi: 10.1145/354324.354588.

BAAZEEM, I. S.; AL-KHALIFA, H. S. Advancements in Web Accessibility Evaluation Methods: How Far Are We?. In: **iiWAS - The 17th International Conference on Information Integration and Web-based Applications & Services**, 2015.

BALAJI, V.; KUPPUSAMY, K. S. Accessibility Analysis of Multilingual Websites for Persons with Visual Impairments. **In-**

International Journal of Scientific Research in Computer Science, Engineering and Information Technology®, v. 2, n. 5, p. 239-242, 2017. Disponível em: <<http://ijsrcseit.com/paper/CSEIT172556.pdf>>. Acesso em: 10 set. 2018.

BECHHOFFER, S.; HARPER, S.; LUNN, D. SADle: Semantic Annotation for Accessibility. In: **The 5th International Semantic Web Conference**, 2006, p. 101-115. doi: 10.1007/11926078_8.

BERNERS-LEE, B. T.; HENDLER, J. The Semantic Web. **Scientific American**, **21**, 2002.

BERSCH, R. **Tecnologia Assistiva**. 2013. Disponível em: <http://www.assistiva.com.br/Introducao_Tecnologia_Assistiva.pdf>. Acesso em: 10 set. 2018.

BIANCALANA, C. *et al.* Social semantic query expansion. **ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology**, v. 4, n. 4, p. 1-43, 2013. doi: 10.1145/2508037.2508041.

BORST, P. *et al.* An application of ontology construction. **Workshop on Ontological Engineering**, ECAI, 96, p. 5, 1996. Disponível em: <<http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:an+application+of+ontology+construction#0>>. Acesso em: 12 out. 2018.

BREITMAN, K.; CASANOVA, M.; TRUSZKOWSKI, W. **Semantic Web: Concepts, Technologies and Applications**. 1 ed. London: Springer London, 2007. (NASA Monographs in Systems and Software Engineering). doi: 10.1007/978-1-84628-710-7.

BRUSILOVSKY, P.; KOBASA, A.; VASSILEVA, J. **Adaptive Hypertext and Hypermedia, Adaptive Hypertext and Hypermedia**. Edited by P. Brusilovsky, A. Kobasa, and J. Vassileva. Dordrecht: Springer Netherlands, 1998. doi: 10.1007/978-94-017-0617-9.

BUENO, S. **Minidicionário da Língua Portuguesa Bueno**. São Paulo: FTD, 2000.

BUZZI, M. C. *et al.* Is Facebook really “Open” to all?. In: **2010 IEEE International Symposium on Technology and Society**. IEEE, p. 327-336, 2010. doi: 10.1109/ISTAS.2010.5514621.

CENA, F. *et al.* Perspectives in semantic adaptive social web. **ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology**, v. 4, n. 4, p. 1-8, 2013. doi: 10.1145/2501603.

CHEN, C. *et al.* Web media semantic concept retrieval via tag removal and model fusion. **ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology**, v. 4, n. 4, p. 1-22, 2013. doi: 10.1145/2508037.2508042.

CONFORTO, D.; SANTAROSA, L. M. C. Acessibilidade à Web: Internet Para Todos. **Revista de Informática na Educação: Teoria, Prática**, v. 5, n. 2, p. 87-102, 2002.

COSTA, F. *et al.* A Semantic Service-Oriented Platform for Integrated and Personalised Access to Sustainable Projects. In: **Proceedings of International Conference on Information Integration and Web-based Applications & Services**

– **IIWAS, 2013**. New York, New York, USA: ACM Press, 2013. p. 649-655. doi: 10.1145/2539150.2539255.

CTIC. **Taw**. 2018. Disponível em: <<https://www.tawdis.net>>. Acesso em: 19 ago. 2018.

DASILVA. **daSilva**. 2014. Disponível em: <<http://www.dasilva.org.br>>. Acesso em: 1 ago. 2018.

DBPEDIA. **The DBpedia Knowledge Base**. 2018. Disponível em: <<http://wiki.dbpedia.org/about>>. Acesso em: 25 jul. 2018.

DEPARTAMENTO DE GOVERNO ELETRÔNICO. **eMAG - Modelo de Acessibilidade em Governo Eletrônico**. 2014. Disponível em: <<http://emag.governoeletronico.gov.br>>. Acesso em: 3 ago. 2018.

DOLPHIN COMPUTER ACCESS LTD. **Dolphin**. 2018. Disponível em: <<https://yourdolphin.com/screenreader>>. Acesso em: 1 ago. 2018.

FORMSTACK. **508 Checker**. 2014. Disponível em: <<http://www.508checker.com>>. Acesso em: 19 ago. 2018.

FOUNDATION, E. **Eclipse**. 2018. Disponível em: <<http://www.eclipse.org>>. Acesso em: 19 ago. 2018.

FREIRE, A. P.; CASTRO, M. de; FORTES, R. P. D. M. Acessibilidade dos sítios web dos governos estaduais brasileiros: uma análise quantitativa entre 1996 e 2007. **Revista de Admi-**

nistração Pública, v. 43, n. 2, p. 395-414, 2009. doi: 10.1590/S0034-76122009000200006.

GOGGIN, G. M.; NEWELL, C. J. Digital Disability: The Social Construction of Disability in New Media. In: **Digital Disability: The Social Construction of Disability in New Media**, 2003, p. 183.

GURGEL, G. M. M.; MEDEIROS, L. O.; MOURA, L. S. N. T. Avaliação da acessibilidade do portal ifrn à luz do e-mag e do wcag samurai. **HOLOS**, ano 28, v. 1, p. 182-195, 2012. Disponível em: <<http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/582/513>>. Acesso em: 10 ago. 2018.

IBC. **Instituto Benjamin Constant**. 2016. Disponível em: <<http://www.ibr.gov.br>>. Acesso em: 16 out. 2018.

IBGE. **Pesquisa Nacional de Saúde**. Rio de Janeiro - RJ: IBGE, 2015.

INC, C. N. A. **Cynthia Says**. 2015. Disponível em: <<http://www.cynthiasays.com>>. Acesso em: 19 ago. 2018.

JAWS. **JAWS. Screen reader from Freedom Scientific**. 2018. Disponível em: <<https://www.freedomscientific.com/Products/Blindness/JAWS>>. Acesso em: 19 ago. 2018.

JIRKOVSKÝ, V.; JELÍNEK, I. Method combination for information extraction. In: **Proceedings of the 11th International Conference on Computer Systems and Technologies and**

Workshop for PhD Students in Computing on International Conference on Computer Systems and Technologies - CompSysTech '10. New York, USA: ACM Press, 2010. p. 511. doi: 10.1145/1839379.1839471.

KOPF, S. *et al.* Adaptation of web pages and images for mobile applications. In: CREUTZBURG, R.; AKOPIAN, D. (eds.). **Multimedia on Mobile Devices**, 2009. p. 72560C. doi: 10.1117/12.805981.

KRÜPL-SYPIEN, B. *et al.* A versatile model for web page representation, information extraction and content re-packaging. In: **Proceedings of the 11th ACM symposium on Document engineering - DocEng '11.** New York, USA: ACM Press, 2011. p. 129. doi: 10.1145/2034691.2034721.

LAB, C. **Webometrics Ranking of World Universitie.** 2018. Disponível em: <<http://www.webometrics.info/en>>. Acesso em: 30 mar. 2018.

LAI, P. P. Y. Adapting data table to improve web accessibility. In: **Proceedings of the 10th International Cross-Disciplinary Conference on Web Accessibility - W4A '13.** New York, USA: ACM Press, 2013. p. 1. doi: 10.1145/2461121.2461143.

LAM, Man I.; GONG, Zhiguo. Web information extraction. In: **2005 IEEE International Conference on Information Acquisition.** IEEE, 2005, p. 596-601. doi: 10.1109/ICIA.2005.1635157.

LAZAR, J.; JAEGER, P. Reducing Barriers to Online Access for

People with Disabilities. **Issues In Science and Technology Journal**, 2011, p. 69-83.

LEPORINI, B.; PATERNÒ, F. Applying Web Usability Criteria for Vision-Impaired Users: Does It Really Improve Task Performance?. **International Journal of Human-Computer Interaction**, v. 24, n. 1, 2008, p. 17-47. doi: 10.1080/10447310701771472.

LIMA, C. S. **Sistema de hipermídia adaptativa acessível com mecanismo de adaptação baseado em mineração de dados**. Universidade do Estado do Rio Grande do Norte e Universidade Federal Rural do Semiárido, 2011. (Dissertação de mestrado).

MARCONDES, C. H.; CAMPOS, M. L. de A. Ontology and semantic web: the field of the research in information Science. **PontodeAcesso**, Salvador, v. 2, n.1, p. 107-136, jun./jul. 2008. Disponível em: <<https://portalseer.ufba.br/index.php/revistaici/article/download/2669/1885>>. Acesso em: 10 ago. 2018.

MICROSOFT. **Image Search API Reference**. 2018a. Disponível em: <<https://msdn.microsoft.com/pt-br/services/cognitive-services/bing-image-search-api/>>. Acesso em: 19 ago. 2018.

MICROSOFT. **Windows**. 2018b. Disponível em: <<https://www.microsoft.com/pt-br/windows>>. Acesso em: 19 ago. 2018.

MONFORT, V.; KHEMAJA, M. A context based approach to

adapt training strategy for handicraft women from third world countries. In: **Proceedings of the First International Conference on Technological Ecosystem for Enhancing Multiculturality - TEEM '13**. New York, USA: ACM Press, 2013. p. 197-204. doi: 10.1145/2536536.2536566.

NEBELING, M. *et al.* Adaptive layout template for effective web content presentation in large-screen contexts. In: **Proceedings of the 11th ACM symposium on Document engineering - DocEng '11**. New York, USA: ACM Press, 2011. p. 219. doi: 10.1145/2034691.2034737.

NUNES, S. **A acessibilidade na Internet no contexto da sociedade da informação**. Porto, PT: Universidade do Porto, 2002. Disponível em: <<http://paginas.fe.up.pt/~mgi01016/is/acessibilidade.pdf>>. Acesso em: 10 ago. 2018.

NV. **NVDA. NonVisual Desktop Access**. 2018. Disponível em: <<https://www.nvaccess.org>>. Acesso em: 1 jul. 2018.

OMG. **About the unified modeling language specification version 2.5.1**. 2018. Disponível em: <<https://www.omg.org/spec/UML>>. Acesso em: 7 set. 2018.

ONIRATI, T. **SEMA4A: a knowledge base for accessible evacuation and alert notifications in emergencies**. Universidad Carlos III de Madrid, 2013. (Tese de doutorado).

OPENRDF. **Sesame RDF framework**. 2018. Disponível em: <www.openrdf.org>. Acesso em: 19 ago. 2018.

ORACLE. **Java EE**. 2018. Disponível em: <www.oracle.com/technetwork/java/index.html>. Acesso em: 19 ago. 2018.

ORLANDI, F. *et al.* Characterising Concepts of Interest Leveraging Linked Data and the Social Web. In: **2013 IEEE/WIC/ACM International Joint Conferences on Web Intelligence (WI) and Intelligent Agent Technologies (IAT)**. IEEE, 2013. p. 519-526. doi: 10.1109/WI-IAT.2013.73.

PALMEIRA, A. F. **Desenvolvimento de uma Ontologia para Modelar Acessibilidade e Conteúdo Multiplataforma**. Dissertação (Mestrado). Mestrado em Informática. UFPB - Universidade Federal da Paraíba, 2011.

POWER, C. *et al.* Guidelines are only half of the story. In: **Proceedings of the 2012 ACM annual conference on Human Factors in Computing Systems - CHI '12**. New York, USA: ACM Press, 2012. p. 433. doi: 10.1145/2207676.2207736.

RAUFI, B. *et al.* Methods and Techniques of Adaptive Web Accessibility for the Blind and Visually Impaired. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, v. 195, jul. 2015, p. 1999-2007.

RAUFI, B. *et al.* Knowledgebase Harvesting for User-Adaptive Systems Through Focused Crawling and Semantic Web. In: **Proceedings of the 17th International Conference on Computer Systems and Technologies 2016 - CompSys-Tech '16**. New York, USA: ACM Press, 2016. p. 323-330. doi: 10.1145/2983468.2983510.

ŞAH, M.; HALL, W.; DE ROURE, D. C. Dynamic linking and personalization on web. In: **Proceedings of the 2010 ACM Symposium on Applied Computing - SAC '10**. New York, USA: ACM Press, 2010. p. 1404-1410. doi: 10.1145/1774088.1774386.

SEMAAN, B. *et al.* Toward Enhancing Web Accessibility for Blind Users through the Semantic Web. In: **2013 International Conference on Signal-Image Technology & Internet-Based Systems**. IEEE, 2013. p. 247-256. doi: 10.1109/SITIS.2013.50.

SIDAR. **Hera**. 2013. Disponível em: <<http://www.sidar.org/recur/aplica/heraffx.php>>. Acesso em: 1 ago. 2018.

SKILLEN, K. L. *et al.* Ontological user modelling and semantic rule-based reasoning for personalisation of Help-On-Demand services in pervasive environments. **Future Generation Computer Systems**. v. 34, p. 97-109. 2014. doi: 10.1016/j.future.2013.10.027.

SORRENTINO, T. A. **@ dapt - Um Modelo Semântico Para Prover Acessibilidade Para Deficientes Visuais Na Internet**. Universidade do Estado do Rio Grande do Norte e Universidade Federal Rural do Semiárido. 2013. (Dissertação de mestrado). Disponível em: <<https://ppgcc.ufersa.edu.br/wp-content/uploads/sites/42/2014/09/tatiana-amaral-sorrentino.pdf>>. Acesso em: 10 ago. 2018.

STANFORD UNIVERSITY. **Protégé**. 2016. Disponível em: <<http://protege.stanford.edu>>. Acesso em: 19 ago. 2018.

SUAPESQUISA.COM. **Sua Pesquisa**. 2018a. Disponível em: <<https://www.suapesquisa.com>>. Acesso em: 19 ago. 2018.

SUAPESQUISA.COM. **Sua Pesquisa - Água**. 2018b. Disponível em: <<http://www.suapesquisa.com/ecologiasaude/agua.htm>>. Acesso em: 19 ago. 2018.

TAKAGI, H.; ASAKAWA, C. Transcoding proxy for nonvisual web access. In: **Proceedings of the fourth international ACM conference on Assistive technologies - Assets '00**. New York, USA: ACM Press, 2000. p. 164-171. doi: 10.1145/354324.354371.

TEXTHELP. **Texthelp**. 2015. Disponível em: <<https://www.texthelp.com/en-gb/products/browsealoud/>>. Acesso em: 7 set. 2018.

THE PHP GROUP. **PHP**. 2018. Disponível em: <<http://php.net>>. Acesso em: 1 ago. 2018.

TORRE, I.; CELIK, I. User-Adapted Web of Things for Accessibility. In: **Proceedings of the 26th ACM Conference on Hypertext & Social Media - HT '15**. New York, USA: ACM Press, p. 341-344. doi: 10.1145/2700171.2804454.

TWITTER. **Twitter**. 2018. Disponível em: <<https://twitter.com/?lang=pt-br>>. Acesso em: 3 out. 2018.

U.S. GOVERNMENT AND FEDERAL, G. S. A. **Section508**.

gov. 2018. Disponível em: <<https://section508.gov>>. Acesso em: 28 jan. 2018.

UNIDADE ACESSO DA FCT. **Unidade Acesso.** 2017. Disponível em: <<http://www.acessibilidade.gov.pt>>. Acesso em: 2 set. 2018.

UNIVERSITY OF SOUTHAMPTON. **ECS.** 2018. Disponível em: <<http://www.ecs.soton.ac.uk>>. Acesso em: 2 set. 2018.

VICIENT, C.; SÁNCHEZ, D.; MORENO, A. An automatic approach for ontology-based feature extraction from heterogeneous textual resources. **Engineering Applications of Artificial Intelligence**, v. 26, n. 3, p. 1092-1106, 2013. doi: 10.1016/j.engappai.2012.08.002.

VIGO, M.; HARPER, S. Challenging information foraging theory. In: **Proceedings of the 24th ACM Conference on Hypertext and Social Media - HT '13.** New York, USA: ACM Press, 2013. p. 60-68. doi: 10.1145/2481492.2481499.

VIRGILIO, R. de *et al.* Semantic data markets. In: **Proceedings of the 20th ACM international conference on Information and knowledge management - CIKM '11.** New York, USA: ACM Press, 2011. p. 1559. doi: 10.1145/2063576.2063800.

W3C-WAI. **Accessibility.** 2018. Disponível em: <<https://www.w3.org/standards/webdesign/accessibility#wai>>. Acesso em: 2 set. 2018.

W3C. **CSS3**. 2001. Disponível em: <www.w3.org/TR/2001/WD-css3-roadmap-20010523>. Acesso em: 2 set. 2018.

W3C. **Sparql**. 2008a. Disponível em: <www.w3.org/TR/rdf-sparql-query>. Acesso em: 26 ago. 2018.

W3C. **WCAG 2.0**. 2008b. Disponível em: <<https://www.w3.org/TR/WCAG20/>>. Acesso em: 26 ago. 2018.

W3C. **WAI early days**. 2009 Disponível em: <<https://www.w3.org/WAI/history>>. Acesso em: 14 jul. 2019.

W3C. **OWL**. 2013. Disponível em: <<https://www.w3.org/OWL/>>. Acesso em: 2 set. 2018.

W3C. **RDF - Schema**. 2014. Disponível em: <<https://www.w3.org/TR/rdf-schema/>>. Acesso em: 2 set. 2018.

W3C. **Understanding Techniques for WCAG Success Criteria**. 2016a. Disponível em: <<https://www.w3.org/TR/2016/NOTE-UNDERSTANDING-WCAG20-20161007/understanding-techniques.html>>. Acesso em: 27 jan. 2018.

W3C. **XML**. 2016b. Disponível em: <<https://www.w3.org/XML/>>. Acesso em: 2 set. 2018.

W3C. **HTML5**. 2017. Disponível em: <www.w3.org/TR/html5>. Acesso em: 2 set. 2018.

W3C. **Current Members**. 2018a. Disponível em: <<https://www>>.

w3.org/Consortium/Member/List>. Acesso em: 7 set. 2018.
W3C. **RDF**. 2018b. Disponível em: <<https://www.w3.org/RDF/>>. Acesso em: 2 set. 2018.

W3C. **Web Accessibility Initiative (WAI)**. 2018c. Disponível em: <<https://www.w3.org/WAI/>>. Acesso em: 26 ago. 2018.

W3C. **World Wide Web Consortium**. 2018d. Disponível em: <<http://www.w3.org>>. Acesso em: 27 ago. 2018.

WCAG. **W3C Web Content Accessibility Guidelines**. 1999. Disponível em: <<http://www.w3.org/TR/WCAG10/>>. Acesso em: 26 ago. 2018.

WHO. **World Health Organization**. 2018. Disponível em: <<http://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/blindness-and-visual-impairment>>. Acesso em: 2 set. 2018.

WILLE, K.; DUMKE, R. R.; WILLE, C. Measuring the Accessibility Based on Web Content Accessibility Guidelines. In: **2016 Joint Conference of the International Workshop on Software Measurement and the International Conference on Software Process and Product Measurement (IWSM-MENSURA)**. IEEE, 2016. p. 164-169. doi: 10.1109/IWSM-Mensura.2016.032.

WINDOW-EYES. **Window-Eyes**. 2018. Disponível em: <<http://www.gwmicro.com/Window-Eyes>>. Acesso em: 2 set. 2018.

YANDEX. **Yandex - Translat API**. 2018. Disponível em: <ht-

[tps://tech.yandex.com/translate/](https://tech.yandex.com/translate/)>. Acesso em: 2 set. 2018.
YESILADA, Y. *et al.* Evaluating DANTE: Semantic transcoding for visually disabled users. **ACM Transactions on Computer-Human Interaction**, v. 14, n. 3, 2007. Disponível em: Acesso em: <<https://dl.acm.org/doi/10.1145/1279700.1279704>>. 4 out. 2018. doi: 10.1145/1279700.1279704.

YOUTUBE. **API Reference**. 2018. Disponível em: <<https://developers.google.com/youtube/v3/docs/?hl=pt-br>>. Acesso em: 4 out. 2018.

ZAKRAOUI, J.; ZAGLER, W. An Ontology for representing Context in User Interaction for enhancing Web Accessibility for All. In: **LEAFA 2010 The First International Conference on e-Learning For All**, 2010, p. 1-7.





Tatiana Amaral possui graduação em Tecnologia em Processamento de Dados pela Faculdade Paraibana de Processamento de Dados (2000) e concluiu o mestrado em Ciência da Computação no programa de pós graduação na UERN / UFERSA (2013). Em 2019 finalizou o doutorado em Informática na Universidade do Minho em Portugal. Atualmente é professora de Sistemas de Informação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, campus Canguaretama. Em sua experiência profissional já atuou como DBA e como Gerente de Projetos de Software. Tem como objeto de sua pesquisa de mestrado e doutorado a acessibilidade para deficientes na Web.


A Editora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN) já publicou livros em todas as áreas do conhecimento, ultrapassando a marca de 150 títulos. Atualmente, a edição de suas obras está direcionada a cinco linhas editoriais, quais sejam: acadêmica, técnico-científica, de apoio didático-pedagógico, artístico-literária ou cultural potiguar.

Ao articular-se à função social do IFRN, a Editora destaca seu compromisso com a formação humana integral, o exercício da cidadania, a produção e a socialização do conhecimento.


Nesse sentido, a EDITORA IFRN visa promover a publicação da produção de servidores e estudantes deste Instituto, bem como da comunidade externa, nas várias áreas do saber, abrangendo edição, difusão e distribuição dos seus produtos editoriais, buscando, sempre, consolidar a sua política editorial, que prioriza a qualidade.



editoraifrn



Atualmente vivemos em um mundo onde a tecnologia faz parte do nosso dia a dia. Para a grande maioria de nós, seria impossível relatar a quantidade de vezes por dia que utilizamos a tecnologia para as nossas atividades cotidianas. Tal condição denota o quanto ela já está incorporada como um hábito na nossa vida. Mas será que a tecnologia já atingiu a sua plenitude, em alcance para todos? Esta é a principal reflexão permitida por este livro, que tem como foco a acessibilidade para os deficientes visuais. Todas as pesquisas trazem à tona as dificuldades que ainda persistem para o grupo de pessoas com necessidades especiais em utilizar a Web. Nesse sentido, o livro traz uma breve discussão sobre acessibilidade na web. É um livro que aprofunda o problema da falta de acessibilidade na web e aponta alguns caminhos possíveis para minimizar os problemas atuais. E como consequência disso poder incluir digitalmente uma parte da população que ainda está à margem das várias possibilidades que a tecnologia nos permite obter de forma plena.



ISBN 978-65-86293-88-3



9 786586 293883 >

