

Avaliação Automática de Acessibilidade dos Materiais Didáticos de Cursos Técnicos de Informática

Automatic Accessibility Evaluation of Teaching Materials for Technical Computer Courses

ISSN 2177-8310
DOI: 10.18264/eadf.v12i2.1809

Bruno Santana da Silva^{1*}
Paulo Henrique Santos de Sousa¹¹

¹ Universidade Federal do Rio Grande do Norte - Av. Senador Salgado Filho, 3000, Lagoa Nova. Natal, RN - Brasil

*bruno@imd.ufrn.br

Resumo

Os materiais didáticos digitais precisam ser acessíveis para permitir que alunos com deficiência tenham condições de participar de modo pleno e efetivo do ensino a distância. Este trabalho relata o estudo de um caso de avaliação automática de acessibilidade e correção dos problemas encontrados nos materiais didáticos de cursos de Informática, ofertados pelo Instituto Metrôpole Digital da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Quatro profissionais de Informática, sem conhecimento e experiência de programação web acessível, utilizaram o avaliador automático HTML Code Sniffer para avaliar os materiais didáticos digitais de 6 disciplinas. Em 899 páginas de conteúdo, foram encontrados 774 erros de acessibilidade, com média de 0,83 problema por página. Quase todos os problemas de acessibilidade encontrados foram corrigidos, exceto aqueles que dependiam de alteração de conteúdo pelos professores. Entre junho e dezembro de 2021, esta iniciativa consumiu aproximadamente 386 horas ou 2,5 meses de trabalho de uma pessoa. Ficou evidente que a produção de materiais didáticos digitais precisa de cuidados específicos para acessibilidade e que um avaliador automático pode auxiliar profissionais de Informática a começarem a abordar a acessibilidade na programação web.

Palavras-chave: Pessoa com deficiência. Programação web. WCAG.



Recebido 10/05/2022
Aceito 01/08/2022
Publicado 03/08/2022

COMO CITAR ESTE ARTIGO

ABNT: SILVA, B. S.; SOUSA, P. H. S. Avaliação Automática de Acessibilidade dos Materiais Didáticos de Cursos Técnicos de Informática. *EaD em Foco*, v. 12, n. 2, e1809, 2022. doi: <https://doi.org/10.18264/eadf.v12i2.1809>

Automatic Accessibility Evaluation of Teaching Materials for Technical Computer Courses

Abstract

Digital teaching materials need to be accessible to enable students with disabilities to fully and effectively participate in distance learning. This paper reports the study of a case of automatic accessibility evaluation and correction of problems found in the teaching material of Information Technology (IT) courses, offered by the Instituto Metr pole Digital of the Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Four IT professionals, without knowledge and experience of accessible web programming, used the automatic evaluator HTML Code Sniffer to evaluate the digital teaching materials of 6 subjects. In 899 pages of content, 774 accessibility errors were found, with an average of 0.83 problem per page. Almost all accessibility issues found were fixed, except for those that depended on content change by teachers. Between June and December 2021, this initiative consumed approximately 386 hours or 2.5 months of work by one person. It became evident that the production of digital teaching materials needs specific care for accessibility and that an automatic evaluator can help IT professionals to start approaching accessibility in web programming.

Keywords: Person with disability. Web programming. WCAG.

1. Introdu o

A educa o a distância   uma modalidade de ensino que se consolidou no Brasil (NOVELLO; LAURINO, 2012). Ela permite que os processos de ensino e aprendizagem da educa o formal se estendam por lugares e momentos diferentes e dispersos, sob o suporte de várias tecnologias.   fácil identificar iniciativas desta modalidade em muitos níveis de ensino na realidade brasileira. Por exemplo, o Telecurso tem usado a TV para contribuir principalmente com o Ensino de Jovens e Adultos (EJA) há mais de 4 décadas (FUNDA O ROBERTO MARINHO, 2022). O SENAC (Serviço de Nacional de Aprendizagem Comercial) e o SENAI (Serviço de Nacional de Aprendizagem Industrial) têm ofertado muitos cursos profissionalizantes a distância via internet. Em 2020, as matrículas em cursos superiores a distância foram 35% do total no Brasil (INEP, 2022).

Grande parte destes cursos a distância são ofertados via internet. Para isso, eles precisam de pelo menos dois suportes tecnológicos: um ambiente virtual de aprendizagem e materiais didáticos digitais. Os Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVAs) auxiliam a gestão acad mica e viabilizam a comunica o, a colabora o e a coordena o de atividades realizadas durante os processos de ensino e aprendizagem a distância (MACIEL, 2013). Os materiais didáticos digitais têm como propósito apresentar o conteúdo aos estudantes, bem como conduzi-los por atividades ao longo dos processos de ensino e aprendizagem, sem o suporte presencial t pico oferecido pelo professor (GONTIJO, 2016). Materiais didáticos também podem ser chamados de objetos de aprendizagem.

Em paralelo   evolu o da educa o a distância no país, movimentos da sociedade brasileira têm buscado avançar nas a o es de inclusão de minorias em muitas esferas. Em particular, a inclusão de pessoas com deficiência tem recebido aten o significativa. Isso se evidencia bem nas promulga o es de leis que garantem a inclusão social deste público, a exemplo da Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (BRASIL, 2015).

No âmbito da educação a distância, faz-se necessário garantir que os ambientes virtuais de aprendizagem e os materiais didáticos digitais sejam acessíveis a pessoas com deficiência (MACIEL, 2013). Muitos trabalhos anteriores contribuem com esta questão fazendo avaliações de acessibilidade digital de ambientes virtuais de aprendizagem (SANTOS *et al.*, 2021; LEMOS *et al.*, 2020) e de objetos de aprendizagem (SOUZA *et al.*, 2018; OMODEI *et al.*, 2016). Alguns avaliam também outros sistemas acadêmicos, como o portal de instituição de ensino (CAMPOVERDE-MOLINA *et al.*, 2020; RIBEIRO; SILVA, 2020). Uma estratégia complementar importante tem sido orientar o projeto e o desenvolvimento de ambientes, materiais e sistemas acadêmicos digitais acessíveis (MORALES-VELASCO; DAY, 2020; GRILO *et al.*, 2019).

Embora a acessibilidade digital já receba atenção na avaliação e na produção de materiais didáticos em pesquisas anteriores, a prática de alguns profissionais de Informática ainda não aborda esse aspecto no desenvolvimento de materiais didáticos digitais para o ensino a distância. Essa desatenção com a acessibilidade digital provavelmente é reforçada pela falta de conhecimento dos profissionais de Informática sobre (1) acessibilidade e (2) sobre como desenvolver materiais didáticos digitais acessíveis. Como superar essas dificuldades práticas?

Este trabalho relata o estudo de um caso sobre avaliação e melhorias de acessibilidade dos materiais didáticos digitais de cursos técnicos em Informática a distância, ofertados pelo Instituto MetrÓpole Digital (IMD) da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Estes materiais didáticos digitais foram originalmente desenvolvidos sem nenhuma preocupação específica sobre acessibilidade. Entre junho e dezembro de 2021, 4 profissionais de Informática se engajaram na tarefa de identificar e corrigir problemas de acessibilidade nos materiais didáticos digitais dos cursos técnicos do IMD. Como eles não tinham conhecimento nem experiência prévios em acessibilidade na programação *web*, eles escolheram utilizar a ferramenta [HTML Code Sniffer](#) para avaliar automaticamente cada página dos materiais didáticos digitais de 6 disciplinas. Esta ferramenta funciona com base na WCAG 2.1 (W3C, 2018). Apesar de a WCAG ser bem inclusiva, sua documentação não especifica com precisão quais tipos e graus de deficiência são ou não atendidos por ela. Conforme os problemas de acessibilidade foram encontrados pela ferramenta, os profissionais de Informática procuravam entender do que ele se tratava, tanto do lado humano com deficiência quanto do lado tecnológico para promoção da acessibilidade. No fim, quase todos os problemas de acessibilidade digital encontrados foram corrigidos pelos profissionais de Informática. Os problemas que dependiam de alteração de conteúdo não foram corrigidos, porque os professores conteudistas não participaram dessa iniciativa.

No restante deste trabalho, esta experiência é relatada em mais detalhes, com foco em uma análise quantitativa descritiva do trabalho realizado pelos profissionais de Informática e dos problemas encontrados nos materiais didáticos digitais em questão. Apesar desta avaliação automática de acessibilidade ser limitada (PIVETTA; SAITO; ULBRICHT, 2014; SOUZA; CARDOSO; PERRY, 2019), a compreensão deste caso pode auxiliar outros profissionais que também iniciam sua atuação na promoção da acessibilidade digital no ensino a distância. Esta é uma contribuição para que questões práticas possam ser abordadas no desenvolvimento de materiais didáticos digitais acessíveis para o ensino a distância.

2. Acessibilidade Digital na Web

A acessibilidade digital oferece as condições necessárias para que as pessoas alcancem a interface de sistemas computacionais (sites, aplicativos, materiais didáticos digitais, AVAs, etc.); isto é, com acessibilidade, as pessoas têm as capacidades necessárias para perceber, entender, operar e continuar interagindo com esses sistemas para alcançar seus objetivos (W3C BRASIL, 2013). Quando a interface de um sistema computacional respeita a diversidade de capacidades dos usuários e, assim, deixa de impor barreiras ou obstáculos ao seu uso, pode-se afirmar que este sistema é acessível (BARBOSA; SILVA, 2010).

Há décadas, o *World Wide Web Consortium* (W3C) se empenha em estabelecer padrões internacionais de programação para *web*, de modo a permitir interoperabilidade das páginas entre diferentes navegadores. Exemplos desses padrões *web* são as linguagens HTML, CSS e JavaScript. Além disso, o W3C se engaja na promoção da acessibilidade na *web*, principalmente com a definição e a divulgação de diretrizes de acessibilidade chamadas de *Web Content Accessibility Guidelines* (WCAG). A WCAG já evoluiu bastante e atualmente se encontra na versão 2.1, lançada em 2018 (W3C, 2018). Devido ao seu reconhecimento internacional, a WCAG tem sido uma das principais referências utilizadas para orientar o desenvolvimento de sistemas *web* com acessibilidade no meio digital. A WCAG oferece suporte a várias deficiências, apesar de sua documentação não especificar com exatidão quais tipos e graus de deficiências são atendidos.

As diretrizes da WCAG (W3C, 2018) definem características que um sistema *web* deve ter para ser considerado acessível. Assim, um sistema deve ser: perceptível, operável, compreensível e robusto. Essas diretrizes foram agrupadas em uma estrutura hierárquica em 4 níveis: princípios, recomendações, critérios e técnicas. Na documentação da WCAG (W3C, 2018), esta hierarquia é indicada por números separados por pontos que funcionam como índices. Por exemplo, o Princípio 2 está associado à Recomendação 2.1 que, por sua vez, está associada ao Critério 2.1.1, que agrupa um conjunto de técnicas que podem ser empregadas para satisfazê-lo. Estes mesmos índices serão empregados neste trabalho para referenciar as diretrizes da WCAG.

O atendimento a algumas diretrizes da WCAG deixa explícito no código-fonte dos sistemas *web* algumas características léxicas, sintáticas e semânticas que podem ser analisadas automaticamente por algum *software*, similar ao trabalho feito por compiladores em linguagens de programação. Portanto, algumas características desejáveis aos sistemas *web* para a promoção da acessibilidade digital podem ser verificadas automaticamente por softwares chamados de avaliadores automáticos de acessibilidade. Esta estratégia de avaliação automática tem sido explorada por diferentes *softwares*, como os presentes na [lista mantida](#) pelo W3C.

Existem alguns tipos de avaliadores automáticos de acessibilidade. Alguns são extensões ou plugins de navegadores *web*, como o [Siteimprove Accessibility Checker](#); outros são softwares standalone, como o [Accessibility Insights](#) e outros são ainda bibliotecas/serviços, como o [Axe Core](#). Apesar de a grande maioria deles ser baseada nas mesmas diretrizes da WCAG, estudos anteriores identificaram diferenças nos resultados gerados em termos de quantidade de problemas de acessibilidade encontrados, de diretrizes de acessibilidade violadas e de locais de ocorrência dos problemas (PADURE; PRIBEANU, 2020; ABASCAL *et al.*, 2019; RIBEIRO; SILVA, 2019).

A avaliação automática de acessibilidade parece ser uma abordagem inicial interessante para aqueles que não conhecem (1) sobre conceitos fundamentais relacionados com acessibilidade, (2) sobre as diretrizes de acessibilidade ou (3) sobre como programar para acessibilidade. Isso porque os avaliadores automáticos já apresentam uma lista de problemas encontrados no código-fonte do sistema *web* avaliado, indicando as diretrizes violadas e links para a documentação da WCAG (ou semelhante). Nessa documentação, existem orientações sobre como programar de forma a atender as diretrizes de acessibilidade. Então, além de reduzir os pré-requisitos iniciais de conhecimentos dos profissionais que desenvolvem materiais didáticos acessíveis para *web*, os avaliadores automáticos também têm a vantagem de serem sistemáticos na identificação dos problemas, pois seu uso sofre menor interferência da falta de atenção e de equívocos típicos do ser humano. Eles favorecem ainda a eficiência, pois são capazes de verificar o código-fonte dos sistemas mais rapidamente do que os profissionais, liberando-os, assim, para outras atividades.

3. Os Materiais Didáticos dos Cursos Técnicos do IMD/UFRN

O Instituto Metrópole Digital (IMD) da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) oferta cursos técnicos de Informática na modalidade de educação a distância desde 2012 (IMD, 2022). Atualmente, são 6 cursos: Técnico em Informática para Internet, Técnico em Redes de Computadores, Técnico em Eletrônica, Técnico em Automação Industrial, Técnico em Programação de Jogos Digitais e Técnico em Internet das Coisas. Estes cursos têm uma carga-horária total de 1000 ou 1200 horas e são realizados de forma concomitante ou subsequente ao Ensino Médio. Eles ocorrem no modelo semipresencial, onde o aluno estuda em um ambiente virtual de aprendizagem adaptado do Moodle e tem acesso aos materiais didáticos digitais elaborados pelo IMD. Uma vez por semana, o aluno tem um encontro presencial com um tutor em um dos 5 polos dos cursos, sendo 1 na capital e 4 em diferentes cidades do interior do RN. Nesses encontros presenciais, os alunos geralmente realizam atividades práticas e têm oportunidades de esclarecer suas dúvidas com o tutor.

Todos estes 6 cursos técnicos compartilham 6 disciplinas básicas realizadas no primeiro semestre: Inglês Técnico I, Matemática Aplicada, Introdução à Tecnologias da Informação, Arquitetura de Computadores, Sistemas Operacionais e Lógica de Programação. Depois, os currículos destes cursos se diferenciam. Os materiais didáticos digitais são divididos por disciplina. Cada disciplina é composta por aulas. Cada aula possui várias páginas *web* (não PDF) de conteúdo, com explicações, imagens, vídeos, exercícios e bibliografias, por exemplo. As tecnologias *web* (não PDF) permitiram a inclusão de diversos recursos multimídia e interativos nestes materiais.

Este material pode ser acessado em qualquer navegador *web*, sem exigir instalação de extensões, *plugins* ou outros *softwares* específicos. Ele é responsivo, para se adaptar melhor tanto a telas maiores, como em computadores *desktop* ou *notebooks*, quanto a telas menores, como em *smartphones*. Este material é público sob a licença *Creative Commons*. No momento, a versão original completa pode ser consultada neste [link](#). Em breve, estes materiais didáticos serão atualizados para contar com as melhorias de acessibilidade feitas no caso aqui sendo apresentado.

Os cursos técnicos de Informática do IMD costumam ofertar mais de mil vagas anuais. Estes cursos receberam menos de 5 alunos com deficiência em 12 anos até 2021. Nem estes e nem outros alunos relataram barreiras de acessibilidade nos materiais didáticos. Entretanto, com a vigência da lei de reserva de vagas para pessoas com deficiência nas seleções de ingresso em cursos de Instituições Federais de Ensino (BRASIL, 2016), existe a expectativa de que o número de alunos com deficiência possa aumentar de forma significativa nos próximos anos. Assim, podem surgir demandas de acessibilidade nos materiais didáticos digitais utilizados nestes cursos.

Como o desenvolvimento dos materiais didáticos desses cursos não considerou nenhuma questão sobre acessibilidade digital, nem a equipe que trabalha com o desenvolvimento deste material tem experiência em produzir materiais didáticos digitais acessíveis; a realidade e a responsabilidade social exigiram atitudes para a promoção da acessibilidade e da inclusão nesse contexto de educação a distância. Deste modo, entre junho e dezembro de 2021, um grupo de profissionais de Informática que trabalha no desenvolvimento dos materiais didáticos dos cursos técnicos do IMD se engajou numa iniciativa de avaliar a acessibilidade digital destes materiais e corrigir os problemas encontrados. A intenção é continuar esta iniciativa até que todas as melhorias de acessibilidade possíveis possam ser consideradas e desenvolvidas.

4. Metodologia do Estudo de Caso

Este trabalho analisou a experiência de avaliação automática e de melhorias da acessibilidade dos materiais didáticos digitais de 6 disciplinas dos cursos técnicos de Informática do IMD. Foi um estudo de caso exploratório descritivo (GIL, 2022). Os autores participaram ativamente do caso como integrantes do grupo de profissionais. Desde o início, todos os profissionais envolvidos estavam cientes dos objetivos de pesquisa associados. Todos concordaram em colaborar de forma livre e esclarecida com o relato desta experiência prática.

Parte dos dados foi coletada pela observação dos autores durante o desenvolvimento das atividades, com registro em anotações pessoais. Outra parte foi obtida em planilhas eletrônicas com anotações dos profissionais sobre: (1) os problemas de acessibilidade encontrados em cada página dos materiais didáticos digitais analisados, (2) os encaminhamentos de melhoria decididos pelos profissionais e (3) horas de trabalho dedicadas a esta iniciativa. A versão original e a versão corrigida dos materiais didáticos digitais também foram consultadas neste estudo. A análise foi essencialmente quantitativa descritiva. A equipe já tinha o costume de anotar as horas de trabalho para contabilização de frequência. Esta pesquisa acrescentou apenas o registro de quais períodos de trabalho anotados foram dedicados para a execução da avaliação e das correções de acessibilidade realizadas na iniciativa estudada.

5. Resultados e Discussão do Estudo de Caso

A avaliação e as melhorias de acessibilidade dos materiais didáticos digitais relatadas neste trabalho foram realizadas por 4 profissionais de Informática, entre junho e dezembro de 2021. Estes profissionais não atuaram em dedicação exclusiva para esta iniciativa. Eles dedicaram algumas horas semanais para as atividades de interesse neste caso. Os profissionais de Informática consultaram um designer para melhorar o contraste da paleta de cores empregada nos materiais didáticos e foram acompanhados pela gestora da equipe. Nenhum professor dos cursos técnicos a distância do IMD, nenhum aluno e nem uma pessoa com deficiência foram envolvidos.

Como os profissionais de Informática não tinham conhecimento nem experiência sobre programação para acessibilidade, eles decidiram começar por uma avaliação automática dos materiais didáticos. Assim, problemas básicos de acessibilidade puderam ser identificados e corrigidos de uma forma sistemática cobrindo várias recomendações da WCAG. Essa iniciativa não exigiu um estudo prévio sobre o assunto. Conforme os problemas foram sendo identificados, os profissionais buscaram se informar e aprender a respeito sob demanda, em um escopo bem específico e aplicado. Conteúdos *web* produzidos pela W3C foram as principais fontes consultadas.

Com a intenção de se preparar melhor para as turmas de 2022, o grupo decidiu começar com a avaliação e melhorias de acessibilidade dos materiais didáticos para as 6 disciplinas comuns a todos os cursos técnicos do IMD. Estas são as primeiras disciplinas a serem cursadas. A ferramenta utilizada foi o [HTML Code Sniffer](#), na versão 2.5.1. Ela foi escolhida (1) por ser uma das 3 ferramentas com melhores resultados no estudo de (RIBEIRO; SILVA, 2019); (2) por ter sido atualizada para a última versão da WCAG, a versão 2.1; e (3) porque os profissionais envolvidos gostaram de utilizá-la numa exploração inicial. Esta ferramenta foi executada para identificar automaticamente problemas de acessibilidade em cada página, de cada aula, em cada uma das 6 disciplinas de interesse. Além disso, também foram analisadas as páginas de apresentação dos cursos e das disciplinas, onde se inicia a navegação pelos materiais didáticos digitais.

Cada disciplina ficou sob a responsabilidade de apenas um profissional de Informática deste grupo de trabalho. Ele executou o avaliador automático nas páginas necessárias e anotou em uma planilha eletrônica os problemas de acessibilidade encontrados. Evitou-se repetir os mesmos tipos de problemas

em elementos HTML semelhantes por página. Por exemplo, se um mesmo tipo de problema ocorreu em todas as entradas do sumário, ele foi contabilizado apenas uma vez. A lista de problemas encontrados foi apresentada para os demais colaboradores em reuniões semanais. Os participantes conversavam para buscar entender o problema de acessibilidade envolvido e propor uma solução em conjunto. Algumas vezes, foi possível pensar em uma solução durante a própria reunião. Outras vezes, foi necessária pesquisa na *web* e uma reflexão melhor a respeito após a reunião em momentos individuais. Os problemas ainda sem solução, sempre foram retomados nas reuniões seguintes até se tomar uma decisão final pela equipe.

Quando o grupo concordava com um encaminhamento de solução, anotava-se a decisão na planilha ao lado do respectivo problema. O profissional responsável pela execução da avaliação automática em uma disciplina também assumiu a responsabilidade de corrigi-la conforme a decisão do grupo. Depois que todos os problemas de acessibilidade encontrados automaticamente em cada página foram resolvidos, o profissional de Informática executou novamente a [HTML Code Sniffer](#) naquela página para conferir se as soluções funcionaram de acordo com a verificação automática e se nenhum outro problema passou despercebido. Seguiu-se em frente apenas quando não havia mais problemas a serem resolvidos ou quando a correção exigia alteração do conteúdo com a participação dos professores, por exemplo, para alterar uma atividade realizável apenas com mouse ou para atualizar uma imagem pouco nítida. Como os professores conteudistas não participaram desta iniciativa, os problemas não resolvidos serão abordados no futuro quando os professores forem atualizar os conteúdos dos materiais.

Ao longo de 7 meses, foram realizadas atividades individuais de avaliação e correção, bem como reuniões de equipe. Esta iniciativa consumiu ao todo aproximadamente 386 horas e 13 minutos de trabalho de uma pessoa. Isso equivale a quase 10 semanas ou 2,5 meses de trabalho de 1 pessoa com dedicação de 40h semanais. Para cada disciplina, foi necessária uma média de quase 64 horas de trabalho de uma pessoa. A execução da avaliação automática e a correção dos problemas encontrados consumiram um total de aproximadamente 274h e 13min de trabalho de uma pessoa. Foram realizadas 28 reuniões da equipe para (1) entendimento coletivo dos problemas, (2) decisão sobre as soluções empregadas e (3) planejamento das próximas atividades. Em geral, as reuniões duraram menos do que 1h, algo próximo de 40min. Porém, algumas duraram até 1h e 30min. Assim, a média de duração das reuniões pode ser contabilizada como cerca de 1h. Como cada reunião envolvia o trabalho de 4 profissionais por aproximadamente 1h, todas as reuniões consumiram aproximadamente 112h de trabalho de 1 pessoa. Nesta contabilização não entraram a participação pontual do designer, nem o acompanhamento da gestora da equipe.

A Tabela 1 apresenta a quantidade de páginas analisadas, erros e avisos encontrados por disciplina ou estrutura de navegação. No total, foram analisadas 899 páginas nos materiais didáticos, onde 744 erros e 1206 avisos de acessibilidade foram encontrados. Assim, a média de ocorrência de erros foi 0,83 erro por página e de 1,34 aviso por página. A estrutura de navegação inicial dos materiais didáticos é muito simples, similar a lista de cursos, disciplinas e aulas. Ainda assim, 0,5% dos erros e 0,2% dos avisos foram encontrados nesta parte dos materiais didáticos. A estrutura geral da página de todas as aulas é mesma, com cabeçalho, sumário, rodapé e alguns modais de aviso. Por isso, esta estrutura geral foi avaliada e corrigida uma vez só para todos os materiais didáticos. Encontrou-se nesta estrutura 1,6% dos erros e 2% dos avisos de acessibilidade de todo o material analisado.

Houve uma diferença significativa na quantidade de erros e avisos encontrados no conteúdo de diferentes disciplinas. Lógica de Programação foi a disciplina com maior quantidade de erros (43%) e avisos (24%). Em seguida apareceram Inglês Técnico I e Introdução às Tecnologias da Informação com maiores quantidades de erros, com 24% e 18% respectivamente. Já em relação aos avisos, as disciplinas seguintes foram Introdução às Tecnologias da Informação e Matemática Aplicada, com 19% e 17% nesta ordem. As médias de erros e avisos por página também variaram de forma expressiva entre as disciplinas. As disciplinas de Lógica de Programação e Inglês Técnico I também apresentaram as maiores médias de erros

por página, com respectivamente 1,77 e 1,10 erros por página. Já Lógica de Programação e Matemática Aplicada empataram com as disciplinas com maiores médias de avisos por página, numa média de 1,63 avisos em cada página.

Tabela 1: Quantidades de páginas, erros e avisos encontrados por disciplina ou estrutura de navegação.

	quantidade de páginas	quantidade total de erros	média de erros por página	quantidade total de avisos	média de avisos por página
estrutura de navegação					
curios	1	2 - 0,3%	2	2 - 0,2%	2
disciplinas	1	1 - 0,1%	1	0	0
aulas	1	1 - 0,1%	1	0	0
estrutura da aula	1	12 - 1,6%	12	24 - 2%	24
conteúdo das disciplinas					
Arquitetura de Computadores	55	14 - 1,9%	0,25	82 - 7%	1,49
Sistemas Operacionais	185	2 - 0,3%	0,01	184 - 15%	0,99
Matemática Aplicada	126	77 - 10%	0,61	206 - 17%	1,63
Introdução às Tecnologias da Informação	185	135 - 18%	0,73	227 - 19%	1,23
Inglês Técnico I	163	180 - 24%	1,10	186 - 15%	1,14
Lógica de Programação	181	320 - 43%	1,77	295 - 24%	1,63
total	899	744	0,83	1206	1,34

Fonte: Dados coletados nesta pesquisa.

Considerando as deficiências contempladas pela WCAG 2.1 (W3C, 2018), é bem significativo identificar que alunos com deficiência podem encontrar em média mais de um problema de acessibilidade digital em cada página dos materiais didáticos de Inglês Técnico I e de Lógica de Programação, bem como enfrentar em média mais de um problema de acessibilidade a cada 2 páginas de Introdução à Tecnologias da Informação e de Matemática Aplicada. Essas dificuldades (barreiras) de acesso ainda podem piorar com a consideração de, em média, mais de um aviso de potencial problema de acessibilidade em cada página de quase todas as disciplinas avaliadas.

Os erros e avisos identificados se distribuíram por várias regiões das páginas dos materiais didáticos avaliados. Foi possível encontrar 17 regiões onde eles ocorreram nas páginas. A maioria delas se referem a tags do HTML. A Tabela 2 enumera a quantidade total de erros e avisos para cada região das páginas de todo o material analisado. Imagens, campos de *input* e o conteúdo HTML em geral reuniram a maior parte dos erros, somando respectivamente 218, 195 e 193 erros cada. Em seguida, apareceram 80 erros associados a uma região não identificada da página ou associado à página como um todo. As demais regiões acumularam erros em ordem de grandeza bem menor, não ultrapassando 15 erros no total. Os avisos ocorrem em todos os 899 títulos das páginas, que utilizavam um nível equivocado da tag <h>. Era para ser utilizado o <h2> e foi equivocadamente utilizado o <h3>. Em seguida, as regiões que acumularam mais avisos foram os conteúdos HTML em geral, os campos de *input* e os modais, somando respectivamente 123, 72 e 38 avisos cada.

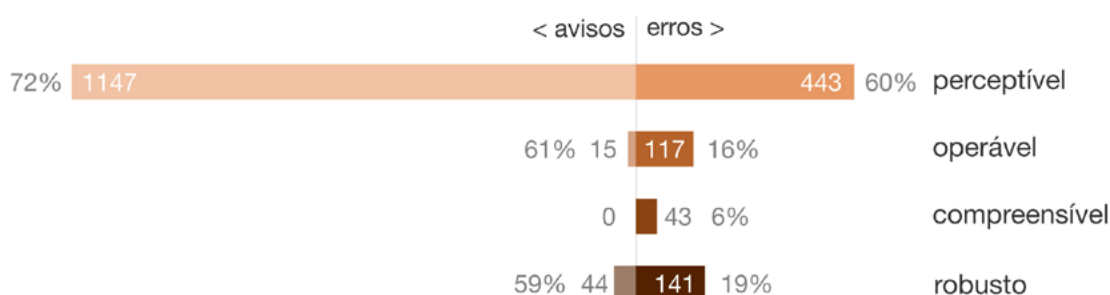
Tabela 2: Quantidade total de erros e avisos por regiões da página dos materiais didáticos avaliados.

região das páginas	erros	avisos
botão	8	15
cabeçalho	2	13
conteúdo	193	123
formulário	1	
fórmulas		2
iframe	5	
imagem	218	21
input	195	72
link	15	6

região das páginas	erros	avisos
listagem	8	
modal	6	38
rodapé	4	3
sumário	2	4
tabela	2	8
título	4	899
vídeo	1	2
não identificada	80	

Fonte: Dados coletados nesta pesquisa.

Conforme ilustrado na Figura 1, a maioria dos erros e avisos identificados prejudicam a percepção dos materiais didáticos pelos alunos. Foram 443 erros (60%) e 1147 avisos (95%) relacionados com o princípio perceptível da WCAG. Em proporção bem menor, 141 erros (19%) e 44 avisos (4%) se relacionam com o princípio de robustez da WCAG. Também ocorreram 117 erros (16%) e 15 avisos (1%) relacionados com o princípio operável. Por fim, nenhum erro e 43 avisos (6%) foram identificados no princípio compreensível da WCAG.

**Figura 1:** Total de erros e avisos encontrados por princípio de acessibilidade da WCAG.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Uma apreciação geral dos resultados na Figura 1 indica que alunos com limitações sensoriais, em particular relacionadas à visão, podem enfrentar várias barreiras ao usar estes materiais didáticos. Estas barreiras de percepção devem ocorrer concomitantemente com barreiras de operação durante a interação com os materiais didáticos, prejudicando ainda mais o aprendizado dos alunos com limitações sensoriais. Pelos problemas de robustez identificados, os alunos também podem enfrentar dificuldades ao utilizar certas tecnologias assistivas (TAs) por falta de compatibilidade. Ainda que existam tecnologias assistivas alternativas que funcionem com os materiais didáticos em questão, não é trivial forçar um aluno com deficiência a deixar de utilizar uma tecnologia assistiva que ele esteja acostumado a usar para passar a usar outra tecnologia assistiva equivalente que ele desconhece, não possui e não está acostumado a usar. Essa postura tem grandes chances de impor ao aluno questões econômicas, para adquirir a nova TA; técnicas, para instalação da nova TA; cognitivas, para aprender a usar a nova TA; e até emocionais, para enfrentar essa mudança arbitrária. A educação à distância já enfrenta muitos desafios. Não convém impor ainda mais desafios aos alunos com deficiência para o acesso aos materiais didáticos digitais utilizados nos cursos técnicos do IMD.

A Figura 2 apresenta a distribuição dos erros e avisos estratificados pelos critérios violados da WCAG para cada disciplina ou estrutura de navegação. Os critérios mais violados em erros foram 1.1.1 (Conteúdo não textual), 1.3.1 (Informações e relações dos elementos de interface) e 4.1.2 (Nome, função e valor dos elementos de interface), com respectivamente 266 (36%), 145 (19%) e 140 (19%) erros identificados. Assim, as dificuldades mais frequentes que os alunos com deficiência vão enfrentar são (1) de perceber conteúdos por meio de sentidos alternativos, (2) de perceber e compreender relações entre partes do conteúdo por meio de sentidos alternativos e (3) não conseguir perceber e identificar funções e significados de elementos do conteúdo digital.

erros		cursos	disciplinas	aulas	estrutura da aula	arquitetura de comp.	sistemas operacionais	matemática aplicada	introdução à s	inglês técnico	lógica de programação
perceptível	1.1.1	1	1	1	1	10	2	69	118	37	26
	1.3.1							4		41	100
	1.4.1										
	1.4.3	1			10				7	6	8
operável	2.1.1										
	2.1.2										
	2.4.1				1	2			10	58	6
	2.4.2										40
compreensível	3.1.1										40
	3.2.2									3	
robusto	4.1.1					1					
	4.1.2					1		4		35	100
avisos											
perceptível	1.1.1										
	1.3.1				7	57	183	127	188	175	213
	1.4.1	1			10	3			3		46
	1.4.3	1			7	7	1	79	31	6	2
operável	2.1.1									1	
	2.1.2					17					
	2.4.1										
	2.4.2										
compreensível	3.1.1										
	3.2.2										
robusto	4.1.1										
	4.1.2					1			5	4	34

Figura 2: Total de erros e avisos encontrados por critério de acessibilidade da WCAG. Fonte: Elaborado pelos autores.

A distribuição dos erros por critérios variou bastante entre as disciplinas, indicando que os alunos com deficiência vão enfrentar dificuldades diferentes em frequências diferentes em cada disciplina. Certas disciplinas se destacaram de forma significativa em relação às demais na maioria dos critérios. Introdução às Tecnologias da Informação teve 118 erros no Critério 1.1.1. Lógica de Programação teve 100 erros no Critério 1.3.1. Inglês Técnico I teve 58 erros no Critério 2.4.1. Lógica de Programação teve 100 erros no Critério 4.1.1 e 40 erros nos Critérios 2.4.2 e 3.1.1. Apenas as disciplinas de Arquitetura de Computadores e Sistemas Operacionais não se destacaram em quantidade de erros por critério da WCAG.

Os critérios mais violados em avisos foram 1.3.1 (Informações e relações dos elementos de interface), 1.4.3 (Contraste Mínimo) e 1.4.1 (Utilização de Cores), com respectivamente 950 (79%), 134 (11%) e 5 (%) avisos identificados. Então, os alunos com deficiência podem enfrentar mais frequentemente dificuldades de (1) perceber conteúdos por sentidos alternativos e (2) de perceber cores e conteúdos que elas representam. As diferenças na quantidade de avisos no Critério 1.3.1 não foram grandes para a maioria das disciplinas, com exceção de Arquitetura de Computadores que teve total bem menor neste caso. Matemática Aplicada se destacou com 79 avisos no Critério 1.4.3. Arquitetura de Computadores se destacou com 17 avisos no Critério 2.1.2. Lógica de Programação se sobressaiu com 34 avisos no Critério 4.1.2.

4. Conclusão

Este trabalho relatou uma experiência de avaliação automática de acessibilidade dos materiais didáticos digitais de cursos técnicos de Informática do IMD, na modalidade a distância. Ele serve de exemplo para o entendimento de questões práticas da promoção da acessibilidade digital.

Ficou evidente que um avaliador automático de acessibilidade digital pode ser um instrumento interessante para auxiliar profissionais, sem conhecimento e sem experiência em programação *web* acessível, começarem a se engajar na inclusão de alunos com deficiência. Como as questões de acessibilidade digital cobertas pela WCAG foram endereçadas sob demanda conforme ocorria a identificação dos problemas, os profissionais não estranharam a abordagem, as atividades, nem o esforço de aprendizado necessário para corrigir os problemas de acessibilidade encontrados. Isso provavelmente ocorreu porque eles já estão acostumados a fazer algo semelhante em outros aspectos de programação.

Pela quantidade, diversidade e distribuição dos problemas de acessibilidade encontrados, está clara a necessidade de uma atenção especial à acessibilidade durante a programação de materiais didáticos digitais. Os profissionais não podem assumir que todas as barreiras de acessibilidade se resolvem quando o aluno com deficiência utiliza uma tecnologia assistiva, como um leitor de tela, por exemplo. Os profissionais de Informática precisam se engajar na promoção da inclusão. A produção de materiais didáticos acessíveis requer cuidado específico ao longo de várias atividades do desenvolvimento; por exemplo, desde o projeto, para ajustar a paleta de cores, a programação, para emprego adequado de *tags* HTML, e até na produção de conteúdo didático, para descrição adequada de imagens e elaboração de exercícios que possam ser realizados apenas com suporte de áudio e sem usar o mouse.

Por fim, é preciso reconhecer que a avaliação automática de acessibilidade tem limitações (SOUZA *et al.*, 2019; ABASCAL *et al.*, 2019; PIVETTA *et al.*, 2014). Ela precisa ser complementada por outras avaliações, principalmente aquelas que envolvem alunos ou pessoas com deficiência.

Biodados



SILVA, B. S. é professor do Instituto Metrópole Digital da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Doutor e mestre em Informática pela PUC-Rio. Membro do Programa de Pós-Graduação em Inovação em Tecnologias Educacionais (PPgITE). Tem pesquisado temas como acessibilidade, interação humano/computador, design e informática na educação

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7689-8000>

E-MAIL: bruno@imd.ufrn.br



SOUZA, P. H. S. é aluno de graduação do Bacharelado em Tecnologia da Informação da Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3042-3058>

E-MAIL: dphqnrz@gmail.com

Referências

- ABASCAL, J.; ARRUE, M.; VALENCIA, X. Tools for web accessibility evaluation. Em: YESILADA, Y.; HARPER, S. (Eds.). **Web Accessibility**. London: Springer, 2019. p. 479–503.
- BARBOSA, S.D.J.; SILVA, B.S. **Interação Humano-Computador**. Rio de Janeiro: RJ. Elsevier. 2010.
- BRASIL. Lei nº 13.146, de 06 de julho de 2015. **Institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2015/Lei/L13146.htm. Acessado em: 5 abr. 2022.
- BRASIL. Lei nº 13.409, de 28 de dezembro de 2016. **Altera a Lei no 12.711, de 29 de agosto de 2012, para dispor sobre a reserva de vagas para pessoas com deficiência nos cursos técnico de nível médio e superior das instituições federais de ensino**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2016/Lei/L13409.htm. Acessado em: 5 abr. 2022.
- CAMPOVERDE-MOLINA, M.; LUJAN-MORA, S.; GARCIA, L.V. Empirical studies on web accessibility of educational websites: A systematic literature review. **IEEE Access**, v. 8, p. 91676-91700, 2020.
- FUNDAÇÃO ROBERTO MARINHO. **Memória Telecurso**, 2022. Disponível em: <https://www.telecurso.org.br/memoria-telecurso>. Acesso em: 5 abr. 2022
- GIL, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6ª ed. São Paulo: Atlas, 2022.
- GONTIJO, C.R.B. Importância do material didático para a educação a distância: definições e especificidades. Em: NEVES, I.S.V.; CORRADI, W.; CASTRO, C.L.F. (Eds.). **EaD: diálogos, compartilhamentos, práticas e saberes**. Barbacena: EdUEMG, 2016. p. 27–34.
- GRILO, A.; RODRIGUES, L.A.; SILVA, B.S. Design Inclusivo e Acessibilidade Digital para Surdos em páginas web. **Design e Tecnologia**, v. 9, n. 18, p. 71-83, 2019.

- INEP. **Sinopse Estatística da Educação Superior 2020**. Brasília: Inep, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/inep/pt-br/aceso-a-informacao/dados-abertos/sinopses-estatisticas/educacao-superior-graduacao>. Acesso em: 5 abr. 2022.
- Instituto Metr pole Digital (IMD). **Projeto Pedagógico de Cursos Técnicos de Nível Médio**. Natal, 2022. Disponível em: <https://portal.imd.ufrn.br/portal/ensino/tecnico>. Acessado em: 5 abr. 2022.
- LEMOS, E.C.; CAVALCANTE, I.F.; ALMEIDA, R.P.B. Análise e Diagnóstico da Acessibilidade no Moodle Para Deficientes Visuais. **Holos**, v. 36, n. 4, p. 1–23, 2020.
- MACIEL, C. (Ed.) **Educa o a distância: ambientes virtuais de aprendizagem**. Cuiabá: EdUFMT, 2013.
- MORALES-VELASCO, R.A.; DAY, E.D.M. Revisión de metodologías para dise ar Objetos de Aprendizaje OA: un apoyo para docentes. **Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología**, n. 26, p. 35–46, 2020.
- NOVELLO, T.P.; LAURINO, D.P. Educa o a distância: seus cenários e autores. **Revista iberoamericana de educación**, v. 58, n. 4, p. 1–15, 2012.
- OMODEI, J. D. *et al.* Acessibilidade em Objetos de Aprendizagem na EaD: uma Análise em um Curso de Especializa o. **EaD em Foco**, v. 6, n. 1, 2016.
- PADURE, M.; PRIBEANU, C. Comparing six free accessibility evaluation tools. **Informatica Economica**, v. 24, n. 1, p. 15–25, 2020.
- PIVETTA, E.M.; SAITO, D.S.; ULBRICHT, V. R. Surdos e acessibilidade: análise de um ambiente virtual de ensino e aprendizagem. **Revista Brasileira de Educa o Especial**, v. 20, p. 147–162, 2014.
- RIBEIRO, J.F. SILVA, B.S. Avalia o automática de acessibilidade do portal da UFRN. **Tear: Revista de Educa o, Ciência e Tecnologia**, v. 9, n. 1, 2020.
- RIBEIRO, J.F.; SILVA, B.S. Estudo comparativo de avaliadores automáticos de acessibilidade web na avalia o formativa. **e-Revista LOGO**, v. 8, n. 3, pp. 43-67, 2019.
- SANTOS, C.E.R. *et al.* Acessibilidade Digital em Ambientes Virtuais de Aprendizagem: uma Revisão Sistemática. **EaD em Foco**, v. 11, n. 1, e1143, 2021.
- SOUZA, M.T.; MARCELINO, R.; FORTUNATO, I. O Lori Como Método de Avalia o de Objetos de Aprendizagem: Estudo de Revisão. **Revista de Estudos Aplicados em Educa o**, v. 3, n. 5, 2018.
- SOUZA, N.; CARDOSO, E.; PERRY, G.T. Limita es da Avalia o Automatizada de Acessibilidade em uma Plataforma de MOOCs: Estudo de Caso de uma Plataforma Brasileira. **Revista Brasileira de Educa o Especial**, v. 25, p. 603–616, 2019.
- W3C-Brasil. **Cartilha de Acessibilidade na Web - W3C Brasil**. 2013. Disponível em: <http://www.w3c.br/pub/Materiais/PublicacoesW3C/cartilha-w3cbr-acessibilidade-web-fasciculo-I.html>. Acessado em: 5 abr. 2022.
- WCAG. **Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.1**. 2018. Disponível em: <https://www.w3.org/TR/WCAG21/>. Acessado em: 5 abr. 2022.