

Aplicativo *Mobile* para avaliar a acessibilidade de Objetos de Aprendizagem utilizando um Sistema Especialista

Mobile Application to evaluate the accessibility of Learning Objects Applying an Expert System

Aplicación Móvil para evaluar la accesibilidad de los Objetos de Aprendizaje utilizando un Sistema Experto

Patrick Andrei Caron Guerra

Graduado na Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil.
patryckguerra@yahoo.com.br
ORCID – <https://orcid.org/0000-0002-5151-8876>

Sidnei Renato Silveira

Professor doutor na Universidade Federal de Santa Maria, Frederico Westphalen, Rio Grande do Sul, Brasil.
sidneirenato.silveira@gmail.com
ORCID – <https://orcid.org/0000-0002-4506-8522>

Cristiano Bertolini

Professor doutor na Universidade Federal de Santa Maria, Frederico Westphalen, Rio Grande do Sul, Brasil.
cristiano.bertolini@ufsm.br
ORCID – <https://orcid.org/0000-0002-0183-2365>

Fábio José Parreira

Professor doutor na Universidade Federal de Santa Maria, Frederico Westphalen, Rio Grande do Sul, Brasil.
fabiojparreira@gmail.com
ORCID – <https://orcid.org/0000-0002-8344-0380>

Vânia Ribas Ulbricht

Professora doutora na Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil.
vrulbricht@gmail.com
ORCID – <https://orcid.org/0000-0002-6257-0557>

Recebido em 3 de março 2020

Aprovado em 14 de julho de 2020

Publicado em 21 de agosto de 2020

RESUMO

Este artigo apresenta o desenvolvimento de um aplicativo *mobile* para avaliar a acessibilidade de Objetos de Aprendizagem (OAs), aplicando técnicas de Inteligência Artificial, mais especificamente um Sistema Especialista (SE). O objetivo principal foi o desenvolvimento de um protótipo que avalia a acessibilidade de OAs no formato de texto, inicialmente nos formatos DOCX e ePub, com base em diretrizes e recomendações que são armazenadas na base de conhecimento do SE. A metodologia empregada no desenvolvimento do trabalho foi a dissertação-projeto. Como resultados, o aplicativo permite o cadastro de diferentes OAs e gera um relatório sobre os mesmos, indicando se as recomendações de acessibilidade estão ou não sendo cumpridas.

Palavras-chave: Acessibilidade; sistemas especialistas; aplicativo *mobile*.

ABSTRACT

This paper presents the proposal to develop a mobile application to evaluate the accessibility of Learning Objects (LOs), applying Artificial Intelligence techniques, more specifically an Expert System (ES). The main objective was the development of a prototype that will assess the accessibility of LOs in text format, initially in PDF and ePub formats, based on guidelines and recommendations that will be stored in the ES knowledge base. The methodology used in the development of the work will be the dissertation-project. As results, it is expected that the application can allow the registration of different LOs and define the level of accessibility of them.

Keywords: Accessibility; expert systems; mobile applications.

RESUMEN

Este artículo presenta el desarrollo de una aplicación móvil para evaluar la accesibilidad de los objetos de aprendizaje (OA), aplicando técnicas de inteligencia artificial, más específicamente un sistema experto (SE). El objetivo principal era el desarrollo de un prototipo para evaluar la accesibilidad de los OA en formato de texto, inicialmente en formatos DOCX y ePub, en base a las pautas y recomendaciones que se almacenan en la base de conocimiento de SE. La metodología utilizada en el desarrollo del trabajo fue el proyecto de disertación. Como resultado, la aplicación permite el registro de diferentes OA y genera un informe sobre ellos, indicando si se están cumpliendo o no las recomendaciones de accesibilidad.

Palabras clave: Accesibilidad; sistema experto; aplicación móvil.

Introdução

Atualmente, as Tecnologias Digitais da Informação e da Comunicação (TDICs) estão auxiliando professores e alunos nos processos de ensino e de aprendizagem, principalmente no que diz respeito à utilização de materiais didáticos digitais (também conhecidos como Objetos de Aprendizagem - OAs) e na Educação a Distância (EaD). Diferentes OAs podem ser empregados para apoio às atividades de aula, em diferentes níveis de ensino e em diferentes modalidades (incluindo a modalidade presencial) (PEREIRA et al., 2017; PARREIRA et al., 2018). Outra tendência, no mundo digital, é a de ampliar a acessibilidade, permitindo que pessoas que possuem diferentes deficiências possam ter acesso à informação.

A motivação para o desenvolvimento deste trabalho encontra-se nesse contexto, aliando a utilização das TDICs como apoio aos processos de ensino e de aprendizagem (por meio da aplicação de OAs) e a acessibilidade, pois desenvolveu-se um protótipo de aplicativo *mobile* que permite verificar se os OAs existentes e disponíveis na web são

acessíveis, para que possam ser utilizados como materiais didáticos digitais para as pessoas com deficiência.

Neste contexto, o principal objetivo deste artigo é apresentar o desenvolvimento de um protótipo de aplicativo *mobile* que permite identificar o nível de acessibilidade de Objetos de Aprendizagem. Inicialmente, o protótipo avalia OAs nos formatos DOCX (*Office Open XML Format*) e ePUB (*Electronic Publication*), por meio da análise do cabeçalho destes arquivos. A análise é realizada por meio de um SE (Sistema Especialista). Este SE possui uma base de conhecimento, contendo diretrizes e recomendações que devem ser seguidas para que um OA seja acessível. A base de conhecimento do SE foi organizada em *frames* (ou quadros), que são uma estrutura de informação que consiste em um conjunto de atributos que, por meio de seus valores, descrevem as características de um OA acessível (LORENZI, SILVEIRA, 2011).

O trabalho faz parte de um esforço de pesquisa conjunto, unindo o grupo IATE/UFMS (Inteligência Artificial e Tecnologia Educacional/Universidade Federal de Santa Maria) e o NADTA/UFSC (Núcleo de Acessibilidade Digital e Tecnologias Assistivas/Universidade Federal de Santa Catarina) (IATE, 2019; NADTA, 2019).

O artigo está organizado como segue: a seção 2 apresenta o referencial teórico, destacando conceitos das áreas compreendidas no trabalho. A seção 3 apresenta alguns trabalhos relacionados. Na seção 4, apresenta-se o desenvolvimento do protótipo de aplicativo proposto, bem como a metodologia empregada. Encerrando o artigo são apresentadas as considerações finais e as referências empregadas.

Referencial teórico

Esta seção apresenta um breve referencial teórico sobre as áreas envolvidas neste trabalho, sendo elas: Objetos de Aprendizagem, Acessibilidade Digital e Inteligência Artificial.

Objetos de Aprendizagem

De acordo com Tarouco (2014), os Objetos de Aprendizagem (OAs) podem ser definidos comumente como quaisquer materiais complementares ao ensino, que auxiliem na aprendizagem, que possam ser reutilizados e que representem unidades singulares de informação que possibilitem ser agrupadas para adaptação e/ou criação de novos objetos de aprendizagem.

<http://dx.doi.org/10.5902/1984686X42711>

Nesse sentido, podem ser utilizados vários materiais digitais para elaboração de Objetos de Aprendizagem. Entre os mais conhecidos estão: apresentações em slides, vídeos, animações, simulações, textos, imagens, diagramas, mapas conceituais, entre outros.

Um OA deve possuir características, tais como (PARREIRA et al., 2018, TAROUCO, 2014):

- Reusabilidade: ser utilizado inúmeras vezes e em diferentes contextos de aprendizagem;
- Adaptabilidade: permitir adaptações em diferentes ambientes de ensino;
- Granularidade: métrica de *tamanho* de um OA, sendo que, quanto maior a granularidade, mais sucinto este é e, portanto, mais fácil de ser reutilizado;
- Acessibilidade: possuir fácil acesso, geralmente via Internet;
- Durabilidade: ser utilizado, independentemente da mudança da tecnologia;
- Interoperabilidade: permitir acesso de diferentes dispositivos, sistemas operacionais e navegadores de Internet;
- Metadados: dados que devem descrever, de forma sucinta, as palavras-chaves relacionadas ao OA, como título, autor, data, assunto, entre outros. A partir destes metadados é que são realizadas as pesquisas de OA em repositórios.

Nesse contexto, surgem os repositórios de Objetos de Aprendizagem, que consistem em ambientes virtuais que permitem o acesso, a pesquisa, a atualização, a reutilização e o controle de acesso aos Objetos de Aprendizagem. Existem vários repositórios, especialmente os que armazenam documentos nos formatos que serão analisados pelo trabalho aqui proposto, tais como o LUME, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS); o Manancial da UFSM, e o Repositório Institucional (RI), da UFSC, entre outros (UFRGS, 2019; UFSC, 2019; UFSM, 2019).

A proposta deste artigo envolve avaliar os critérios de acessibilidade de OAs, sendo assim, a próxima seção destaca os conceitos relacionados à acessibilidade digital.

Acessibilidade Digital

Segundo Silva (2012), a acessibilidade digital pode ser definida como a criação e a disponibilização de materiais digitais, que possibilitem sua utilização por diferentes tipos de usuários, independentemente de possuir ou não quaisquer dificuldades físicas ou motoras.

<http://dx.doi.org/10.5902/1984686X42711>

Além disso, a acessibilidade digital deve assegurar a compatibilidade com diferentes dispositivos e ambientes, para acesso aos materiais digitais, por meio de navegadores web gráficos, textuais, e sintetizadores de voz, entre outros.

Com o objetivo de padronizar os materiais digitais, foi criada a WCAG (*Web Content Accessibility Guidelines*), que define princípios de acesso, usabilidade e organização das interfaces, que devem ser respeitados ao desenvolver quaisquer materiais digitais, como uma página em HTML (*HyperText Markup Language*). Este guia possibilita a avaliação da página e/ou site por meio de ferramentas de avaliação, que indicarão qual o nível de conformidade com as regras da WCAG (W3C, 2014). Entre estas ferramentas citam-se: *DaSilva* (daSILVA, 2014), *Hera* e *Examinator* (QUEIROZ, 2019).

Além de conceituarmos acessibilidade digital, o protótipo desenvolvido compreende a utilização de um Sistema Especialista, um tipo de software que envolve a Inteligência Artificial, tópico que será abordado na próxima seção.

Inteligência Artificial

Gomes (2010) destaca que um dos vários conceitos atribuídos à Inteligência Artificial define que podem ser desenvolvidos sistemas que atuam de forma racional ou seguindo princípios do raciocínio humano, resultando em sistemas inteligentes.

Segundo Mendes (1997), os Sistemas Especialistas correspondem a uma das técnicas de implementações de Inteligência Artificial, que consistem basicamente em guardar regras relacionadas a um domínio de conhecimento e utilizá-las em um processo de decisão ou sugestão de um Sistema Especialista (SE). Um SE possui três componentes principais: base de conhecimento, máquina de Inferência e interface de comunicação com o usuário (LORENZI; SILVEIRA, 2011).

A base de conhecimento, geralmente composta por fatos e regras, compreende a forma de guardar o conhecimento do domínio ou de representá-lo, possibilitando sua utilização posterior pela máquina de Inferência. Além de fatos e regras, podem ser utilizados outros tipos de representação do conhecimento, tais como *frames* (quadros) e casos (Raciocínio Baseado em Casos), por exemplo (LORENZI; SILVEIRA, 2011).

A máquina de inferência é responsável pela decisão a ser enviada para a interface com usuário, recebendo como entrada uma informação ou um conjunto de informações, realizando uma análise heurística fundamentada nas regras existentes na base de

conhecimento) e chegando a uma conclusão que será enviada à interface de comunicação com o usuário.

A interface do usuário é responsável pelo encaminhamento de solicitações à máquina de inferência e também pela exibição da resposta do SE em relação à solicitação do usuário.

Realizado esse breve referencial teórico, a próxima seção traz alguns trabalhos relacionados à proposta de desenvolvimento de um aplicativo para avaliar a acessibilidade de OAs.

Trabalhos relacionados

Macedo (2010), em seu trabalho, definiu diretrizes para criar OAs acessíveis. As diretrizes são voltadas para os professores conteudistas, ou seja, para os docentes que irão produzir diferentes OAs para serem utilizados como ferramentas de apoio aos processos de ensino e de aprendizagem e também para os designers instrucionais. As recomendações propostas são fundamentadas nos padrões de acessibilidade na web e nos princípios de design universal, sem a necessidade de serem criadas versões adaptadas dos OAs para cada possível deficiência dos alunos.

As diretrizes criadas foram fundamentadas na análise e na convergência dos princípios de design universal, com as recomendações de criação de conteúdo acessível para web do W3C e com as melhores práticas para a produção de aplicativos e de conteúdo acessível, apresentadas nos guias do *Instructional Management Systems* (IMS).

As recomendações propostas foram validadas com o apoio de um grupo de especialistas, que desenvolve e disponibiliza conteúdo em ambientes de aprendizagem digital. Os resultados apresentam a validade da criação e utilização das diretrizes, visto que os especialistas foram capazes de produzir objetos de aprendizagem acessíveis, segundo o conjunto de diretrizes para a criação de objetos de aprendizagem acessíveis proposto.

De acordo com a proposta do design universal, um produto é universalmente acessível se é perceptível a todos os indivíduos sem necessidade de adaptação. Horton (2006 apud MACEDO, 2010) afirma que não se trata de desenvolver outro conteúdo específico e direcionado para suprir uma deficiência, mas sim permitir ao indivíduo com deficiência o acesso à mesma informação. Nos OAs, de acordo com Burgstahler (2008 apud MACEDO, 2010), as adaptações de acesso podem alterar a natureza de um conteúdo e desviar a atenção do objetivo principal da aprendizagem. Nesse sentido, em uma

<http://dx.doi.org/10.5902/1984686X42711>

proposta de Educação Inclusiva, deve-se considerar o design universal, para que todos tenham acesso ao mesmo conteúdo didático e pedagógico, tendo a mesma percepção sobre o que está sendo apresentado, sem perda de informação ou detrimento de conteúdo relevante para o entendimento do tema. A acessibilidade deve ser considerada desde o início do projeto de um OA e não uma adaptação posterior a sua criação (MACEDO, 2010).

Como exemplo de recomendações, Macedo (2010) destaca que uma fotografia inserida em um OA, desde que não seja decorativa, deve possuir um texto alternativo que descreva o propósito desta imagem fazer parte do objeto; texto este que será lido por leitores de tela para permitir a acessibilidade por pessoas cegas. Se o texto alternativo for insuficiente para a compreensão do conteúdo, esta imagem deve possuir uma descrição completa textual, a qual pode ser inserida no texto aparente da página, e ser perceptível apenas por leitor de tela ou ser uma áudio-descrição traduzida em Libras. Outro exemplo é o de um filme, que, além do vídeo, apresenta falas e/ou outros sons agregados. Este tipo de mídia deve ter um texto alternativo que descreve a função ou o objetivo de o vídeo estar inserido na página. Pode-se apresentar uma descrição estendida completa das cenas, descrita tanto em áudio como em texto, ou ambos; ou ainda apresentar legendas dos diálogos somente, ou, além das falas, descrever os outros sons importantes para a compreensão da cena. Também é possível apresentar uma transcrição textual do diálogo, da narração e dos sons complementares do vídeo (MACEDO, 2010).

As diretrizes propostas por Macedo (2010) definem que todo conteúdo de um OA deve apresentar, ao menos: uma mídia equivalente em formato diferente ou uma mídia alternativa, caso não seja possível utilizar uma mídia equivalente. Além disso, o OA deve apresentar uma mídia de acesso textual equivalente ou alternativa (para serem utilizadas por pessoas com deficiência visual, por meio de leitores de tela).

Com relação às imagens em movimento, tais como vídeos e animações, Macedo (2010) coloca que as mesmas devem possuir: 1) título claro que se relaciona com o tema; 2) descrição textual do filme ou da animação; 3) texto alternativo que descreve a função do vídeo; 4) pelo menos uma mídia alternativa, tal como a transcrição completa textual ou em áudio ou a interpretação em Libras, por exemplo.

Para as imagens estáticas, tais como fotos, diagramas, tabelas, gráficos e desenhos, entre outras formas, Macedo (2010) recomenda: 1) visualização monocromática; 2) alto contraste; 3) escalonáveis por lupa virtual até 200% e 4) mídia alternativa (ao menos uma opção).

Com relação aos textos, tema específico do protótipo que foi desenvolvido neste trabalho, Macedo (2010) destaca que todo o texto apresentado deve ter: 1) fundo de cor sólida; 2) cores alteráveis e perceptíveis sem cor; 3) estrutura e formatação adequada; 4) equivalentes gráficos ou sonoros. Além destes aspectos, o texto pode ser: 1) transformado em página somente textual; 2) convertido em áudio ou ter descrição sonora; 3) traduzido ou transcrito em Libras; 4) impresso; 5) visualizado na tela na forma escrita; 6) tátil, impresso em Braille; 7) imagem de texto e 8) texto alternativo ou descrição de outras mídias.

A apresentação de texto deve ter: 1) fundo de cor sólida e contrastante; 2) cores modificáveis, com opção em preto e branco, e com destaques em tamanhos diferentes, itálico, negrito; 3) texto alternativo com o conteúdo da imagem se for texto apresentado em imagem ou botão de comando; 4) uma única coluna de preferência, para garantir a ordem de leitura.

O texto alternativo deve ser adicionado a todo conteúdo não textual. Deve ser uma frase curta, suficiente para ser clara e entendida sem redundância, com no máximo 150 caracteres e serve para substituir uma imagem. O texto alternativo permite às pessoas com deficiência visual compreenderem a imagem por meio de um leitor de tela ou browser de voz.

Além dos itens já destacados, Macedo (2010) definiu diretrizes para tabelas, gráficos e áudio. Estas diretrizes não serão abordadas neste trabalho, já que não fazem parte do escopo do protótipo desenvolvido.

Binda (2018), a partir do trabalho desenvolvido por Macedo (2010), propôs a criação de um aplicativo *mobile* que pudesse auxiliar os designers instrucionais a visualizarem de forma mais fácil o conhecimento, para aplicarem as recomendações e diretrizes estabelecidas para a criação de OAs. O trabalho de Binda (2018) foi desenvolvido na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), no Laboratório de Mídias e Inclusão Social (LAMID), do Departamento de Engenharia e Gestão do Conhecimento. O LAMID destaca-se como produtor de conhecimento inclusivo, por meio das TDICs, especialmente baseadas na web e focadas nas deficiências visuais e auditivas (ULBRICHT et al., 2011 apud BINDA, 2018).

O foco do trabalho de Binda (2018) foi encontrar formas para traduzir diretrizes de recomendação para a produção de material educacional acessível em uma solução eficiente, eficaz e satisfatória, que atendesse às necessidades dos usuários e das organizações. A solução proposta foi a construção de um artefato, para representar, de

forma visual e interativa, as diretrizes e recomendações para a produção de material educacional acessível elaboradas por Macedo (2010). Segundo Binda (2018), o artefato refere-se à comunicação e ao detalhamento de informações, no sentido de definir normas e operações que orientam sua construção e aplicação, identificando formas de representação visual do conhecimento, com base no modelo de visualização do conhecimento proposto por Burkhard (BURKHARD, 2015 apud BINDA, 2018).

O objetivo do artefato criado por Binda (2018) é oferecer uma nova forma de apropriação de conhecimento inclusivo, visando conscientizar desenvolvedores (tais como designers instrucionais) e professores conteudistas na adoção de boas práticas em ações inclusivas e sua aplicação na produção de material educacional acessível. Nesse contexto, é necessário divulgar as recomendações de boas práticas aos profissionais produtores de OAs, pois se acredita que as mídias do conhecimento podem fomentar o engajamento social na causa inclusiva, principalmente se as recomendações estiverem em uma estrutura mais dinâmica e interativa.

Binda (2018) destaca que a igualdade de oportunidades no acesso ao conhecimento visa à promoção de direitos fundamentais e garantia de autonomia aos indivíduos, como àqueles com alguma dificuldade permanente em ouvir e/ou enxergar, por exemplo. Nesse sentido, para ampliar a produção de OAs acessíveis, como também melhorar a qualidade dos mesmos, é preciso a disseminação e a adoção de boas práticas em ações inclusivas, o que também exige conhecer as motivações e barreiras para uso dessas recomendações. Desse modo, cabe aos responsáveis pela produção de materiais educacionais a adoção de ações inclusivas que proporcionem OAs acessíveis.

O artefato corresponde a um conjunto de orientações para criação de representações interativas de diretrizes de recomendação, sendo implementado na forma de um aplicativo *mobile*. Binda (2018) utilizou a comunicação centrada no usuário, contando com técnicas de coleta e análise de dados, bem como ferramentas de prototipação e avaliação. A disposição das informações foi definida pensando na comodidade de uso dos dispositivos celulares, tendo em vista a adequação da representação interativa para o formato de aplicativo *mobile*. A posição *retrato* foi adotada para apresentar as informações na vertical. Assim, a manipulação e a necessidade de girar o dispositivo será evitada. Para a composição visual, as cores e os ícones visaram sua fácil identificação e reconhecimento, adotando formas já utilizadas em outras plataformas e sistemas da web. Como exemplo, a

<http://dx.doi.org/10.5902/1984686X42711>

mídia do tipo vídeo contou com a cor vermelha e o ícone de um triângulo dentro de um retângulo, fazendo alusão à plataforma de repositório de vídeo Youtube.

Por meio do aplicativo *mobile* desenvolvido por Binda (2018), a representação das diretrizes transformou-se em um aplicativo funcional para acesso às recomendações propostas por Macedo (2010). Apesar disso, baseado em testes com usuários, identificou-se que o aplicativo apresentava pouca atratividade. Assim, com o intuito de buscar melhorias para a representação, foram exploradas as possibilidades que o software Android Studio poderia oferecer, o que resultou em uma nova versão do aplicativo, contendo novos itens. Nesta versão, as cores e os ícones foram mantidos, mas a distribuição das informações foi alterada, visando maior praticidade e utilizando os recursos da plataforma de desenvolvimento Android.

Diferentemente da proposta implementada por Binda (2018), o aplicativo apresentado neste trabalho não apresenta as recomendações aos designers instrucionais e, sim, recebe um OA como entrada e avalia a acessibilidade do mesmo, gerando como resultado o grau de acessibilidade, baseado em diretrizes e recomendações, incluindo as propostas por Macedo (2010).

Solução Implementada: Metodologia e Desenvolvimento

A solução apresentada neste artigo envolve a criação de um aplicativo *mobile*, que avalia a acessibilidade de Objetos de Aprendizagem. O desenvolvimento do aplicativo ocorreu por meio da utilização do *framework Ionic*, que possibilita compilar e/ou empacotar o aplicativo para utilização em diferentes sistemas operacionais, tais como *Android* e *iOS*.

Vilete e Lopes (2018) destacam que o *Ionic* é um *framework* para desenvolvimento de aplicações móveis híbridas, com código aberto e amplamente utilizado. Permite a utilização de HTML, CSS (*Cascading Style Sheets*) e *Javascript* nos projetos, além de ferramentas como *Apache Cordova* (realiza a conversão/compilação do projeto para os SOs *Mobile*) e *Angular*.

A metodologia de pesquisa utilizada para o desenvolvimento deste trabalho foi a Dissertação-Projeto, pois se desenvolveu um protótipo do aplicativo. Segundo Ribeiro e Zabadal (2010, p. 96), na metodologia de dissertação-projeto:

[...] o pesquisador caracteriza determinado problema de algum aspecto técnico. Destaca a relevância de resolver esse problema. Desenvolve, então, um programa sistema ou mesmo um protótipo – para apresentar como prova de conceito da solução desse problema (RIBEIRO; ZABADAL, 2010, p. 96).

<http://dx.doi.org/10.5902/1984686X42711>

Para desenvolver o protótipo de aplicativo *mobile* foram realizadas uma série de atividades:

- Levantamento dos materiais bibliográficos para elaboração da fundamentação teórica e do estado da arte (trabalhos relacionados);
- Elaboração da fundamentação teórica, envolvendo estudos sobre OAs, acessibilidade e Inteligência Artificial (mais especificamente, Sistemas Especialistas);
- Estudo de trabalhos relacionados e comparação com o trabalho proposto;
- Definição das metodologias e recomendações de acessibilidade que foram seguidas;
- Definição da forma de representar o conhecimento no SE desenvolvido;
- Estudo das tecnologias que serão empregadas no desenvolvimento do protótipo;
- Modelagem do aplicativo;
- Implementação de um protótipo do aplicativo proposto;
- Testes e validação do protótipo implementado.

Sistema Especialista Desenvolvido

A avaliação da acessibilidade dos OAs é realizada por meio de um SE desenvolvido nas linguagens de programação *Javascript* e *TypeScript*, em conjunto com o *framework Angular*. O SE analisa os parâmetros extraídos dos OAs e compara o conteúdo com a base de conhecimento do SE, possibilitando, assim, mensurar a acessibilidade do OA. A base de conhecimento do SE foi organizada em *frames* (ou quadros), que são uma estrutura de informação que consiste em um conjunto de atributos que, por meio de seus valores, descrevem as características de um OA acessível (LORENZI, SILVEIRA, 2011). Cada *frame* armazena as características dos OAs, tais como: tipo de mídia utilizado, deficiência atendida, diretrizes e recomendação que foram seguidas no seu desenvolvimento, etc.

As tecnologias utilizadas no desenvolvimento do aplicativo compreendem:

- *Javascript*: linguagem de programação que vem sendo amplamente aprimorada e utilizada no desenvolvimento web, oportunizando o desenvolvimento de vários *frameworks* e bibliotecas, como o *framework Angular* (SOARES, 2017);
- *Framework Angular*: utiliza a metodologia de padrão de arquitetura MVC (*Model-View-Controller*), que possibilita maior organização e designação das responsabilidades e unidades lógicas dos componentes do sistema, considerando responsabilidades de nível de interface das *Views*, nível de modelagem de dados dos *Models* e nível de processamento dos *Controllers* (BORTOLI; RUFINO, 2016);

<http://dx.doi.org/10.5902/1984686X42711>

- *TypeScript*: uma linguagem de programação desenvolvida pela *Microsoft* implementando recursos presentes em linguagens que suportam o paradigma de programação OO (Orientado a Objetos), como tipos estáticos, polimorfismo, definição de classes e interfaces, entre outros aspectos. O *TypeScript* permite a utilização de códigos já existentes em *Javascript*, visto que este é compilado para a linguagem *Javascript* (DIONISIO, 2016);

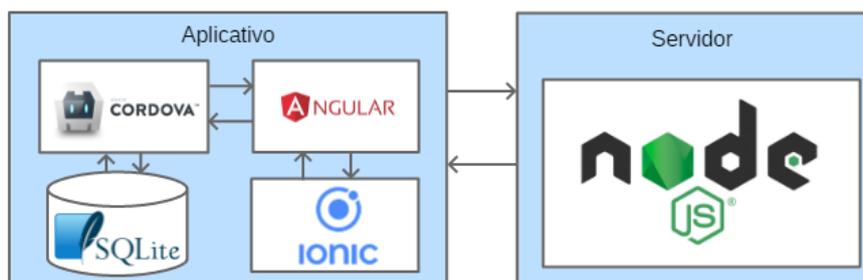
- *Apache Cordova*: é um *framework* de código aberto que possibilita o desenvolvimento de aplicações *mobile* multiplataforma utilizando as tecnologias básicas da web: HTML5, CSS3 e *Javascript* (CORDOVA.APACHE.ORG, 2019).;

- *SQLite*: é uma biblioteca que implementa um mecanismo de Banco de Dados transacional independente, sem necessidade de configuração de servidor, além de possuir código de domínio público, permitindo seu uso para diferentes finalidades, sejam elas comerciais ou privadas, podendo ser utilizado tanto em dispositivos móveis com os SOs *Android* e *iOS*, entre outros; quanto em *desktops*, com os SOs *Windows*, *Linux* e *Mac*, entre outros, sendo compatível também com uma vasta gama de dispositivos embarcados, como televisões, sistemas de mídia automotiva, centrais de multimídia e decodificadores de TV à cabo, entre outros (SQLite.ORG, 2019);

- *Node.js*: corresponde a um ambiente estilo servidor, que permite a execução de código-fonte escrito em *JavaScript* de forma assíncrona com orientação a eventos. O funcionamento do servidor consiste em um serviço de escuta, em que aguarda novas conexões dos clientes. Quando há uma nova solicitação de conexão ao servidor, este retorna uma chamada para uma função definida conforme o tipo de requisição, contexto este, conhecido como *call-back* (NODEJS.ORG, 2019).

A Figura 1 apresenta a interação que ocorre entre as tecnologias empregadas no aplicativo e no servidor. O servidor hospeda a API (*Application Program Interface*) que realiza a extração dos parâmetros dos OAs.

Figura 1 – Tecnologias utilizadas no aplicativo



Fonte: Dos autores (2019).

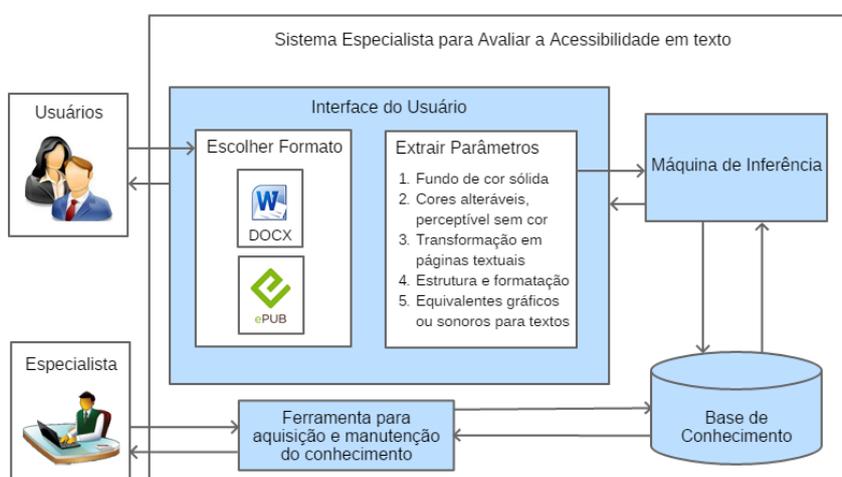
<http://dx.doi.org/10.5902/1984686X42711>

Inicialmente, o protótipo do aplicativo analisa OAs nos formatos DOCX e ePUB, por meio da análise do cabeçalho destes arquivos. Conforme Araújo *et al.* (2013) o formato ePUB é o formato padrão de publicações digitais, que possui padrão aberto e que utiliza: HTML5, CSS, SVG (*Scalable Vector Graphics*), imagens e outros recursos, para representar o conteúdo. O formato DOCX é o formato atual dos documentos elaborados por meio do *Microsoft Office*.

As recomendações de acessibilidade que foram seguidas no desenvolvimento do SE correspondem ao padrão internacional de Diretrizes de Acessibilidade para Conteúdo Web, WCAG (*Web Content Accessibility Guidelines*), versão 2.0 (2014), desenvolvido e mantido pela W3C (*World Wide Web Consortium*), principal entidade responsável pela padronização na *World Wide Web* (W3C, 2014), além das recomendações e diretrizes propostas por Macedo (2010).

A Figura 2 apresenta uma arquitetura de alto nível do aplicativo desenvolvido. A parte *Extrair Parâmetros* é realizada por meio de uma API desenvolvida, anteriormente, por demais integrantes do Núcleo de Acessibilidade Digital e Tecnologias Assistivas da UFSC (NADTA, 2019). Esta API recebe o arquivo (OA) enviado pelo aplicativo e armazena-o temporariamente no servidor para extrair os parâmetros, retornando-os para o aplicativo. Os parâmetros extraídos correspondem a uma organização hierárquica do tipo árvore, das tags extraídas dos arquivos nos formatos DOCX e ePub. Os parâmetros extraídos são salvos em um documento JSON que é lido pelo aplicativo desenvolvido.

Figura 2 - Arquitetura de alto nível do Sistema Especialista para Avaliar a Acessibilidade em texto



Fonte: Dos autores (2019).

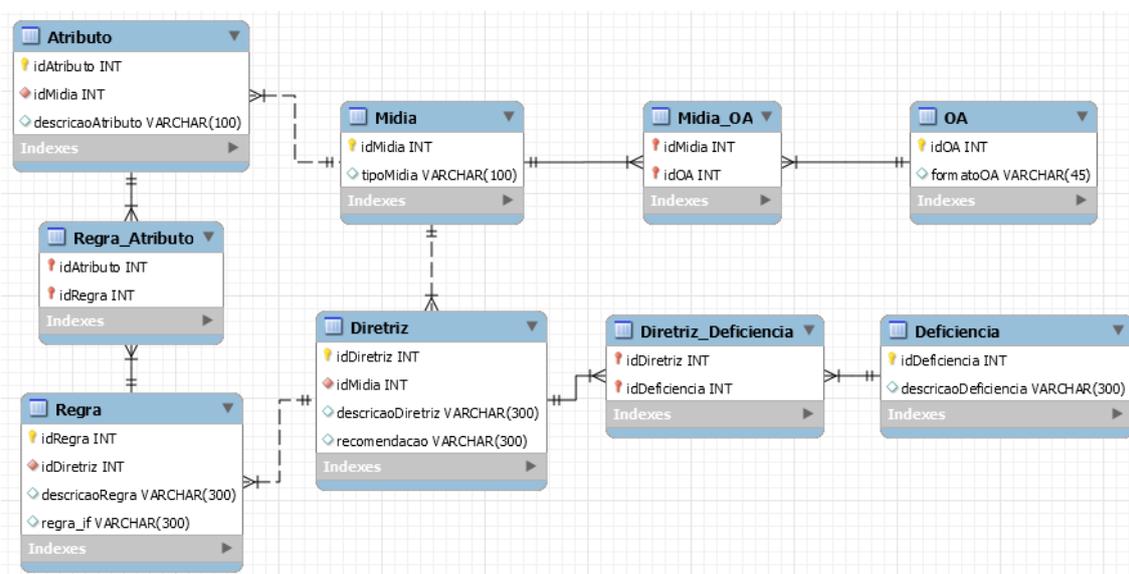
<http://dx.doi.org/10.5902/1984686X42711>

O SE foi desenvolvido com base nos seguintes requisitos:

- Uma interface que permite a manutenção do cadastro dos OAs e das diretrizes e recomendações de acessibilidade, gerenciada pelo administrador do sistema;
- Uma interface que permite aos usuários submeterem os OAs para verificação da acessibilidade.

Nesse sentido, a ideia foi a de criar um SE que possa ser utilizado em diferentes tipos de OAs, que utilizam diferentes mídias (textos, imagens estáticas, animações, tabelas, vídeos, áudio, etc). Apesar de o protótipo, inicialmente, só verificar a acessibilidade de textos, o SE foi modelado para armazenar conhecimento sobre OAs com outras mídias, visando sua flexibilidade de uso. A Figura 3 apresenta o Diagrama E-R (Entidade-Relacionamento) para que sejam armazenadas as informações na Base de Conhecimento do SE.

Figura 3 – Diagrama E-R da Base de Conhecimento



Fonte: Dos autores (2019).

Analisando a Figura 3 tem-se:

- Uma tabela que permite o cadastro de OAs no aplicativo (tabela OA);
- Uma tabela que permite o cadastro de diferentes mídias que podem fazer parte do OA (tabela Mídia);
- Uma tabela que permite a manutenção do cadastro de diretrizes (obrigatórias) para os OAs (tabela Diretriz);

<http://dx.doi.org/10.5902/1984686X42711>

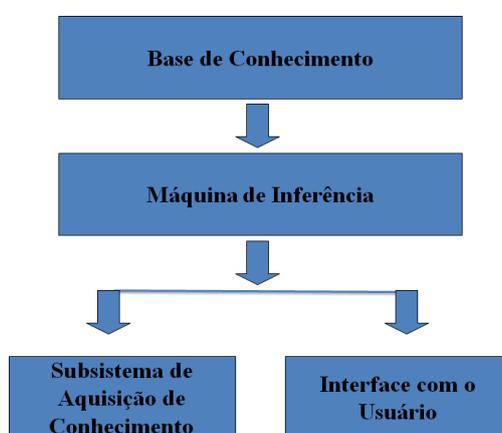
- Uma tabela que permite a manutenção do cadastro de deficiências (tabela Deficiência);
- Uma tabela que permite a manutenção do cadastro das regras/recomendações que compõem as diretrizes (tabela Regra);
- Uma tabela que permite modificar os atributos que estão associados a uma regra (tabela Atributo).

As tabelas de cadastro (diretrizes e deficiências) permitem que os especialistas do domínio realizem a manutenção da base de conhecimento, para que o conhecimento do SE não fique engessado no código-fonte do mesmo. Além disso, existem os relacionamentos muitos-para-muitos entre as tabelas de cadastros (deficiência, diretriz, mídia) e a tabela dos OAs.

Dessa forma, foi possível desenvolver um aplicativo que permite que os OAs sejam cadastrados e a modelagem já prevê o uso de diferentes mídias, além do texto que é o foco do protótipo aqui apresentado.

A máquina de inferência do SE verifica se todas as diretrizes e recomendações, de acordo com o tipo de mídia e deficiências, estão sendo cumpridas, trazendo, como resultado, quais regras foram ou não cumpridas. As diretrizes adotadas no desenvolvimento do aplicativo seguem a proposta de Macedo (2010). A Figura 4 apresenta a arquitetura do SE desenvolvido. A máquina de inferência faz a comparação dos atributos que estão armazenados na base de conhecimento, de acordo com as diretrizes e recomendações, com os parâmetros extraídos dos OAs, por meio da API externa mencionada anteriormente (NADTA, 2019).

Figura 4 – Arquitetura do SE desenvolvido



Fonte: Dos autores (2019).

<http://dx.doi.org/10.5902/1984686X42711>

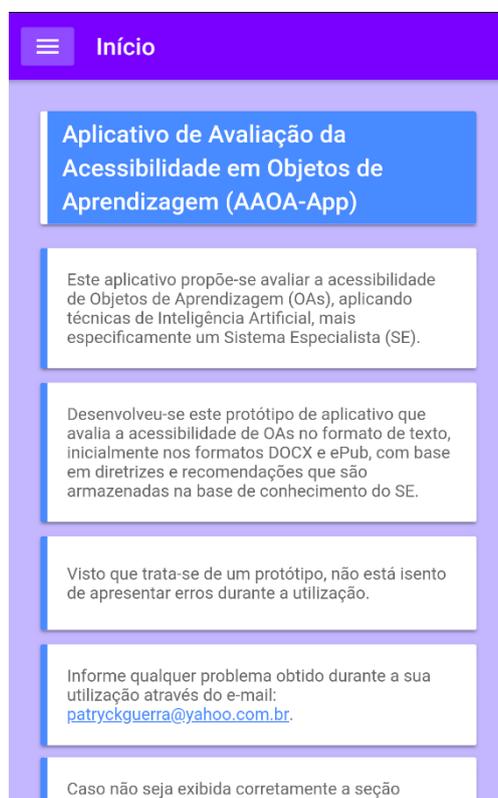
Analisando-se a Figura 4, verifica-se que o SE desenvolvido possui uma base de conhecimento, na qual são armazenadas as características dos OAs (mídias, deficiências, diretrizes, recomendações), uma máquina de inferência (que verifica se os OAs cumprem as diretrizes propostas, estruturada na forma de *frames*), um subsistema de aquisição de conhecimento (que compreende a manutenção dos cadastros, que só pode ser realizada pelo administrador do SE – no caso, especialistas em acessibilidade) e a interface com o usuário (que submete OAs para serem avaliados pelo aplicativo desenvolvido).

Demonstração do Protótipo do Aplicativo Implementado

Para o desenvolvimento do aplicativo, que analisa OAs nos formatos DOCX e *ePub*, utilizamos, para compor a base de conhecimento, as diretrizes de acessibilidade propostas por Macedo (2010).

A Figura 5 exibe a tela inicial do aplicativo, que apresenta várias informações em relação ao seu propósito e funcionamento, além de informar um e-mail para envio de problemas, sugestões e demais comentários sobre a usabilidade do aplicativo.

Figura 5 – Tela Inicial



Fonte: Dos autores (2019).

<http://dx.doi.org/10.5902/1984686X42711>

A Figura 6 apresenta informações e instruções sobre a seleção de OAs para avaliação pelo aplicativo, informando os dois formatos aceitos atualmente, que são: DOCX e *ePub*. O aplicativo realiza uma validação prévia com base no *MIME type* do arquivo.

Figura 6 – Tela de Seleção de Arquivo



Fonte: Dos autores (2019).

Conforme MOZILLA (2019), o *MIME type* é um padrão que descreve o tipo de conteúdo de um arquivo, permitindo que tanto clientes como servidor consigam saber qual ação tomar, com base no tipo do arquivo. É utilizado no protocolo HTTP e em protocolos de e-mail, entre outros. Sua estrutura geral compreende duas *Strings* separadas uma barra '/':

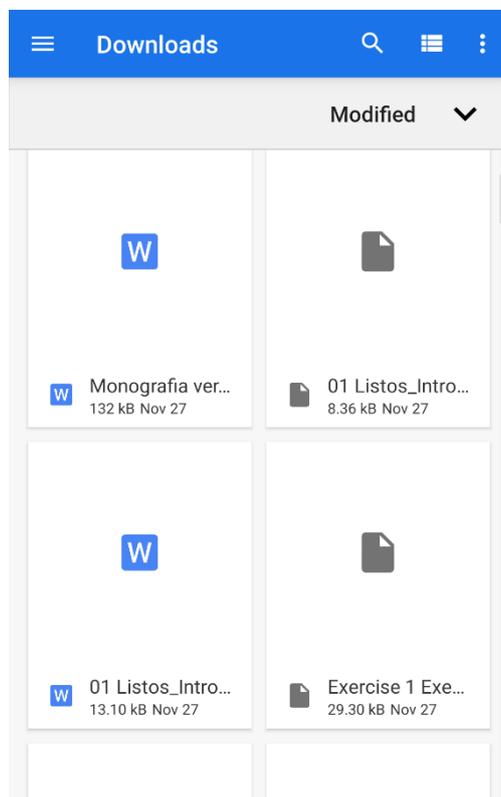
- A primeira parte informa um tipo discreto, como *text*, *image*, *audio* ou *multipart* que indica que o documento que contém o arquivo possui múltiplas partes;
- A segunda parte corresponde a um subtipo, como *image/jpeg* para indicar uma imagem com formato JPEG.

Os *MIME types* utilizados no aplicativo são os que representam os arquivos com extensão DOCX e *ePub*, respectivamente: *application/epub+zip* e *application/vnd.openxmlformats-officedocument.wordprocessingml.document*.

<http://dx.doi.org/10.5902/1984686X42711>

A Figura 7 exibe a tela de seleção nativa do SO *Android*, que permite selecionar apenas arquivos nos formatos válidos.

Figura 7 – Tela de Escolha do Arquivo no *Android*



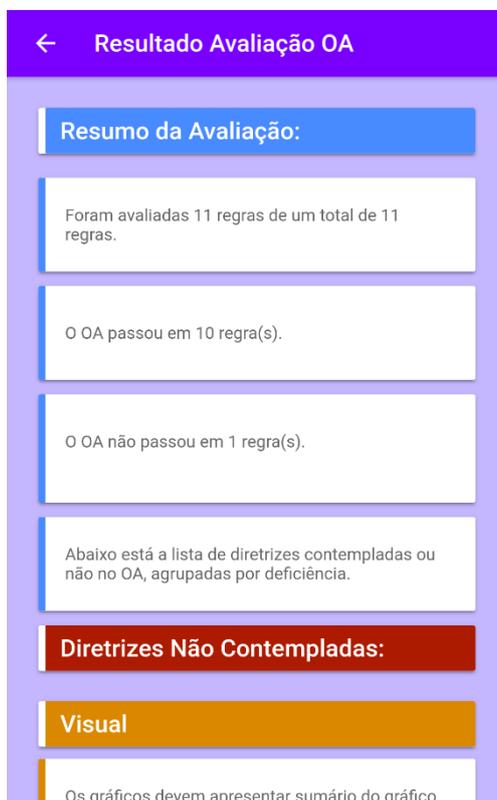
Fonte: Dos autores (2020).

A Figura 8 representa um exemplo de resultado de avaliação de um OA, apresentando informações como:

- Regras/recomendações avaliadas: total de regras que se aplicam ao conteúdo e ao formato do OA;
- Quantidade de regras/recomendações que o OA atende: correspondendo a um contador das regras em que não foram encontrados problemas de acessibilidade na avaliação, conforme as diretrizes;
- Quantidade de regras que o OA não atende: representando um contador das regras não atendidas, que apresentam problemas de acessibilidade conforme as diretrizes;
- Diretrizes contempladas: compreendem todas as diretrizes em que não foram encontrados problemas, agrupadas por deficiência;
- Diretrizes não contempladas: compreendem todas as diretrizes não atendidas, que apresentam problemas de acessibilidade, também agrupadas por deficiência.

<http://dx.doi.org/10.5902/1984686X42711>

Figura 8 – Tela de Resultado da Avaliação do AO



Fonte: Dos autores (2020).

Testes e Validação do Protótipo

Após a implementação do protótipo do aplicativo, o mesmo foi testado com base em OAs dos tipos DOCX e *ePub*, localizados nos repositórios MERLOT (MERLOT.ORG, 2019) e Manancial (UFSM, 2019). Foram submetidos à avaliação do aplicativo desenvolvido 52 OAs, sendo 28 do tipo DOCX e 24 do tipo *ePub*, escolhidos aleatoriamente nos repositórios citados. A Tabela 1 apresenta os dados dos OAs avaliados.

Tabela 1 – Repositórios de OAs utilizados nos testes

Repositório	Quantidade de OAs	Tipo de Arquivo	
		DOCX	<i>ePub</i>
MERLOT	50	26	24
Manancial - UFSM	2	2	0

Fonte: Dos autores (2019).

Os testes realizados puderam demonstrar que o aplicativo avaliou corretamente todos os arquivos testados, apenas ressaltando que algumas regras/recomendações, como a presente na avaliação da diretriz sobre o contraste de cores, não puderam ser aplicadas aos OAs no formato *ePub*, devido a problemas nos dados recebidos dos parâmetros, possivelmente em decorrência de problemas na estrutura do arquivo em si. A Tabela 2 apresenta os dados dos OAs avaliados, destacando os nomes dos OAs, repositório ao qual pertencem, regras avaliadas, regras contempladas e não contempladas. O aplicativo funcionou de forma adequada na avaliação de todos os 52 OAs testados.

Tabela 2 – Resultados dos testes da avaliação dos OAs pelo aplicativo

(continua)

Número	Nome do Objeto de Aprendizagem	Repositório	Regras Avaliadas	Regra(s) Contemplada(s)	Regra(s) Não Contemplada(s)
1.	<i>What is Reflective Practice and how to use it in ICT Primary Education.docx</i>	MERLOT	3	1	2
2.	<i>What is Reflective Practice and how to use it in ICT Primary Education.epub</i>	MERLOT	2	1	1
3.	<i>01 Listos_Introducción.docx</i>	MERLOT	4	3	1
4.	<i>01 Listos_Introducción.epub</i>	MERLOT	3	2	1
5.	<i>Hip Replacements Wear Activity – dEntremont.docx</i>	MERLOT	5	2	3
6.	<i>English101E-TextWritingfortheRhetorical-Situation.docx</i>	MERLOT	3	1	2
7.	<i>Research Proposal Prompt (rev. 8-19).docx</i>	MERLOT	3	2	1
8.	<i>Research Proposal Prompt (rev. 8-19).epub</i>	MERLOT	3	1	2
9.	<i>Monografia versão pós banca.docx</i>	Manancial	3	2	1
10.	<i>Lit Review Exemplar (child welfare).docx</i>	MERLOT	3	1	2
11.	<i>Lit Review Exemplar (child welfare).epub</i>	MERLOT	3	1	2
12.	<i>Porta_Cristiane_Ales_Dalla_2019_TCC.docx</i>	Manancial	3	2	1
13.	<i>Homework 3- Study Design.docx</i>	MERLOT	3	2	1
14.	<i>Homework 3- Study Design.epub</i>	MERLOT	3	1	2
15.	<i>Homework 2- Instruments and Measures.docx</i>	MERLOT	3	2	1

<http://dx.doi.org/10.5902/1984686X42711>

Tabela 2 – Resultados dos testes da avaliação dos OAs pelo aplicativo

(continua)

Número	Nome do Objeto de Aprendizagem	Repositório	Regras Avaliadas	Regra(s) Contemplada(s)	Regra(s) Não Contemplada(s)
16.	<i>Homework 2- Instruments and Measures.epub</i>	MERLOT	3	1	2
17.	<i>Homework 2 Exemplar.docx</i>	MERLOT	3	2	1
18.	<i>Homework 2 Exemplar.epub</i>	MERLOT	3	1	2
19.	<i>Homework 1- Outlining and Drafting a Literature Review.docx</i>	MERLOT	3	2	1
20.	<i>Homework 1- Outlining and Drafting a Literature Review.epub</i>	MERLOT	3	1	2
21.	<i>Homework 1 (Topical Outline) Exemplar.docx</i>	MERLOT	3	2	1
22.	<i>Homework 1 (Topical Outline) Exemplar.epub</i>	MERLOT	3	1	2
23.	<i>Final Proposal Exemplar (Suicide).docx</i>	MERLOT	3	1	2
24.	<i>Final Proposal Exemplar (Suicide).epub</i>	MERLOT	3	1	2
25.	<i>Exercise 7- Target Population and Sampling Approach.docx</i>	MERLOT	3	2	1
26.	<i>Exercise 7- Target Population and Sampling Approach.epub</i>	MERLOT	3	1	2
27.	<i>Exercise 7 Exemplar.docx</i>	MERLOT	3	2	1
28.	<i>Exercise 7 Exemplar.epub</i>	MERLOT	3	1	2
29.	<i>Exercise 6- Operational Definitions (rev. 8-10).docx</i>	MERLOT	3	2	1
30.	<i>Exercise 6- Operational Definitions (rev. 8-10).epub</i>	MERLOT	3	1	2
31.	<i>Exercise 6 Exemplar.docx</i>	MERLOT	3	2	1
32.	<i>Exercise 6 Exemplar.epub</i>	MERLOT	3	1	2
33.	<i>Exercise 5- Research Question and Hypothesis (rev. 8-10).docx</i>	MERLOT	3	2	1
34.	<i>Exercise 5- Research Question and Hypothesis (rev. 8-10).epub</i>	MERLOT	3	1	2
35.	<i>Exercise 5 Exemplar (revised).docx</i>	MERLOT	3	2	1
36.	<i>Exercise 5 Exemplar (revised).epub</i>	MERLOT	3	1	2
37.	<i>Exercise 4- Writing a Problem Statement and Literature Review.docx</i>	MERLOT	3	2	1
38.	<i>Exercise 4- Writing a Problem Statement and Literature Review.epub</i>	MERLOT	3	1	2

Tabela 2 – Resultados dos testes da avaliação dos OAs pelo aplicativo

Número	Nome do Objeto de Aprendizagem	Repositório	Regras Avaliadas	Regra(s) Contemplada(s)	(conclusão)
					Regra(s) Não Contemplada(s)
39.	<i>Exercise 4 Exemplar (revised).docx</i>	MERLOT	3	2	1
40.	<i>Exercise 4 Exemplar (revised).epub</i>	MERLOT	3	1	2
41.	<i>Exercise 3- Reading and Outlining a Non-Empirical Article (rev. 8-10).docx</i>	MERLOT	3	2	1
42.	<i>Exercise 3- Reading and Outlining a Non-Empirical Article (rev. 8-10).epub</i>	MERLOT	3	1	2
43.	<i>Exercise 3 Exemplar (revised).docx</i>	MERLOT	3	2	1
44.	<i>Exercise 3 Exemplar (revised).epub</i>	MERLOT	3	1	2
45.	<i>Exercise 2- Reading and Outlining an Empirical Article (rev. 8-10).docx</i>	MERLOT	3	2	1
46.	<i>Exercise 2- Reading and Outlining an Empirical Article (rev. 8-10).epub</i>	MERLOT	3	1	2
47.	<i>Exercise 2 Exemplar (revised).docx</i>	MERLOT	3	2	1
48.	<i>Exercise 2 Exemplar (revised).epub</i>	MERLOT	3	1	2
49.	<i>Exercise 1- Literature Search.docx</i>	MERLOT	3	2	1
50.	<i>Exercise 1- Literature Search.epub</i>	MERLOT	3	1	2
51.	<i>Exercise 1 Exemplar.docx</i>	MERLOT	3	2	1
52.	<i>Exercise 1 Exemplar.epub</i>	MERLOT	3	1	2

Fonte: Dos autores (2019).

Considerações finais

Acredita-se que os objetivos propostos para o trabalho tenham sido alcançados, pois foi possível desenvolver o aplicativo, utilizando-se um SE para validar as regras/recomendações que envolvem as diretrizes de acessibilidade de OAs. Neste primeiro momento, o aplicativo faz a validação das regras que envolvem textos no formato DOCX e ePub. Entretanto, a arquitetura do aplicativo já contempla a possibilidade de

<http://dx.doi.org/10.5902/1984686X42711>

inserção de diferentes mídias, deficiências e diretrizes que podem permitir a validação de outros OAs. Os resultados dos testes indicam que o aplicativo está funcionando adequadamente conforme a proposta, realizando a avaliação das regras/recomendações de OAs nos formatos anteriormente destacados.

Entre as dificuldades encontradas destaca-se a necessidade de aprendizado das tecnologias envolvidas no desenvolvimento do aplicativo, bem como a existência de alguns problemas na API utilizada para a extração dos parâmetros dos OAs.

Quanto às contribuições do trabalho, destaca-se a inserção do mesmo nos grupos de pesquisa da UFSM (Inteligência Artificial e Tecnologia Educacional/Universidade Federal de Santa Maria) e da UFSC (Núcleo de Acessibilidade Digital e Tecnologias Assistivas/Universidade Federal de Santa Catarina) (IATE, 2019; NADTA, 2019). Esta interação entre os grupos de pesquisa permitiu o desenvolvimento de um aplicativo de forma colaborativa, envolvendo diferentes visões e sugestões que aprimoraram a sua implementação.

Como trabalhos futuros destacam-se:

- Necessidade de implementação da interface para aquisição do conhecimento, permitindo que sejam inseridas as diretrizes e regras de acessibilidade de OAs em diferentes formatos;
- Implementação de uma versão web, visando oferecer mais de uma forma de acesso ao aplicativo desenvolvido;
- Desenvolvimento de uma funcionalidade que permita a gravação do relatório gerado pelo aplicativo na avaliação de um OA, possibilitando visualização posterior;
- Propor atualização na API de Extração de Parâmetros para permitir a extração dos parâmetros de OAs do formato PDF (*Portable Document Files*).

Referências

ARAÚJO, Wagner Junqueira. et. al. **Elementos Tecnológicos de Edição, Manipulação e Uso dos Livros Digitais**. 2013. Disponível em: <http://www.periodicos.ufpb.br/index.php/ies/article/view/12969>. Acesso em 04 mai. 2019.

BINDA, Renan de Paula. **Artefato para Representação Interativa de Diretrizes para Produção de Material Educacional Acessível**. Florianópolis/SC: PPGECC/UFSC, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/193506>. Acesso em 28 jun. 2019.

<http://dx.doi.org/10.5902/1984686X42711>

BORTOLI, Nathan da Silva; RUFINO, Ricardo Ribeiro. Conceito para o desenvolvimento web utilizando Spring Boot, Bootstrap e Angular JS. **XV Mostra de Trabalhos de Iniciação Científica de Paranavaí**, 2016. Disponível em: web.unipar.br/~seinpar/2016/publicacao/NATHAN%20S.%20DE%20BORTOLI.pdf. Acesso em: 04 mai. 2019.

CORDOVA.APACHE.ORG. **Architectural overview of Cordova platform - Apache Cordova**. 2019. Disponível em: <https://cordova.apache.org/docs/en/latest/guide/overview/index.html>. Acesso em: 01 dez. 2019.

DaSILVA. **Avaliador de Acessibilidade**. 2014. Disponível em: <http://www.dasilva.org.br>. Acesso em: 04 mai. 2019.

DIONISIO, Edson. (2016). **Introdução ao TypeScript**. Disponível em: <https://www.devmedia.com.br/introducao-ao-typescript/36729>. Acesso em: 27 nov. 2019.

GOMES, Dennis dos Santos. Inteligência Artificial: Conceitos e Aplicações. **Revista Olhar Científico**, Ariquemes, v. 1, n. 2, p. 234-246, ago./dez, 2010. Disponível em: <http://www.olharcientifico.kinghost.net/index.php/olhar/article/view/49/37>. Acesso em: 28 abr. 2019.

GUERRA, Patrick Andrei Caron; SILVEIRA, Sidnei Renato; PARREIRA, Fábio José. Aplicativo para Avaliar a Acessibilidade de Objetos de Aprendizagem. **Anais do CINAHPA 2019** – Congresso Internacional de Ambientes Hiperídia para Aprendizagem. Disponível em: <http://www.cinahpa.org/anais-2019/>. Acesso em: 03 dez. 2019.

IATE. **Inteligência Artificial e Tecnologia Educacional**: grupo de pesquisa. 2019. Disponível em: <https://www.ufsm.br/pro-reitorias/prpgp/grupo-de-pesquisa/iate-ufsm/>. Acesso em 29 jun. 2019.

LORENZI, Fabiana; SILVEIRA, Sidnei Renato. **Desenvolvimento de Sistemas de Informação Inteligentes**. Porto Alegre: UniRitter, 2011.

MACEDO, Claudia Maria Scudelari. **Diretrizes para Criação de Objetos de Aprendizagem Acessíveis**. Florianópolis/SC: PPGECC/UFSC, 2010. Tese de Doutorado. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/94396>. Acesso em 28 jun. 2019.

MENDES, Raquel Dias. **Inteligência Artificial**: sistemas especialistas no gerenciamento da informação. Ci. Inf., Brasília, v.26, n.1, jan, 1997. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-19651997000100006&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 28 abr. 2019.

MERLOT.ORG. **MERLOT**. Disponível em: <https://www.merlot.org/merlot/index.htm>. Acesso em 27 nov. 2019.

MOZILLA. **MIME types**. Disponível em: https://developer.mozilla.org/pt-BR/docs/Web/HTTP/Basico_sobre_HTTP/MIME_types. Acesso em: 04 dez. 2019.

<http://dx.doi.org/10.5902/1984686X42711>

NADTA. **Núcleo de Acessibilidade Digital e Tecnologias Assistivas**: grupo de pesquisa. Disponível em: <http://dgp.cnpq.br/dgp/espelhogrupo/58948>. Acesso em 29 jun. 2019.

NODEJS.ORG. **Sobre Node.js**. Disponível em: <https://nodejs.org/pt-br/about/>. Acesso em: 03 dez. 2019.

PARREIRA, Fábio José.; FALKEMBACH, Gilse Antoninha Morgental.; SILVEIRA, Sidnei Renato. **Construção de Jogos Educacionais Digitais e Objetos de Aprendizagem**: Um Estudo de Caso empregando Adobe Flash, HTML 5, CSS, JavaScript e Ardora. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2018.

PEREIRA, Adriana Soares et al. **Metodologia da Aprendizagem em EaD**. Santa Maria: UAB/NTE/UFSM, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/15809>. Acesso em: 29 jun. 2019.

QUEIROZ, Marco Antonio . **Acessibilidade Legal**. Disponível em: <http://www.acessibilidadelegal.com/13-validacao.php>. Acesso em 04 mai. 2019.

RIBEIRO, Vinicius Gadis; ZABADAL, Jorge. **Pesquisa em Computação**. Porto Alegre: UniRitter, 2010.

SILVA, Siony. (Acessibilidade digital em ambientes virtuais de aprendizagem. **Revista GEINTEC - Gestão, Inovação e Tecnologias**, São Cristóvão, v. 2, n. 3, p. 245-254, jul./ago./set, 2012. Disponível em: <http://www.revistageintec.net/index.php/revista/article/view/48/108>. Acesso em: 28 abr. 2019.

SOARES, Antonio Cardoso. . **ASUND**: Solução de classificação estática em Node.js para aplicações JavaScript. Repositório Aberto da Universidade do Porto, 2017. Disponível em: <https://hdl.handle.net/10216/106076>. Acesso em: 04 mai. 2019.

SQLITE.ORG. **SQLite**. Disponível em: <https://www.sqlite.org>. Acesso em: 01 dez 2019.

TAROUCO, Liane Margarida Rockembach. et al. **Objetos de Aprendizagem**: teoria e prática. Porto Alegre: Evangraf, 2014. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/102993/000937201.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2019.

UFRGS. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. **Lume Inicial – UFRGS**. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/#>. Acesso em 29 jun. 2019.

UFSC. Universidade Federal de Santa Catarina. **RI UFSC**: Repositório Institucional. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br>. Acesso em 29 jun. 2019.

UFSM. Universidade Federal de Santa Maria. **Manancial**: Repositório digital da UFSM. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br>. Acesso em 29 jun. 2019.

<http://dx.doi.org/10.5902/1984686X42711>

VILETE, Aline de Souza; LOPES, Thais Moreira. **Frameworks para o Desenvolvimento de Aplicações Mobile Multiplataforma**. 2018. Disponível em: <http://bd.centro.iff.edu.br/jspui/handle/123456789/2184>. Acesso em 04 mai. 2019.

W3C. **Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.0**. 2014. Tradução Autorizada em Português do Brasil. Disponível em: <https://www.w3.org/Translations/WCAG20-pt-br/>. Acesso em: 04 mai. 2019.

Correspondência

Patrick Andrei Caron Guerra – Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima nº 1000, Cidade Universitária Bairro, Camobi, Santa Maria, Rio Grande do Sul – Brasil.

CEP: 17525-900



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0)