



Análise de Acessibilidade em Cartilha Digital utilizando Validadores Automáticos

Lucas Camargo Gonçalves Martins¹, Eliana Zen¹

¹Instituto Federal Farroupilha (IFFar)
Sao Vicente do Sul – RS – Brasil

`martinslucas.cgm@gmail.com, eliana.zen@iffarroupilha.edu.br`

Abstract. *Computer Programming courses rely heavily on visual cues, which can be challenging for blind students. To guide teachers regarding the needs of these students, a digital guide was developed that presents the main challenges they face and provides recommendations for selecting technologies and teaching strategies. This work presents the results of accessibility validation tests conducted on the first version of the material and describes the process of addressing the identified issues, based on the guidelines of the WCAG 2.2 and ABNT NBR 17.225 documents. The aim is to provide an accessible and collaborative Web environment, allowing for continuous content improvement.*

Resumo. *Disciplinas de Programação de Computadores dependem fortemente de pistas visuais, o que pode ser desafiador para estudantes cegos. Para orientar os professores sobre as necessidades desses estudantes, foi elaborada uma Cartilha digital que apresenta os principais desafios enfrentados por eles e recomendações para a seleção de tecnologias e estratégias de ensino. Este trabalho apresenta os resultados dos testes de validação de acessibilidade realizados na primeira versão do material e descreve o processo de correção dos problemas identificados, com base nas diretrizes dos documentos WCAG 2.2 e ABNT NBR 17.225. O objetivo é proporcionar um ambiente Web acessível e colaborativo, permitindo melhorias contínuas do conteúdo.*

1. Introdução

Promover a acessibilidade digital significa eliminar todos os obstáculos de interação, permitindo que todos os usuários possam utilizar os sistemas sem que a interface imponha obstáculos [Brasil 2025, Barbosa and Silva 2010]. Portanto, ao desenvolver sistemas interativos, torna-se essencial seguir normas de usabilidade e acessibilidade para proporcionar um ambiente inclusivo a todos os usuários [Melo 2014].

No intuito de promover a acessibilidade na Web, diversos documentos têm sido publicados, tais como: (1) o *World Wide Web Consortium* (W3C) disponibiliza o *Web Content Accessibility Guidelines* (WCAG), que oferece recomendações para o desenvolvimento de ambientes Web inclusivos para usuários com diferentes tipos de deficiência [W3C 2025]; e, (2) a Norma Brasileira Regulamentadora n.º 17.225/2025, publicada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), que estabelece requisitos para tornar ambientes virtuais mais acessíveis a pessoas com deficiência [ABNT 2025].

A proposta de desenvolver soluções acessíveis a todos está fundamentada no conceito de Desenho Universal [Carletto and Cambiaghi 2008], que consiste em diretrizes

voltadas à criação de produtos, serviços e ambientes que atendam a todas as pessoas, independentemente de suas deficiências e necessidades [Góes and Costa 2022]. No contexto educacional, essa perspectiva se materializa no Desenho Universal para Aprendizagem (DUA), que busca tornar os conteúdos mais inclusivos ao reduzir barreiras e ao empregar recursos pedagógicos e tecnológicos que atendam às necessidades específicas dos estudantes [Ribeiro and de la Higuera Amato 2018].

Nesse contexto, este artigo apresenta um Trabalho de Conclusão do curso de Análise e Desenvolvimento de Sistemas do Instituto Federal Farroupilha - Campus São Vicente do Sul, atualmente em desenvolvimento, e descreve o processo de implementação e validação das recomendações de acessibilidade da WCAG 2.2 e da NBR 17.225 em uma Cartilha de Orientações destinada a apoiar professores que lecionam programação de computadores para estudantes cegos. Inicialmente, apresenta-se a primeira versão do documento, desenvolvida sem a preocupação de atender às diretrizes de acessibilidade mencionadas, e submetida a testes com validadores automatizados. Em seguida, descreve-se a etapa de adequação da Cartilha às recomendações estabelecidas, acompanhada da realização de novos testes automatizados. Por fim, são apresentados e comparados os resultados obtidos em ambas as etapas de validação, evidenciando as melhorias alcançadas.

2. Referencial Teórico

Esta seção apresenta os principais conceitos que constituem a base teórica deste trabalho. São discutidos os fundamentos de acessibilidade, destacadas as principais normas e diretrizes relacionadas ao contexto do estudo e descritos os métodos e abordagens de avaliação de acessibilidade.

2.1. Acessibilidade

A Lei Nº 13.146, de 2015, [Brasilb 2015], define acessibilidade como sendo a capacidade e condição de uma pessoa com deficiência ou mobilidade reduzida de utilizar, com segurança e autonomia, espaços, mobiliários, equipamentos urbanos, edificações, transportes, sistemas de informação e comunicação, bem como outros serviços e instalações públicos ou privados, de uso individual ou coletivo, tanto em áreas urbanas quanto rurais.

No contexto de sistemas interativos, a acessibilidade está diretamente relacionada à facilidade de uso e, conseqüentemente, à qualidade da experiência do usuário [Melo 2007]. Em outras palavras, consiste na remoção de barreiras que possam dificultar ou impedir a interação de diferentes usuários com a interface de um sistema, independentemente de apresentarem algum tipo de deficiência [Barbosa and Silva 2010]. Esse conceito abrange um grupo amplamente definido de usuários [ISO/IEC 2018]:

- Pessoas com deficiências físicas, sensoriais e cognitivas presentes no nascimento ou adquiridas durante a vida;
- Idosos que podem se beneficiar de novos produtos e serviços, mas que apresentam capacidades físicas, sensoriais e cognitivas reduzidas;
- Pessoas com deficiências temporárias, e;
- Pessoas com dificuldades em situações particulares.

Para assegurar a implementação da acessibilidade em ambientes digitais, diversos documentos contendo recomendações e diretrizes têm sido publicados nos últimos anos.

No contexto deste trabalho, destacam-se a WCAG 2.2, [WCAG 2023], e a ABNT NBR 17.225, [ABNT 2025], ambos voltados à padronização do desenvolvimento acessível de páginas e aplicações Web, com o objetivo de tornar esse ambiente inclusivo para diferentes perfis de usuários. Esses documentos serão apresentados com mais detalhes nas Subseções 2.2 e 2.3, a seguir.

2.2. WCAG 2.2

o W3C¹ lançou a *Web Accessibility Initiative* (WAI²), que oferece normas e materiais de apoio para ajudar na compreensão e implementação da acessibilidade, buscando tornar a Web mais acessível a pessoas com deficiência [WAI 1998].

Dentre os documentos publicados pela WAI, destaca-se o WCAG, um documento internacional que fornece diretrizes para tornar conteúdos Web acessíveis a pessoas com diferentes tipos de deficiência, promovendo uma navegação inclusiva [WCAG 2023]. Atualmente na versão 2.2, o WCAG é estruturado em 13 diretrizes, organizadas em quatro princípios fundamentais: Perceptível, Operável, Compreensível e Robusto. Esses princípios orientam o desenvolvimento de sistemas acessíveis e compatíveis com Tecnologia Assistiva (TA). O documento também define três níveis de conformidade (A, AA e AAA), permitindo que sites atendam desde requisitos básicos até avançados de acessibilidade, garantindo que o conteúdo seja utilizável pelo maior número possível de usuários.

2.3. NBR 17.225

No Brasil, no início de 2025, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) publicou a NBR 17.225 (Acessibilidade em conteúdo e aplicações Web – Requisitos), que estabelece critérios para melhorar e facilitar a utilização de ambientes virtuais por usuários com algum tipo de deficiência, buscando eliminar barreiras de acessibilidade. O documento está organizado em 15 seções, cada uma contendo requisitos e recomendações, seguindo os níveis de conformidade da WCAG 2.2 [ABNT 2025].

De maneira semelhante ao WCAG 2.2, a NBR 17.225 fornece mecanismos para avaliar o cumprimento de suas recomendações. Por meio dos níveis de conformidade, é possível verificar se um site ou aplicação atende a requisitos básicos, intermediários ou avançados de acessibilidade, facilitando a avaliação da eficácia do sistema desenvolvido.

2.4. Avaliação de Acessibilidade

A avaliação de acessibilidade tem como objetivo identificar barreiras que dificultam o uso dos sistemas interativos e indicar os ajustes necessários para que essas limitações sejam eliminadas [Freire 2008].

Os métodos de avaliação de acessibilidade podem envolver diferentes abordagens, como o uso de ferramentas automatizadas de validação, a análise conduzida por especialistas na área e a participação de usuários representativos do público-alvo [Bach 2009].

Ao utilizar ferramentas automatizadas, realiza-se uma análise do código e do conteúdo do sistema, identificando barreiras, verificando a conformidade com diretrizes e gerando relatórios que auxiliam na correção de problemas [Gonçalves 2021]. Embora

¹<https://www.w3.org/>

²<https://www.w3.org/WAI/>

os validadores de acessibilidade automatizados não substituam completamente os testes com usuários, eles oferecem um suporte eficiente durante o processo de desenvolvimento [Ribeiro and Silva 2019].

3. A Cartilha de Orientações

A maioria dos desafios e barreiras educacionais enfrentados por estudantes com deficiência visual durante o aprendizado de Programação de Computadores está relacionada à falta de compreensão dos professores sobre a necessidade e preferências desses alunos [Zen 2024].

Diante disto, com o objetivo de promover a inclusão desses estudantes nos cursos de Computação e contribuir para uma maior compreensão das necessidades e desafios enfrentados por discentes cegos nas disciplinas de Programação de computadores, foi elaborada uma Cartilha de Orientações para o ensino de Programação de Computadores para estudantes cegos [Zen et al. 2024]. O conteúdo apresenta os principais desafios enfrentados por estudantes cegos no aprendizado de programação e realização de atividades ligadas a Programação de Computadores. Além disso, conceitua a deficiência visual e suas classificações, lista recursos de TA, como leitores de tela e o *Displays* Braille, apresenta estratégias para o ensino de programação, orientando sobre a organização do conteúdo, adaptação de materiais e desenvolvimento de atividades e avaliações acessíveis.

Este documento ressalta a importância das práticas inclusivas no ensino de Programação de Computadores para alunos com deficiência visual. O conteúdo da cartilha foi disponibilizado, inicialmente, em uma página HTML (*HyperText Markup Language*) publicada no GitHub³, no endereço: <https://l1nq.com/CartilhaVersaoHTML>.

4. Materiais e Métodos

A primeira versão do documento publicado, apresentada na Seção 3, não foi elaborada com base em critérios de acessibilidade. Essa versão foi avaliada por meio de ferramentas de validação automatizada, especificamente o *Accessibility Insights for Web* e o *Axe Accessibility Linter*. Os testes tiveram como objetivo detectar erros de acessibilidade e estabelecer um ponto de referência para comparação. Os resultados são apresentados na Seção 5.

Com base nos resultados obtidos e com o objetivo de tornar o documento acessível a qualquer pessoa, independentemente de possuir alguma deficiência, as etapas seguintes do estudo envolveram a identificação das normas de acessibilidade que forneciam as recomendações mais adequadas ao contexto do documento. Constatou-se que as diretrizes da WCAG 2.2 e da NBR 17.225/2025 eram as mais pertinentes ao trabalho a ser desenvolvido.

O passo seguinte consistiu na leitura e análise das recomendações, com o objetivo de identificar quais diretrizes estariam diretamente relacionadas ao documento a ser produzido. Ao final dessa análise, foram selecionadas 49 recomendações, sendo 22 provenientes da WCAG 2.2 e 27 da NBR 17.225.

Concluída a fase de levantamento das recomendações, iniciou-se o processo de adequação do documento, etapa na qual foram utilizados os seguintes recursos:

³<https://github.com>

- **HTML:** Utilizado para realizar a estruturação semântica e permite que o documento ofereça compatibilidade com recursos de TA;
- **Cascading Style Sheets (CSS):** Utilizado para definição de contrastes, responsividade e destaque de elementos interativos;
- **Hypertext Preprocessor (PHP):** Utilizado para implementação das funcionalidades dinâmicas;
- **JavaScript:** Utilizado para recursos interativos e melhoria da usabilidade;
- **Multiplataforma (X), Apache, MariaDB, PHP e Pear (XAMPP):** Utilizado para configurar o ambiente de desenvolvimento, integrando MySQL e *phpMyAdmin* como Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados;
- **Visual Studio (VSCode):** Utilizado para realizar o desenvolvimento do código, em conjunto com a extensão
- **Axe Accessibility Linter:** Validador de acessibilidade automatizado que funciona como uma extensão para o *VSCode* e verifica se há erro de acessibilidade em *tags* HTML;
- **Accessibility Insights for Web:** validador de acessibilidade automatizado, disponível como extensão para os navegadores *Google Chrome* e *Microsoft Edge*, utilizado para detecção e correção de barreiras de acessibilidade;
- **GitHub:** uma plataforma online voltada para controle de versões e hospedagem de projetos de software, que utiliza o sistema Git⁴.

Após a validação da primeira versão do documento, que não contemplava aspectos de acessibilidade, iniciou-se a etapa de alteração do código, seguindo as normas e diretrizes de acessibilidade. Em seguida, realizou-se nova validação com ferramentas automatizadas, e os resultados são apresentados na Seção 5, a seguir.

5. Resultados e Discussão

Esta seção apresenta os resultados obtidos em cada uma das etapas de validação executadas, destacando os erros identificados na primeira versão do documento, as melhorias implementadas na versão revisada e a comparação entre ambas.

A primeira fase da avaliação do documento iniciou-se com a utilização da ferramenta *Accessibility Insights for Web*, no modo *FastPass*, que permite identificar problemas de acessibilidade em menos de cinco minutos. Esse modo divide a análise em três etapas: (1) verificação automatizada; (2) avaliação das paradas de tabulação; e, (3) indicação de elementos que necessitam apenas de revisão. Como resultado, foram detectados 4 erros relacionados a links, 6 erros na estrutura de listas e 21 erros na semântica de itens de listas. Na segunda etapa, foram identificados 75 elementos interativos que não podiam ser acessados via teclado ou que precisavam de revisão.

A segunda ferramenta utilizada foi a extensão *Axe Accessibility Linter*, que identificou seis erros em *tags* HTML, todos relacionados a listas aninhadas, as quais dificultavam a navegação entre as seções do documento para usuários TA.

A etapa de implementação de melhorias de acessibilidade no código foi realizada com base nas recomendações da WCAG 2.2 e da NBR 17.225/2025, bem como nos problemas identificados durante a primeira fase de validação, garantindo que as alterações

⁴<https://git-scm.com/downloads>

considerassem critérios de acessibilidade e melhores práticas de desenvolvimento. Entre as recomendações direcionadas a usuários cegos que utilizam leitores de tela identificadas, destacam-se:

- Utilizar marcação semântica correta para representar a estrutura do conteúdo (WCAG 2.2);
- Garantir que todos os componentes tenham rótulos e estados reconhecíveis por leitores de tela (WCAG 2.2);
- Assegurar que o foco esteja sempre visível ao navegar por teclado (WCAG 2.2);
- Proporcionar acessibilidade total por teclado, garantindo que todas as funcionalidades do sistema possam ser utilizadas sem exceção (NBR 17.225);
- Nos formulários e entradas de dados, apresentar mensagens de erro textuais, sugestões de correção e instruções claras sobre o preenchimento (NBR 17.225);
- Garantir que todos os campos de formulário possuam rótulo identificador ou propósito claramente visível, com nome acessível (NBR 17.225).

O documento produzido passou, então, pela segunda etapa de testes, utilizando as mesmas ferramentas automatizadas aplicadas na primeira fase. Novamente, o primeiro teste foi realizado com a ferramenta *Accessibility Insights for Web*, no modo *FastPass*. Foram identificadas duas listas do sistema que continham elementos filhos diretos⁵, configurando uma violação do critério WCAG 1.3.1.

A segunda etapa, voltada para a avaliação da ordem de tabulação, não apontou erros, mas recomendou revisões manuais para verificar a navegabilidade entre os links e confirmar que eles estivessem em foco quando selecionados. Para isso, foi realizada a navegação por teclado, utilizando as teclas "Tab" e "Shift + Tab" entre controles independentes, bem como as setas direcionais para percorrer os elementos focalizáveis. Apesar da recomendação do validador, não foram encontradas falhas nessa etapa.

Na terceira etapa, que indica elementos que necessitam apenas de revisão, foi recomendada a remoção da tag "Aria-label"⁶, pois o Critério de Sucesso 2.5.3 ("Rótulo no Nome") da WCAG 2.2 recomenda que os links possuam textos visíveis, de forma a deixar clara sua finalidade e o caminho que representam.

A segunda ferramenta, a extensão do VSCode *Axe Accessibility Linter*, não apontou nenhum erro. Acredita-se que isso se deve ao fato de o código estar sendo desenvolvido desde o início utilizando essa extensão, todos os erros são corrigidos no momento em que são sinalizados.

6. Considerações Finais

O presente trabalho descreve o processo de validação e adequação de uma Cartilha Digital que busca auxiliar professores que lecionam programação de computadores para estudantes cegos. O processo incluiu a análise dos documentos WCAG 2.2 e NBR 17.225, bem como a realização de testes automatizados, com o objetivo de verificar a acessibilidade e promover maior conformidade com as principais recomendações fornecidas por esses documentos.

⁵Um elemento é considerado filho quando está contido ou aninhado dentro de outro elemento [Moreira 2020].

⁶Tag HTML que atribui um nome acessível a um elemento com o objetivo de descrever sua função ou finalidade [W3C 2025].

Embora validadores automáticos sejam ferramentas úteis para a identificação de problemas de acessibilidade, tais como ausência de texto alternativo em imagens, problemas de contraste ou estrutura inadequada de cabeçalhos, eles não são capazes de identificar barreiras relacionadas à experiência real de uso por pessoas com deficiência. Para identificar desafios relacionados à interação e utilização de recursos de TA é necessário realizar avaliações empíricas com o público-alvo, previstas para etapas posteriores do projeto.

A primeira etapa de testes permitiu identificar algumas falhas no código, como problemas na estrutura semântica do HTML e dificuldades na navegação por elementos interativos. Esses resultados reforçam a importância de desenvolver o sistema Web em conformidade com as principais diretrizes de acessibilidade. Além disso, a partir dos problemas identificados, foi possível implementar melhorias na versão aprimorada da Cartilha, incluindo mecanismos voltados para uma navegação mais acessível.

A segunda etapa de testes não apenas demonstrou uma redução de erros, como também confirmou que o desenvolvimento da Cartilha Digital está em conformidade com os critérios da WCAG, oferecendo navegabilidade por teclado e links com rótulos acessíveis.

Por fim, embora o documento ainda esteja em fase de desenvolvimento, os resultados parciais evidenciam avanços significativos em termos de acessibilidade. Isso demonstra que a aplicação das recomendações normativas desde o início do desenvolvimento, aliada ao uso de ferramentas de validação automatizadas, contribui de forma positiva para a criação de um ambiente Web mais inclusivo.

Como trabalhos futuros, está prevista a inclusão de novas seções e funcionalidades na Cartilha, tais como: (1) a elaboração de um glossário de termos técnicos, destinado a auxiliar pessoas envolvidas no processo de ensino e aprendizagem de estudantes cegos que não tenham conhecimento prévio em programação ou computação; (2) a criação de uma seção dedicada a estratégias utilizadas por outros professores em diferentes disciplinas de programação para apoiar estudantes cegos; e, (3) a implementação de uma funcionalidade colaborativa, que permita que terceiros enviem sugestões de conteúdo a serem incorporadas à Cartilha.

Referências

- ABNT, A. B. d. N. T. (2025). *Acessibilidade em conteúdo e aplicações web - requisitos*, abnt nbr 17225:2025.
- Bach, C. F. (2009). *Avaliação de acessibilidade na web: estudo comparativo entre métodos de avaliação com a participação de deficientes visuais*. Master's thesis.
- Barbosa, S. and Silva, B. (2010). *Interação humano-computador*. Elsevier Brasil.
- Brasil (2025). *Acessibilidade digital — governo digital*. <https://www.gov.br/governodigital/pt-br/acessibilidade-e-usuario/acessibilidade-digital>. [Online; accessed 2025-09-03].
- Brasilb (2015). *Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015*. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/113146.htm. [Accessed 31-03-2025].

- Carletto, A. C. and Cambiaghi, S. (2008). *Desenho universal: um conceito para todos. São Paulo: Instituto Mara Gabrilli.*
- Freire, A. P. (2008). *Acessibilidade no desenvolvimento de sistemas web: um estudo sobre o cenário brasileiro.* PhD thesis, Universidade de São Paulo.
- Góes, A. R. T. and Costa, P. d. (2022). Do desenho universal ao desenho universal para aprendizagem. *Desenho Universal e Desenho Universal para Aprendizagem: fundamentos, práticas e propostas para Educação Inclusiva*, 1:1.
- Gonçalves, V. d. S. (2021). Avaliação automática de acessibilidade em interfaces de usuário de aplicações móveis.
- ISO/IEC (2018). *ISO/IEC 9241. Ergonomia da interação humano-sistema. Parte 171: Orientações sobre acessibilidade de software.* ISO/IEC.
- Melo, A. M. (2007). Design inclusivo de sistemas de informação na web.
- Melo, A. M. (2014). Acessibilidade e inclusão digital. *Livro dos Tutoriais do XIII Simpósio Brasileiro sobre Fatores Humanos em Sistemas Computacionais*, pages 29–54.
- Moreira, D. D. (2020). Padrões de projeto — padrões de projeto. [Online; accessed 2025-09-11].
- Ribeiro, G. R. d. P. S. and de la Higuera Amato, C. A. (2018). Análise da utilização do desenho universal para aprendizagem. *Cadernos de Pós-graduação em Distúrbios do Desenvolvimento*, 18(2).
- Ribeiro, J. F. and Silva, B. S. d. (2019). Estudo comparativo de avaliadores automáticos de acessibilidade web na avaliação formativa.
- W3C (2025). W3C — w3.org. <https://www.w3.org/>. [Accessed 31-03-2025].
- WAI, W. W. A. I. (1998). Home — web accessibility initiative (wai) — w3c. [Online; accessed 2025-09-16].
- WCAG (2023). Diretrizes de Acessibilidade para Conteúdo do Web (WCAG) 2.2 — w3c.br. <https://www.w3c.br/traducoes/wcag/wcag22-pt-BR/>. [Accessed 07-04-2025].
- Zen, E. (2024). Diretrizes de acessibilidade em ambientes de desenvolvimento integrado para estudantes cegos.
- Zen, E., Tavares, T. A., da Costa, V. K., Rissetti, G., and Martins, L. C. G. (2024). Recomendações para o ensino de programação de computadores para estudantes cegos. In *Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE)*, pages 2013–2024. SBC.