



Júlia Aguiar Carneiro Marinho

**Automação de Testes de Acessibilidade Web com Cypress
e Axe-Core: Uma Análise do Sistema de Seleções
Complementares da UFRPE**

Recife

Junho de 2026

Júlia Aguiar Carneiro Marinho

Automação de Testes de Acessibilidade Web com Cypress e Axe-Core: Uma Análise do Sistema de Seleções Complementares da UFRPE

Artigo apresentado ao Curso de Bacharelado em
Sistemas de Informação da Universidade Fede-
ral Rural de Pernambuco, como requisito parcial
para obtenção do título de Bacharel em Sistemas
de Informação.

Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE
Departamento de Estatística e Informática
Curso de Bacharelado em Sistemas de Informação

Orientador: Prof. Cleyton Vanut Cordeiro de Magalhães

Recife
Junho de 2026

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Bibliotecário(a): Suely Manzi – CRB-4 809

M337a Marinho, Júlia Aguiar Carneiro.

Automação de testes de acessibilidade web com Cypress e Axe-Core : uma análise do sistema de seleções complementares da UFRPE / Júlia Aguiar Carneiro Marinho. – Recife, 2026.

24 f.; il.

Orientador(a): Cleyton Vanut Cordeiro de Magalhães.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Bacharelado em Sistemas da Informação, Recife, BR-PE, 2026.

Inclui referências.

1. Comunicação digital . 2. Software - Testes. 3. Inclusão digital. 4. Sistemas de informação - Estudo e ensino I. Magalhães, Cleyton Vanut Cordeiro de, orient. II. Título

CDD 004

JÚLIA AGUIAR CARNEIRO MARINHO

AUTOMAÇÃO DE TESTES DE ACESSIBILIDADE WEB COM CYPRESS E AXE-CORE: UMA ANÁLISE DO SISTEMA DE SELEÇÕES COMPLEMENTARES DA UFRPE

Artigo apresentado ao Curso de Bacharelado em Sistemas de Informação da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Sistemas de Informação.

Aprovado em: 30 de Junho de 2026.

BANCA EXAMINADORA

Cleyton Vanut Cordeiro de Magalhães (Orientador)
Departamento de Estatística e Informática
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Lidiano Augusto Nóbrega de Oliveira
Departamento de Estatística e Informática
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Automação de Testes de Acessibilidade Web com Cypress e Axe-Core: Uma Análise do Sistema de Seleções Complementares da UFRPE

Júlia Aguiar Carneiro Marinho¹, Cleyton Magalhães¹

¹Departamento de Estatística e Informática – Universidade Federal Rural de Pernambuco
Rua Dom Manuel de Medeiros, s/n – CEP: 52171-900 – Recife – PE – Brasil

{julia.aguiar, cleyton.vanut}@ufrpe.br

Resumo. A acessibilidade digital é condição essencial para a inclusão social e o exercício da cidadania no ambiente virtual, sendo exigida por normas como o eMAG e a Lei Brasileira de Inclusão. Este trabalho teve como objetivo aplicar testes automatizados de acessibilidade, utilizando Cypress e axe-core, no Sistema de Seleções Complementares da UFRPE, avaliando sua conformidade com as diretrizes WCAG 2.1. A metodologia adotou o estudo de caso como abordagem de pesquisa, estruturado em cinco etapas: planejamento, implementação dos testes, implementação do relatório, execução e análise de métricas. Foram avaliadas 11 páginas do sistema em 22 cenários de teste, executados sobre o ambiente de homologação disponibilizado pela CSIS/UFRPE. Os resultados identificaram 60 violações (regras distintas violadas por página) e 210 ocorrências, com destaque para violações sistêmicas presentes em todas as páginas, derivadas de componentes compartilhados do sistema. Conclui-se que a automação de testes de acessibilidade é uma estratégia viável para identificação sistemática de barreiras, e que as correções recomendadas têm baixa complexidade de implementação e alto potencial de impacto.

Abstract. Digital accessibility is an essential condition for social inclusion and the exercise of citizenship in the virtual environment, being required by standards such as eMAG and the Brazilian Law of Inclusion. This work aimed to apply automated accessibility testing, using Cypress and axe-core, to the UFRPE Complementary Selection System, assessing its compliance with the WCAG 2.1 guidelines. The methodology adopted a case study approach, structured in five stages: planning, test implementation, report implementation, execution, and metrics analysis. Eleven pages of the system were evaluated across 22 test scenarios, executed on the staging environment provided by CSIS/UFRPE. The results identified 60 (distinct rules violated per page) unique violations and 210 occurrences, with emphasis on systemic violations present across all pages, originating from shared system components. It is concluded that automating accessibility testing is a viable strategy for systematically identifying barriers, and that the recommended fixes have low implementation complexity and high potential impact.

1. Introdução

A acessibilidade digital tem se consolidado como um princípio fundamental para garantir a inclusão social e o exercício pleno da cidadania no ambiente virtual, sendo essencial para promover a igualdade de oportunidades e o acesso igualitário a produtos e serviços digitais para todos os cidadãos (KROK, 2024). A Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Lei nº 13.146/2015) determina, em seu artigo 63, que os sites mantidos por empresas com sede no país ou por órgãos de governo devem ser acessíveis, conforme as melhores práticas e diretrizes internacionais de acessibilidade (BRASIL, 2015). Complementarmente, o Modelo de Acessibilidade em Governo Eletrônico (eMAG) propõe parâmetros técnicos para garantir que as interfaces digitais sejam perceptíveis, operáveis, compreensíveis e robustas, conforme definido pelo World Wide Web Consortium nas *Web Content Accessibility Guidelines* (WCAG 2.1) (Governo Federal do Brasil, 2014; World Wide Web Consortium (W3C), 2018). Em março de 2025, a Associação Brasileira de Normas Técnicas publicou a NBR 17225:2025, primeira norma técnica brasileira específica para acessibilidade em conteúdo e aplicações web, baseada nos critérios das WCAG 2.2 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2025).

No Brasil, dados preliminares do Censo Demográfico de 2022 apontam que cerca de 14,4 milhões de pessoas com dois anos ou mais de idade, o equivalente a aproximadamente 7,3% da população nessa faixa etária, declararam possuir algum tipo de deficiência (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2025). De forma complementar, o relatório *Pessoas com deficiência: resultados do módulo da PNAD Contínua 2022* (Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua) estimou cerca de 18,6 milhões de pessoas (correspondentes a 8,9% da população) vivendo com algum grau de deficiência no país (Ministério dos Direitos Humanos e da Cidadania; Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2023). Esses indicadores evidenciam a dimensão social da deficiência no contexto brasileiro e reforçam a importância de políticas de inclusão e acessibilidade digital.

Nos últimos anos, o avanço das tecnologias digitais e a crescente digitalização de serviços públicos e privados intensificaram a necessidade de incorporar a acessibilidade como um componente intrínseco da engenharia de software. Revisões sistemáticas da literatura indicam que, apesar dos avanços nas diretrizes e ferramentas disponíveis, a acessibilidade ainda não é plenamente integrada aos processos de desenvolvimento na maioria das organizações, o que reflete falhas estruturais na relação entre usabilidade e qualidade de produto (PAIVA; FREIRE; FORTES, 2021; MACAKOĞLU; PEKER, 2022). A crescente adoção de inteligência artificial no desenvolvimento web tem aberto novas possibilidades para apoiar a conformidade com padrões de acessibilidade, embora a área ainda apresente lacunas significativas de pesquisa e cobertura desigual entre os diferentes tipos de deficiência (CAMPOVERDE-MOLINA; LUJÁN-MORA, 2025). Em escala global, análises que abrangeram milhões de páginas web demonstram que os erros de acessibilidade permanecem amplamente disseminados, mesmo em sites institucionais e educacionais, indicando a necessidade de estratégias mais robustas de validação e monitoramento (MARTINS; DUARTE, 2024). No contexto brasileiro, a acessibilidade digital também se entrelaça às políticas de inclusão e direitos sociais, constituindo um eixo essencial para a efetivação da cidadania e o acesso equitativo à informação (SILVA, 2025; GUIDA et al., 2025).

Apesar das diretrizes legais e do avanço dos debates sobre inclusão, diversos estudos mostram que a acessibilidade ainda não é plenamente atendida em grande parte dos ambientes digitais brasileiros. Um diagnóstico realizado pelo Tribunal de Contas da União entre 2024 e 2025 avaliou 288 organizações públicas federais e constatou que 88% obtiveram desempenho abaixo da metade da pontuação máxima em acessibilidade digital, e apenas 31% seguem as diretrizes internacionais (Tribunal de Contas da União, 2025). Pesquisas realizadas em websites de universidades públicas identificam barreiras significativas de navegação e leitura que comprometem a experiência de usuários com deficiência visual ou motora (IACONO; BOSCO; FREIBERGER, 2023; SILVA; FREIRE; OLIVEIRA, 2021). Esse cenário reflete uma lacuna na incorporação de práticas de acessibilidade durante o ciclo de desenvolvimento e de qualidade de software. Um dos princípios fundamentais de teste de software estabelece que testar cedo economiza tempo e dinheiro: quanto mais cedo um defeito é detectado no ciclo de desenvolvimento, menor o custo de corrigi-lo, ao passo que falhas identificadas apenas nas etapas finais elevam os custos de correção e ampliam o impacto negativo sobre a experiência do usuário (International Software Testing Qualifications Board (ISTQB), 2023).

No contexto das práticas de Garantia de Qualidade (*Quality Assurance* - QA), a inclusão de testes de acessibilidade representa um passo importante para antecipar a detecção de barreiras e promover o design inclusivo desde as primeiras fases do desenvolvimento. Ferramentas de automação, como o *axe-core*, em conjunto com frameworks de testes *end-to-end*, como o *Cypress*, têm permitido que equipes de QA realizem auditorias de acessibilidade em interfaces web, verificando o cumprimento das diretrizes WCAG de forma rápida e integrada ao fluxo de testes contínuos (Deque Systems, 2023b; Cypress Inc., 2024).

Diante desse cenário, o presente trabalho tem como objetivo analisar e demonstrar a aplicação de testes automatizados de acessibilidade utilizando o *Cypress* e o *axe-core*, no *Sistema de Seleções Complementares da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)*, a fim de avaliar a conformidade do sistema com as diretrizes WCAG e identificar oportunidades de aprimoramento na sua interface. Para tanto, busca-se responder à seguinte pergunta de pesquisa: *Como testes automatizados de acessibilidade baseados em Cypress e axe-core podem apoiar a identificação de violações das diretrizes WCAG no Sistema de Seleções Complementares da UFRPE?*

2. Trabalhos Relacionados

A literatura recente sobre acessibilidade digital no contexto educacional e sobre avaliação automatizada de acessibilidade na web destaca tanto avanços quanto limitações nas práticas atuais. No âmbito do ensino superior, diversos estudos têm investigado como instituições educacionais e seus ambientes digitais incorporam requisitos de acessibilidade em sistemas, portais e recursos multimídia, enquanto outra linha de pesquisa tem se concentrado na avaliação automática de conformidade com as diretrizes WCAG e modelos nacionais.

Freire et al. (FREIRE; PAIVA; FORTES, 2020) analisam o uso de tecnologias e recursos disponíveis em instituições de ensino superior federais e estaduais brasileiras durante o ensino remoto emergencial na pandemia de COVID-19, com foco na acessibilidade digital. Os autores levantam dados sobre infraestrutura tecnológica, recursos

multimídia e equipes de apoio às pessoas com deficiência, traçando um panorama do suporte oferecido a estudantes com deficiência nesse período. Os resultados evidenciam que, embora existam equipamentos e recursos humanos dedicados à acessibilidade, ainda há necessidade de amadurecimento no tratamento de acessibilidade em materiais digitais e ambientes virtuais de aprendizagem, sobretudo no que se refere à continuidade dessas ações após o retorno às atividades presenciais.

Em uma perspectiva mais específica, Grilo et al. (GRILO; RODRIGUES; SILVA, 2019) conduzem um estudo qualitativo sobre design inclusivo e acessibilidade digital para pessoas surdas em uma universidade pública. A partir da participação de alunos e docentes, o trabalho mostra que a comunicação acessível envolve tanto parâmetros técnicos quanto aspectos qualitativos relacionados às percepções dos usuários. Entre os principais desdobramentos, os autores destacam a inclusão de conteúdos em LIBRAS (Língua Brasileira de Sinais) no sistema acadêmico e a padronização de páginas institucionais com um menu lateral voltado à apresentação de conteúdos em vídeo, o que representa um avanço na institucionalização da acessibilidade comunicacional.

Na escala dos websites de universidades federais, Albuquerque et al. (ALBUQUERQUE et al., 2024) realizam uma análise de conformidade com acessibilidade digital utilizando diferentes avaliadores automáticos (AChecker, ASES e WAVE), com base nas diretrizes WCAG e no eMAG. Os resultados indicam que, embora algumas instituições demonstrem esforços em direção à conformidade, ainda persistem problemas significativos em marcação semântica, navegação e alternativas textuais para conteúdo multimídia. Com foco regional, Silva et al. (SILVA; SOBRAL; SOARES, 2020) avaliam sites de universidades federais de Pernambuco à luz do eMAG e concluem que ambos os portais analisados apresentam baixo nível de acessibilidade, com falhas em contraste, usabilidade social e alternativas de acesso à informação. Em linha semelhante, Vital et al. (VITAL et al., 2024) analisam a acessibilidade de bibliotecas universitárias federais de Santa Catarina com base nas WCAG 2.2, identificando limitações recorrentes especialmente nos critérios de nível A, e propondo um *checklist* prático para apoiar gestores de repositórios digitais. Guida et al. (GUIDA et al., 2025), por sua vez, apresentam uma revisão bibliográfica abrangente sobre inclusão e acessibilidade no ensino superior brasileiro entre 2015 e 2025, evidenciando um descompasso persistente entre os marcos normativos vigentes — incluindo WCAG e eMAG — e as práticas efetivamente adotadas pelas instituições federais.

No eixo de avaliação automatizada de acessibilidade, diferentes trabalhos discutem a cobertura, as limitações e as potencialidades das ferramentas automáticas. Fischer et al. (FISCHER; LUNDELL; GAMALIELSSON, 2025) analisam a cobertura das diretrizes WCAG por múltiplos motores de avaliação automática e mostram que os critérios de sucesso são cobertos de forma desigual entre as ferramentas. Os autores apontam que a escolha de um único avaliador pode ocultar problemas específicos e defendem o uso combinado de diferentes ferramentas. Em linha semelhante, Frazão e Duarte (FRAZÃO; DUARTE, 2020) comparam oito plug-ins de avaliação de acessibilidade para o navegador Chrome e observam diferenças expressivas na quantidade e no tipo de violações reportadas, recomendando a combinação de múltiplas ferramentas com avaliação manual para uma verificação mais abrangente.

Ara et al. (ARA et al., 2025) propõem um framework inclusivo para avaliação

automatizada de acessibilidade na web, estruturando o processo em etapas que vão da seleção de diretrizes e consideração de feedback de usuários e especialistas até estratégias de visualização dos resultados. Souza (SOUZA, 2025) aplica ferramentas automáticas como WAVE, axe-core e aChecker para avaliar a acessibilidade de plataformas de mídias sociais para pessoas com deficiência visual, reforçando que nenhuma ferramenta, isoladamente, é capaz de cobrir todos os critérios avaliados.

Outros trabalhos exploram o uso de automação em contextos mais específicos de desenvolvimento e teste. Bellido Santa María (2022) apresenta uma abordagem baseada na integração do axe-core ao Robot Framework para automatizar testes de acessibilidade em sites de uma universidade boliviana, evidenciando o potencial da combinação de frameworks de automação com ferramentas de auditoria para gerar relatórios detalhados. Sanchez-Gordon e Luján-Mora (SANCHEZ-GORDON; LUJÁN-MORA, 2017) propõem um método para testes de acessibilidade de aplicações web em ambientes ágeis, organizado em cinco estágios: planejamento, análise, implementação, execução e relatório, buscando integrar a acessibilidade como parte do ciclo contínuo de desenvolvimento. Por fim, Mendes (MENDES, 2024) investiga o conhecimento e as práticas relacionadas à avaliação de acessibilidade digital no mercado de software brasileiro, identificando uma crescente adoção de ferramentas de automação e integração contínua, incluindo o uso de bibliotecas como o axe-core em conjunto com frameworks de teste.

Esse “ciclo contínuo de desenvolvimento” mencionado pelos autores refere-se às práticas de **Integração Contínua e Entrega/Implantação Contínua** (*Continuous Integration/Continuous Delivery ou Deployment* — CI/CD), um conjunto de práticas de engenharia de software em que alterações no código-fonte são integradas ao repositório principal, testadas e, opcionalmente, implantadas em produção de forma automática e frequente (SHAHIN; BABAR; ZHU, 2017). Uma *pipeline* de CI/CD é tipicamente organizada em estágios sequenciais — como compilação, execução de testes automatizados e implantação — disparados a cada alteração no código-fonte, de modo que problemas sejam detectados o mais cedo possível no ciclo de desenvolvimento, em linha com o princípio de que testar cedo reduz o custo de correção de defeitos (International Software Testing Qualifications Board (ISTQB), 2023). A integração de testes de acessibilidade a esse tipo de *pipeline*, como discutido por Sanchez-Gordon e Luján-Mora (SANCHEZ-GORDON; LUJÁN-MORA, 2017) e adotado como recomendação de trabalho futuro neste estudo (Seção 5.2), representa uma estratégia para tornar a verificação de conformidade WCAG um requisito contínuo de qualidade, em vez de uma auditoria pontual.

Em conjunto, esses trabalhos fornecem uma base sólida para compreender tanto o estado da acessibilidade em ambientes digitais educacionais quanto o papel das ferramentas automatizadas de avaliação. Eles evidenciam a persistência de barreiras de acessibilidade, a cobertura limitada e desigual de critérios por ferramentas automáticas e a necessidade de métodos híbridos que combinem testes automatizados, avaliação manual e participação de usuários. No entanto, ainda são poucos os estudos que exploram a aplicação integrada de ferramentas como o axe-core em frameworks de testes *end-to-end*, como o Cypress, em sistemas acadêmicos específicos. Nesse contexto, o presente trabalho busca contribuir ao aplicar testes automatizados de acessibilidade ao Sistema de Seleções Complementares da UFRPE, analisando sua conformidade com as diretrizes WCAG e identificando oportunidades de aprimoramento na interface.

3. Metodologia

Esta pesquisa é de natureza aplicada e adota o estudo de caso como método de investigação, conforme definido pelos Empirical Standards para pesquisa em engenharia de software (RALPH et al., 2020). O Sistema de Seleções Complementares da UFRPE constitui o caso investigado, uma plataforma web institucional real avaliada em seu ambiente de homologação. Estudos de caso permitem investigar fenômenos em profundidade dentro de seu contexto real, sendo adequados quando o objetivo é analisar como determinadas práticas, neste caso testes automatizados de acessibilidade, se manifestam e produzem resultados em um sistema específico.

Esta seção descreve o sistema avaliado, as ferramentas utilizadas, a estrutura dos testes automatizados desenvolvidos e o processo de coleta e consolidação dos resultados. O processo metodológico adotado está sintetizado na Figura 1, organizado em cinco etapas sequenciais, cada uma com suas subetapas, resultados esperados e contribuições ao objetivo geral.

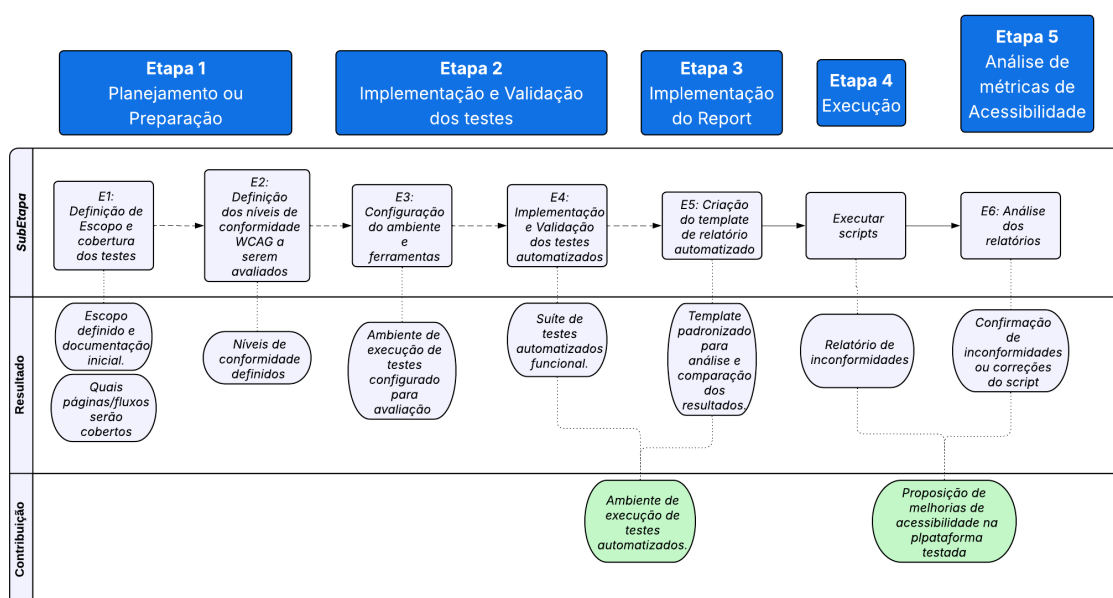


Figura 1. Fluxograma metodológico do trabalho. Fonte: elaborado pelos autores.

3.1. Etapa 1 – Planejamento e Preparação

A Etapa 1 compreende a definição do escopo do sistema e da cobertura de páginas a serem testadas (E1) e a definição dos níveis de conformidade WCAG a serem adotados como critério de avaliação (E2).

3.1.1. Sistema Avaliado

O Sistema de Seleções Complementares da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), disponível em <https://selecao.ufrpe.br>, é uma plataforma web voltada à gestão de processos seletivos complementares da instituição, permitindo que candidatos realizem cadastro, efetuem *login*, gerenciem seu perfil acadêmico e acompanhem o processo de inscrição.

Para a realização deste estudo, a Coordenadoria de Sistemas (CSIS) da UFRPE disponibilizou um ambiente de homologação dedicado, acessível em <https://homologacao.selecao.ufrpe.br>, que espelha o sistema em produção em termos de estrutura e funcionalidades. A utilização desse ambiente permitiu a execução dos testes automatizados de forma controlada, sem interferência nas operações do sistema em produção e sem risco de impacto sobre dados reais de candidatos. Adicionalmente, a CSIS configurou no ambiente de homologação um edital em estado aberto exclusivamente para fins de teste, viabilizando a avaliação da página de informações de edital (/editais/19/public/), que corresponde a um fluxo relevante para candidatos em processos seletivos.

Para os fins deste estudo, foram selecionadas onze páginas funcionais do sistema, agrupadas em dois contextos: **páginas de acesso público**, que não exigem autenticação prévia, e **páginas de acesso restrito**, acessíveis apenas após *login* com credenciais válidas, conforme listado na Tabela 1.

Tabela 1. Páginas avaliadas no Sistema de Seleções Complementares da UFRPE.

Contexto	Página	URL
Público	Home (não autenticada)	/
Público	Login	/usuarios/login/
Público	Registro de usuário	/usuarios/registrar/
Público	Informações do edital	/editais/19/public/
Autenticado	Home (autenticada)	/
Autenticado	Perfil do candidato	/inscricoes/perfil/
Autenticado	Editar perfil	/inscricoes/perfil/alterar/
Autenticado	Alterar e-mail	/usuarios/alterar_email/
Autenticado	Alterar senha	/usuarios/alterar_senha/
Autenticado	Realizar inscrição	/inscricoes/inscricao/realizar/19
Autenticado	Inscrição realizada	/inscricoes/inscricao/17257/

3.1.2. Critérios de Avaliação

A avaliação foi conduzida com base nas diretrizes **WCAG 2.1**, nos níveis de conformidade **A** e **AA**, exigidos tanto pelo W3C quanto pelo Modelo de Acessibilidade em Governo Eletrônico (eMAG) para sistemas públicos brasileiros (Governo Federal do Brasil, 2014; World Wide Web Consortium (W3C), 2018). Violações de nível AAA foram registradas quando detectadas, mas não utilizadas como critério normativo, dado que este nível não é exigido nem pela Lei Brasileira de Inclusão (BRASIL, 2015) nem pelo eMAG (Governo Federal do Brasil, 2014).

Cabe ressaltar que ferramentas de avaliação automatizada cobrem apenas um subconjunto dos critérios WCAG. Um relatório da própria Deque Systems, baseado na análise de mais de 13.000 páginas e 300.000 ocorrências, estimou que o axe-core é capaz de identificar automaticamente cerca de 57% dos problemas de acessibilidade em auditorias reais (Deque Systems, 2023a). Estudos acadêmicos independentes corroboram essa limitação, apontando cobertura desigual dos critérios de sucesso entre diferentes ferramentas

automáticas (FISCHER; LUNDELL; GAMALIELSSON, 2025; FRAZÃO; DUARTE, 2020). Por isso, a abordagem adotada neste trabalho trata a automação como etapa inicial de um processo mais amplo de diagnóstico, complementável por inspeção manual e testes com usuários reais, em linha com as recomendações da literatura (SANCHEZ-GORDON; LUJÁN-MORA, 2017; ARA et al., 2025).

3.2. Etapa 2 – Implementação e Validação dos Testes

A Etapa 2 engloba a configuração do ambiente e das ferramentas (E3) e o desenvolvimento da suíte de testes automatizados (E4).

3.2.1. Ferramentas Utilizadas

A automação dos testes foi implementada com a combinação do *framework* de testes *end-to-end* **Cypress** (versão 15.10.0) e do motor de avaliação de acessibilidade **axe-core** (versão 4.11.1), integrado ao Cypress por meio da biblioteca **cypress-axe** (versão 1.7.0). Os testes foram executados no navegador Google Chrome em ambiente Windows, com Node.js 22.19.0.

Cypress O Cypress é um *framework* para testes *end-to-end* escrito em JavaScript, projetado para simplificar a escrita de testes automatizados em aplicações web modernas sem exigir configurações complexas (JYOLSNA; ANUAR, 2022). Diferentemente de ferramentas como o Selenium, que se comunicam com o navegador por meio de um *driver* externo, o Cypress executa os testes diretamente dentro do processo do navegador, o que confere maior velocidade, estabilidade e acesso nativo ao DOM (*Document Object Model*, a representação em árvore da estrutura HTML de uma página) da aplicação (MENDES, 2024). Suas principais características incluem esperas automáticas, depuração por viagem no tempo (*time-travel debugging*) e extensibilidade via *plugins*, tornando-o especialmente adequado para a integração de verificações de acessibilidade em pipelines de integração contínua (JYOLSNA; ANUAR, 2022; Cypress Inc., 2024).

axe-core e cypress-axe O axe-core é uma biblioteca *open source* mantida pela Deque Systems que implementa regras de verificação automatizada de acessibilidade baseadas nas diretrizes WCAG 2.0, 2.1 e 2.2, nos níveis A, AA e AAA, além de boas práticas adicionais (Deque Systems, 2023b). Projetada para não reportar falsos positivos, a biblioteca garante que cada violação apontada representa um problema real, o que preserva a confiança das equipes nos resultados (Deque Systems, 2023a). A biblioteca cypress-axe expõe dois comandos ao Cypress: `cy.injectAxe()`, que injeta o motor na página em teste, e `cy.checkA11y()`, que dispara a análise e retorna as violações encontradas. Cada violação contém o identificador da regra, o nível de impacto (*critical*, *serious*, *moderate* ou *minor*), as *tags* WCAG associadas e os nós do DOM afetados, conforme exemplificado na Tabela 2.

Tabela 2. Exemplos de regras do axe-core e critérios WCAG correspondentes.
Adaptado deDeque Systems (2023b).

Regra	Descrição resumida	Impacto	WCAG
label	Campo de formulário sem rótulo associado	Crítico	2A / 1.3.1
color-contrast	Contraste insuficiente entre texto e fundo	Sério	2AA / 1.4.3
heading-order	Hierarquia de cabeçalhos fora de ordem	Moderado	Boas práticas
region	Conteúdo fora de marcos (<i>landmarks</i>)	Moderado	Boas práticas
empty-heading	Cabeçalho sem conteúdo textual	Menor	Boas práticas

3.2.2. Estrutura dos Testes

Os scripts de teste foram organizados em dois diretórios dentro da pasta `e2e: publico`, para páginas sem autenticação, e `autenticado`, para páginas que exigem *login* prévio. Ao todo, foram criados onze arquivos de especificação Cypress (`.cy.js`), cada um responsável por uma página do sistema.

Com o objetivo de eliminar a duplicação de código entre os scripts, as funções utilitárias compartilhadas foram centralizadas no arquivo `cypress/support/ally-helpers.js`. Esse arquivo exporta três funções reutilizadas por todos os scripts de teste: (i) `fullUrl`, que constrói a URL absoluta a partir da URL base configurada no Cypress; (ii) `runAllyAndSave`, que injeta o axe-core na página, executa a verificação de acessibilidade e persiste o resultado em um arquivo JSON via `cy.task`; e (iii) `login`, que realiza o fluxo de autenticação utilizando credenciais armazenadas em variáveis de ambiente do Cypress, evitando a exposição de dados sensíveis no código-fonte. Cada arquivo de especificação importa apenas as funções de que necessita, mantendo os scripts enxutos e o comportamento centralizado em um único ponto de manutenção.

O Código 1 ilustra a função `runAllyAndSave`, definida no módulo de suporte compartilhado.

Código 1. Função `runAllyAndSave` definida em `cypress/support/ally-helpers.js`.

```
function runAllyAndSave({ filename, path, scenario }) {
  cy.injectAxe();
  cy.checkAly(null, null, (violations) => {
    cy.task("saveAllyReport", {
      filename,
      data: {
        url: fullUrl(path),
        scenario,
        timestamp: new Date().toISOString(),
        violations,
      },
    });
  }, true); // 'true' = nao lanca excecao ao encontrar violacoes
}
```

O quarto argumento `true` passado a `cy.checkAly` configura a ferramenta

para não lançar uma exceção ao encontrar violações, permitindo que cada cenário seja executado até o fim e tenha seu relatório salvo. Essa decisão é intencional: o objetivo não é bloquear um *pipeline* de CI/CD (*Continuous Integration/Continuous Delivery*, ou Integração Contínua/Entrega Contínua) — prática de engenharia de software em que alterações no código são integradas, testadas e implantadas de forma automática e frequente, reduzindo o tempo entre o desenvolvimento e a disponibilização de novas versões em produção —, mas registrar e quantificar as violações para análise posterior, em conformidade com a abordagem recomendada por Sanchez-Gordon e Luján-Mora (2017) para ambientes ágeis de desenvolvimento de software.

3.2.3. Cenários de Teste

Cada página foi avaliada em múltiplos cenários, contemplando três tipos de estado da interface:

- **Carregamento inicial:** página visitada sem interação prévia;
- **Submissão com campos vazios:** formulário submetido sem preenchimento, expondo estados de validação de campos obrigatórios;
- **Dados inválidos ou inconsistentes:** dados incorretos inseridos e submetidos, revelando mensagens de erro do sistema.

Ao todo, foram executados **22 cenários de teste**, distribuídos conforme a Tabela 3.

Tabela 3. Cenários de teste por página.

Arquivo de teste	Cenários
<code>ally_home.cy.js</code>	S1: carregamento inicial
<code>ally_login.cy.js</code>	S1: carregamento; S2: credenciais inválidas; S3: campos vazios
<code>ally_registrar.cy.js</code>	S1: carregamento; S2: campos vazios; S3: dados inconsistentes
<code>ally_editar.cy.js</code>	S1: carregamento; S2: navegação entre abas de campus
<code>ally_home_autenticado.cy.js</code>	S1: carregamento autenticado
<code>ally_perfil.cy.js</code>	S1: carregamento
<code>ally_editar_perfil.cy.js</code>	S1: carregamento; S2: erro de validação
<code>ally_alterar_email.cy.js</code>	S1: carregamento; S2: campos vazios; S3: e-mails diferentes
<code>ally_alterar_senha.cy.js</code>	S1: carregamento; S2: campos vazios; S3: senha incorreta
<code>ally_inscricao.cy.js</code>	S1: carregamento; S2: submissão com campos vazios
<code>ally_inscricao_realizada.cy.js</code>	S3: formulário preenchido e submetido; avaliação da confirmação

A motivação para avaliar múltiplos estados reside no fato de que elementos dinâmicos da interface, como mensagens de erro e avisos de validação, são renderizados

sob demanda e podem introduzir novos nós no DOM que não estavam presentes no carregamento inicial, revelando violações que só se manifestam em determinados estados da aplicação (Bellido Santa María, 2022). Avaliar a interface em diferentes estados, e não apenas no carregamento inicial, permite uma verificação mais sistemática e amplia a cobertura do diagnóstico.

3.3. Etapa 3 – Implementação do Relatório

A Etapa 3 produziu o *template* padronizado de relatório (E5), base para a análise comparativa dos resultados.

3.3.1. Coleta e Consolidação dos Resultados

Cada execução do Cypress gera um arquivo JSON por cenário, armazenado na pasta `reports/`, contendo os dados brutos retornados pelo axe-core: regra violada, nível de impacto, *tags* WCAG e nós do DOM afetados. Para consolidar esses dados em formato analítico, foram desenvolvidos dois scripts Node.js na pasta `scripts/`: o `summary.js`, que percorre os JSONs e gera um arquivo `summary.csv` com métricas agregadas por cenário; e o `generate_report.js`, que produz um relatório visual em HTML cujas seções são inspiradas na estrutura do WCAG-EM (*Website Accessibility Conformance Evaluation Methodology*) do W3C (World Wide Web Consortium (W3C), 2014b) e no *Template for Accessibility Evaluation Reports* (World Wide Web Consortium (W3C), 2014a), organizando os resultados em cinco seções: escopo da avaliação, base da avaliação, resultados por página, declaração de conformidade e limitações. Embora não implemente a metodologia WCAG-EM em sua totalidade, que prevê, entre outros elementos, a identificação do avaliador, o uso de tecnologias assistivas e avaliação manual complementar (World Wide Web Consortium (W3C), 2014b), o *template* oferece uma estrutura padronizada e replicável para comunicar os resultados de avaliações automatizadas de forma consistente e comparável entre diferentes sistemas e ciclos de avaliação.

O `summary.csv` registra as seguintes métricas por cenário:

- número total de violações distintas (regras violadas);
- número total de ocorrências (nós do DOM afetados);
- contagem de violações por nível de impacto;
- contagem de regras e ocorrências por nível WCAG (A, AA e AAA); e
- as cinco regras com maior número de elementos afetados.

A Figura 2 sintetiza a arquitetura técnica completa do processo de avaliação, desde o sistema avaliado até os artefatos finais gerados: (1) o sistema avaliado, segmentado em páginas públicas e autenticadas; (2) a camada de testes automatizados, em que os scripts Cypress utilizam as funções do `ally-helpers.js` para acionar o `cypress-axe`, que injeta o axe-core na página e analisa sua árvore de acessibilidade (*Accessibility Tree*); (3) a coleta e consolidação dos resultados brutos em `reports/`, processados pelos scripts `summary.js` e `generate_report.js`; e (4) os artefatos gerados ao final do processo — os arquivos JSON por cenário, o resumo consolidado em `summary.csv` e o relatório em HTML.

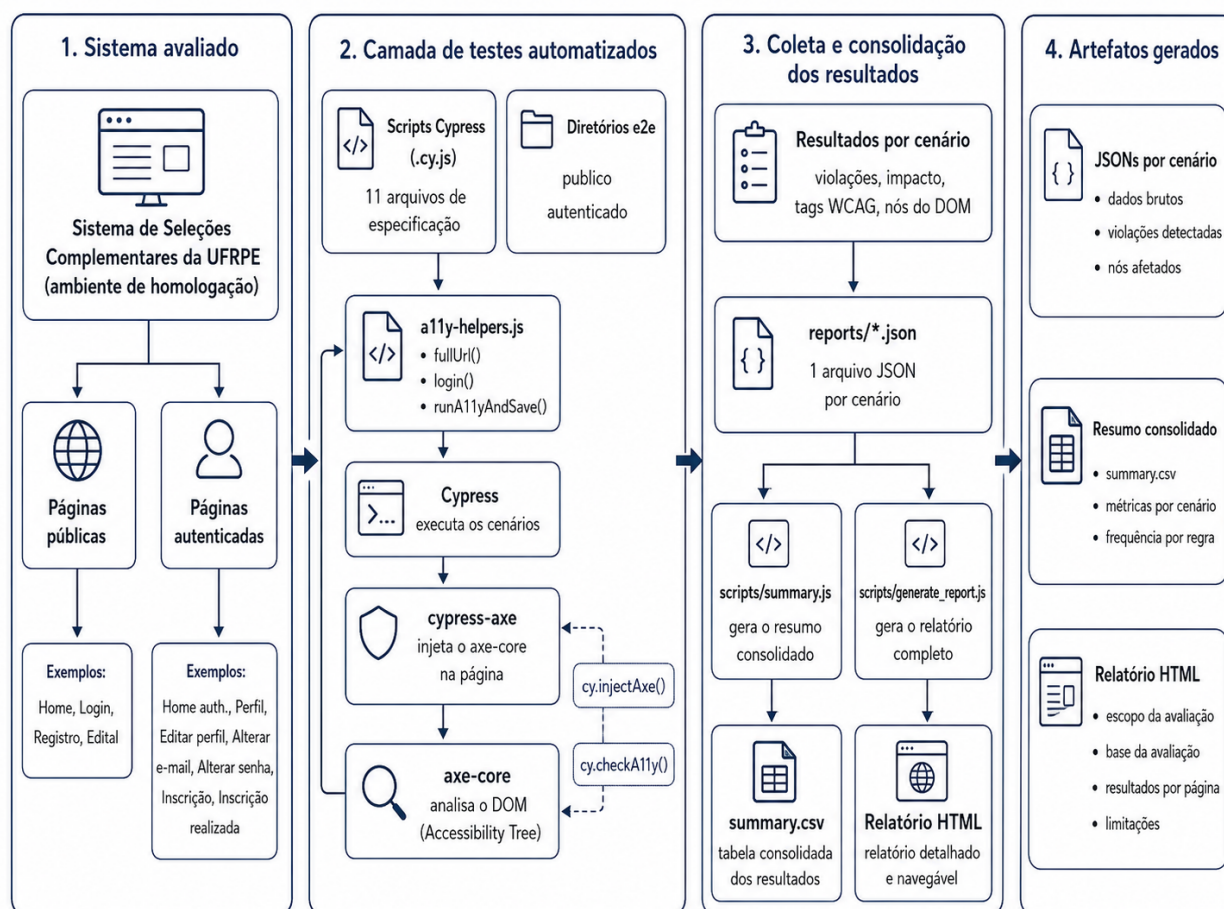


Figura 2. Arquitetura técnica do processo de avaliação automatizada de acessibilidade: sistema avaliado, camada de testes, coleta e consolidação dos resultados e artefatos gerados. Fonte: elaborado pelos autores.

Esses dados consolidados foram utilizados como base para a análise quantitativa apresentada na Seção 4.

3.4. Etapas 4 e 5 – Execução e Análise de Métricas

A Etapa 4 consistiu na execução dos scripts sobre o ambiente de homologação do sistema, gerando o relatório de inconformidades. Por fim, a Etapa 5 culminou na confirmação das inconformidades e na proposição de melhorias de acessibilidade na plataforma testada. Os resultados obtidos nessas etapas são apresentados e discutidos na Seção 4.

4. Resultados (Estudo de Caso)

Esta seção apresenta os resultados obtidos na avaliação automatizada de acessibilidade do Sistema de Seleções Complementares da UFRPE. Os testes cobriram 11 páginas em 22 cenários distintos, totalizando **60 violações únicas** e **210 ocorrências** de nós do DOM afetados. Neste trabalho, considera-se como violação única cada regra distinta violada em uma determinada página, sem duplicar a mesma regra dentro da própria página; assim, uma mesma regra pode ser contabilizada mais de uma vez no total geral quando aparece em páginas diferentes. Já as ocorrências correspondem ao número de nós individuais do

DOM afetados por cada regra violada. A Tabela 4 sintetiza os resultados por página, discriminando o total de violações, o número de ocorrências e a distribuição por nível de impacto.

Tabela 4. Resultados consolidados de acessibilidade por página.

Contexto	Página	Violações	Ocorrências	Críticas	Sérias	Moderadas	Menores
Público	Home	5	39	0	1	3	1
Público	Login	6	12	1	1	3	1
Público	Registro	5	16	1	0	3	1
Público	Editais	6	14	0	1	3	2
Autenticado	Home	5	26	0	1	3	1
Autenticado	Perfil	6	12	0	2	3	1
Autenticado	Editar perfil	7	40	2	1	3	1
Autenticado	Alterar e-mail	5	11	1	0	3	1
Autenticado	Alterar senha	5	12	1	0	3	1
Autenticado	Inscrição	6	19	2	0	3	1
Autenticado	Insc. realizada	4	9	0	0	3	1
Total		60	210	8	7	33	12

Das 60 violações identificadas, 33 (55,0%) são de impacto moderado, 7 (11,7%) sérias, 8 (13,3%) críticas e 12 (20,0%) menores. Embora as violações moderadas predominem em número, as críticas e sérias concentram os casos com maior potencial de exclusão digital, pois correspondem a barreiras que impedem ou dificultam severamente o uso do sistema por pessoas com deficiência (World Wide Web Consortium (W3C), 2018).

No que se refere aos níveis WCAG, as 11 páginas acumulam violações de nível A e de nível AA. A presença de violações nos dois níveis indica que o sistema não apenas deixa de atender aos requisitos básicos de acessibilidade (nível A), como também falha em critérios de conformidade estendida (nível AA) amplamente exigidos para sistemas públicos (Governo Federal do Brasil, 2014).

4.1. Violações Sistêmicas

A análise revelou que o conjunto de violações identificadas se concentra em apenas nove regras distintas, cuja frequência por página é apresentada na Tabela 5, evidenciando um padrão de problemas sistêmicos (também referidos neste trabalho como estruturais, por derivarem de elementos compartilhados do *template* do sistema) que se repetem ao longo de todo o sistema.

As regras *region*, *empty-heading*, *heading-order* e *landmark-unique* estão presentes em todas as 11 páginas avaliadas, o que indica que esses problemas derivam de elementos compartilhados do *template* do sistema — como cabeçalho, rodapé e estrutura de navegação — e não de implementações isoladas. Essa natureza sistêmica implica que a correção dessas violações em componentes reutilizáveis propagaria melhorias imediatas a todas as páginas do sistema.

A regra *label* (critério WCAG 1.3.1, nível A) foi detectada em 6 das 11 páginas, todas elas contendo formulários. Trata-se de uma violação crítica: campos de entrada sem rótulo associado impedem que tecnologias assistivas, como leitores de tela, comuniquem ao usuário a finalidade de cada campo (World Wide Web Consortium (W3C), 2018).

Tabela 5. Regras violadas e frequência por página.

Regra	Descrição	Impacto	Páginas
region	Conteúdo fora de <i>landmarks</i>	Moderado	11/11
empty-heading	Cabeçalho sem conteúdo textual	Menor	11/11
heading-order	Hierarquia de cabeçalhos incorreta	Moderado	11/11
landmark-unique	<i>Landmark</i> duplicado sem rótulo	Moderado	11/11
label	Campo de formulário sem rótulo	Crítico	6/11
color-contrast	Contraste insuficiente entre texto e fundo	Sério	5/11
select-name	Campo <select> sem nome acessível	Crítico	2/11
link-in-text-block	Link não distinguível do texto adjacente	Sério	2/11
empty-table-header	Cabeçalho de tabela sem conteúdo textual	Menor	1/11

A violação `color-contrast` (critério WCAG 1.4.3, nível AA) foi identificada em 5 páginas, com maior concentração nas páginas home — pública e autenticada —, que somam 45 dos 50 nós afetados por essa regra. Essa violação compromete a legibilidade do sistema para usuários com baixa acuidade visual ou daltonismo (BRASIL, 2015).

4.2. Páginas Mais Críticas

4.2.1. Editar Perfil

A página de edição de perfil (`/inscricoes/perfil/alterar/`) foi a mais crítica do sistema, com 7 violações e 40 ocorrências — volume 2,9 vezes superior à mediana das demais páginas (14 ocorrências). O principal fator é a densidade de campos de formulário: o axe-core identificou 19 nós afetados pela regra `label` e 11 pela regra `select-name`, ambas de impacto crítico. Juntas, essas duas violações representam 75% de todas as ocorrências da página e apontam para formulários extensos nos quais a grande maioria dos campos carece de rótulos acessíveis adequados.

4.2.2. Páginas Home

As páginas home pública e autenticada apresentam o maior volume de ocorrências associadas ao `color-contrast`: 29 e 16 nós afetados, respectivamente. Por serem as páginas de entrada do sistema — a primeira acessada por qualquer visitante ou candidato —, a presença de contraste insuficiente nessas páginas representa uma barreira imediata para usuários com deficiência visual, afetando a primeira impressão de acessibilidade do sistema (MARTINS; DUARTE, 2024).

4.2.3. Página de Informações do Edital

A página de informações do edital (`/editais/19/public/`), incorporada à avaliação por meio do ambiente de homologação disponibilizado pela CSIS, apresentou 6 violações e 14 ocorrências. Foram identificadas as regras sistêmicas `region`, `empty-heading`, `heading-order` e `landmark-unique`, além de `color-contrast` (impacto sério) e `empty-table-header` (impacto menor), esta última específica às tabelas de

vagas e cronograma presentes na página. A ausência de cabeçalhos descritivos nas tabelas dificulta a navegação por leitores de tela, comprometendo o acesso às informações do processo seletivo por candidatos com deficiência visual.

4.2.4. Página de Inscrição

A página de realização de inscrição (`/inscricoes/inscricao/realizar/19`), avaliada em dois cenários — carregamento inicial e submissão com campos vazios —, apresentou 6 violações e 19 ocorrências. Foram identificadas as regras críticas `label` e `select-name`, presentes em todos os campos do formulário de dados acadêmicos e de seleção de vaga, além das regras sistêmicas `region`, `heading-order`, `landmark-unique` e `empty-heading`. Os dois cenários produziram resultados idênticos, confirmando o padrão sistêmico das violações. A página de confirmação de inscrição (`/inscricoes/inscricao/17257/`), avaliada após a submissão bem-sucedida, apresentou 4 violações e 9 ocorrências, todas de natureza sistêmica — `region`, `heading-order`, `landmark-unique` e `empty-heading` —, sem violações de nível A ou AA, apresentando apenas violações associadas a boas práticas.

4.3. Comportamento dos Cenários Multiestado

Um achado relevante diz respeito à estratégia de avaliação multiestado adotada neste trabalho. Em todas as páginas avaliadas, os resultados foram idênticos entre todos os cenários testados — carregamento inicial, submissão com campos vazios, dados inválidos ou inconsistentes e navegação entre estados dinâmicos —, indicando que os estados dinâmicos da interface não introduziram novas violações além das já presentes no carregamento inicial.

Embora a hipótese inicial fosse de que os estados dinâmicos revelariam barreiras adicionais, os dados indicam o contrário: por derivarem de componentes compartilhados do *template*, as violações têm natureza sistêmica e se manifestam já no carregamento inicial de cada página, independentemente de interações posteriores do usuário.

Em síntese, os resultados revelam que o Sistema de Seleções Complementares da UFRPE apresenta violações de acessibilidade em todas as páginas avaliadas, com problemas de impacto crítico e sério presentes em mais da metade delas. Um aspecto positivo é que a natureza predominantemente sistêmica dessas violações, concentradas em componentes compartilhados como cabeçalho e estrutura de navegação, indica que correções pontuais em elementos reutilizáveis teriam alto retorno, eliminando as regras mais frequentes de todas as páginas simultaneamente. Da mesma forma, as violações críticas nos formulários, como a ausência de rótulos em campos de entrada, têm correções técnicas bem estabelecidas e de baixa complexidade de implementação. Esses achados estabelecem uma linha de base quantitativa para orientar ações de melhoria e subsidiam as recomendações apresentadas na seção seguinte.

5. Discussões e Trabalhos futuros

5.1. Discussão

Os resultados obtidos evidenciam que o Sistema de Seleções Complementares da UFRPE apresenta barreiras de acessibilidade que afetam todas as páginas avaliadas, com vio-

lações de impacto crítico e sério presentes em mais da metade delas. Esse cenário é consistente com o panorama descrito por estudos sobre sistemas web de universidades federais brasileiras, que identificam problemas recorrentes de marcação semântica, navegação e acessibilidade de formulários (ALBUQUERQUE et al., 2024; VITAL et al., 2024; SILVA; FREIRE; OLIVEIRA, 2021). Ele também corrobora o diagnóstico mais amplo do setor público federal: uma auditoria do Tribunal de Contas da União realizada entre 2024 e 2025 constatou que 88% das organizações avaliadas obtiveram desempenho abaixo da metade da pontuação máxima em acessibilidade digital (Tribunal de Contas da União, 2025), indicando que as deficiências identificadas no sistema da UFRPE refletem um problema estrutural mais abrangente na administração pública brasileira.

A predominância de violações sistêmicas — regras como `region`, `empty-heading`, `heading-order` e `landmark-unique` presentes em todas as 11 páginas avaliadas — indica que parte significativa dos problemas está concentrada em componentes compartilhados do sistema, como cabeçalho e estrutura de navegação. Do ponto de vista prático, isso representa uma oportunidade: a correção desses elementos em um único lugar produziria impacto imediato em todo o sistema, reduzindo de forma expressiva o número total de violações sem exigir intervenção página a página.

5.1.1. Impacto para Usuários com Deficiência

As violações identificadas não são meramente técnicas — elas se traduzem em barreiras concretas para usuários com diferentes tipos de deficiência. A ausência de rótulos em campos de formulário (`label` e `select-name`), detectada especialmente nas páginas de edição de perfil e de realização de inscrição, impede que leitores de tela comuniquem ao usuário a finalidade de cada campo, tornando o preenchimento de formulários inacessível para pessoas com deficiência visual (BRASIL, 2015). Com mais de 14 milhões de pessoas com deficiência no Brasil, segundo o Censo 2022 (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2025), e considerando que uma parcela relevante desse grupo é candidata potencial a processos seletivos em universidades federais, a inacessibilidade de um sistema como o avaliado representa uma barreira direta ao exercício de direitos garantidos pela Lei Brasileira de Inclusão (BRASIL, 2015).

O problema de contraste insuficiente (`color-contrast`), concentrado nas páginas home com 45 nós afetados, afeta usuários com baixa acuidade visual, daltonismo ou que acessam o sistema em condições de iluminação desfavorável. Por ser a primeira página acessada por qualquer visitante, a presença dessa barreira já na entrada do sistema compromete a experiência desde o primeiro contato (MARTINS; DUARTE, 2024).

5.1.2. Melhorias Concretas Recomendadas

Com base nas violações identificadas, recomenda-se ao sistema as seguintes correções prioritárias, ordenadas por impacto estimado:

1. **Associar rótulos a todos os campos de formulário** (regras `label` e `select-name`): utilizar o atributo `for/id` entre `<label>` e `<input>`, ou

o atributo `aria-label` quando um rótulo visível não for viável. Esta correção é prioritária na página de edição de perfil, onde 30 dos 40 nós afetados estão associados a essas duas regras, e na página de realização de inscrição, onde todos os campos do formulário carecem de rótulos acessíveis.

2. **Ajustar o contraste de texto nas páginas home:** revisar a paleta de cores do sistema para garantir razão de contraste mínima de 4,5:1 para textos normais e 3:1 para textos grandes, conforme exigido pelo critério WCAG 1.4.3 (World Wide Web Consortium (W3C), 2018).
3. **Diferenciar links em blocos de texto** (regra `link-in-text-block`): garantir que links sejam identificáveis não apenas por cor, mas também por sublinhado, ícone ou outro recurso visual, especialmente quando aparecem junto a textos comuns.
4. **Corrigir a estrutura de *landmarks* e cabeçalhos** (regras `region`, `heading-order`, `landmark-unique`): garantir que todo o conteúdo esteja dentro de regiões semânticas adequadas (`<main>`, `<nav>`, `<header>`, `<footer>`) e que a hierarquia de cabeçalhos (`h1-h6`) seja sequencial e sem saltos. Por serem violações sistêmicas, essas correções têm alto retorno: uma única intervenção nos componentes compartilhados eliminaria essas regras das 11 páginas avaliadas.
5. **Corrigir cabeçalhos de tabela vazios na página do edital** (regra `empty-table-header`): elementos `<th>` sem conteúdo textual nas tabelas de vagas e cronograma devem receber descrições adequadas, garantindo que leitores de tela consigam comunicar a estrutura da tabela aos usuários com deficiência visual.
6. **Remover ou preencher cabeçalhos vazios** (regra `empty-heading`): elementos `<h1>-<h6>` sem conteúdo textual devem ser removidos do HTML ou substituídos por elementos neutros quando utilizados apenas para fins de estilo.

5.2. Trabalhos Futuros

Este trabalho estabelece uma linha de base quantitativa para a acessibilidade do Sistema de Seleções Complementares da UFRPE, mas abre espaço para diversas extensões que podem aprofundar e ampliar os resultados obtidos.

Em primeiro lugar, recomenda-se a **integração dos testes ao *pipeline* de CI/CD do sistema**. A suíte desenvolvida já está estruturada para execução automatizada e pode ser incorporada a ferramentas como GitHub Actions ou GitLab CI, de modo que cada nova versão do sistema seja automaticamente verificada quanto à acessibilidade antes de ser publicada em produção. Essa abordagem transforma a acessibilidade de uma auditoria pontual em um requisito contínuo de qualidade, em linha com as recomendações de Sanchez-Gordon e Luján-Mora (2017) para ambientes ágeis.

Em segundo lugar, propõe-se a **ampliação da cobertura para outras páginas e sistemas da UFRPE**. O sistema avaliado representa apenas uma das plataformas web mantidas pela instituição. A metodologia, a suíte de testes e o *template* de relatório desenvolvidos neste trabalho podem ser replicados para outros sistemas institucionais: o script `generate_report.js` gera automaticamente um relatório estruturado em HTML a partir dos JSONs produzidos pelo axe-core, dispensando preenchimento manual e produzindo resultados comparáveis entre diferentes sistemas avaliados, em linha com as re-

comendações do *Template for Accessibility Evaluation Reports* do W3C (World Wide Web Consortium (W3C), 2014a). Isso contribui para um diagnóstico mais abrangente da acessibilidade digital da universidade, em linha com iniciativas similares conduzidas em outras instituições federais (ALBUQUERQUE et al., 2024).

Em terceiro lugar, os resultados automatizados devem ser complementados por **avaliação manual por especialistas em acessibilidade**. Como demonstrado por Frazão e Duarte (2020), ferramentas automáticas cobrem apenas uma fração dos critérios WCAG, e problemas como navegação por teclado, ordem de foco e compatibilidade com tecnologias assistivas específicas requerem inspeção humana para ser adequadamente avaliados.

Por fim, e de forma mais abrangente, recomenda-se a realização de **testes com usuários reais com deficiência**. Somente a perspectiva dos próprios usuários é capaz de revelar barreiras experienciais que nem ferramentas automáticas nem avaliações manuais conseguem identificar plenamente (SANCHEZ-GORDON; LUJÁN-MORA, 2017; PAIVA; FREIRE; FORTES, 2021). Esses testes permitiriam validar se as correções recomendadas neste trabalho de fato eliminam as barreiras percebidas na prática, fechando o ciclo entre diagnóstico técnico e inclusão digital efetiva.

6. Ameaças à Validade

Todo estudo empírico está sujeito a ameaças à validade que podem limitar a interpretação e a generalização dos resultados. Esta seção discute as principais ameaças identificadas neste trabalho e as estratégias adotadas para mitigá-las.

Em relação à validade interna, os testes foram executados em um ambiente de homologação disponibilizado pela CSIS, e não diretamente no sistema em produção. Embora esse ambiente espelhe a estrutura e as funcionalidades do sistema real, não se pode descartar a existência de diferenças pontuais de comportamento entre os dois ambientes. Essa decisão foi intencional, pois garantiu a execução dos testes de forma controlada, sem risco de impacto sobre dados reais de candidatos. Além disso, a avaliação automatizada com axe-core cobre aproximadamente 57% dos critérios WCAG verificáveis automaticamente (Deque Systems, 2023a), o que significa que parte das barreiras de acessibilidade pode não ter sido detectada. Essa limitação foi reconhecida desde o planejamento e é tratada nas recomendações de trabalhos futuros, que propõem a complementação com avaliação manual e testes com usuários reais.

Em relação à validade externa, estudos de caso apresentam dificuldade de generalização dos resultados para além do caso investigado (RALPH et al., 2020). Os resultados deste trabalho descrevem o estado de acessibilidade de um sistema específico da UFRPE e não devem ser interpretados como representativos de todos os sistemas de seleção de universidades federais brasileiras. No entanto, generalizar não era o objetivo deste trabalho: o caso foi selecionado por sua relevância institucional e pela viabilidade de acesso ao ambiente de homologação, e os achados são válidos como diagnóstico do sistema avaliado e como demonstração da aplicabilidade da metodologia proposta.

Em relação à validade de construto, a seleção das onze páginas avaliadas foi baseada em critérios funcionais representativos dos dois contextos de uso do sistema, público e autenticado. Outras páginas do sistema, como as de pagamento e envio de documentação, não foram incluídas no escopo deste estudo, o que pode significar que violações

adicionais existam além das identificadas. Essa decisão de escopo foi documentada e justificada na seção de metodologia.

7. Conclusão

Este trabalho teve como objetivo demonstrar a aplicação de testes automatizados de acessibilidade no Sistema de Seleções Complementares da UFRPE, avaliando sua conformidade com as diretrizes WCAG 2.1 e identificando oportunidades de melhoria na interface. Em resposta à pergunta de pesquisa proposta, os resultados demonstram que testes automatizados baseados em Cypress e axe-core apoiam a identificação de violações das diretrizes WCAG de forma sistemática e reproduzível, cobrindo múltiplos estados da interface e produzindo resultados estruturados para análise — atuando como uma primeira camada de diagnóstico, a ser complementada por avaliação manual e testes com usuários. Ao todo, foram identificadas 60 violações únicas e 210 ocorrências distribuídas em 11 páginas e 22 cenários de teste. A maior parte das violações é de natureza sistêmica, derivada de componentes compartilhados do sistema, o que indica que correções pontuais em elementos reutilizáveis teriam alto retorno para a acessibilidade do sistema como um todo. As violações críticas, concentradas nas páginas de formulário, possuem correções técnicas bem estabelecidas e de baixa complexidade de implementação. Do ponto de vista das contribuições práticas, este trabalho disponibiliza uma suíte de testes automatizados e um template de relatório inspirado no WCAG-EM, ambos estruturados para replicação em outros sistemas institucionais da UFRPE ou de outras universidades federais, contribuindo para um diagnóstico mais amplo da acessibilidade digital no ensino superior brasileiro. Por fim, os achados reforçam que a acessibilidade digital não é apenas uma exigência legal, mas uma condição necessária para garantir que todos os cidadãos, independentemente de suas limitações, possam exercer seu direito de acesso a serviços públicos digitais.

Referências

- ALBUQUERQUE, D. et al. Análise da conformidade com acessibilidade digital: Um estudo no contexto dos websites das universidades federais brasileiras. In: *Latin American Symposium on Digital Government (LASDIGOV)*. Sociedade Brasileira de Computação, 2024. p. 133–144. Disponível em: <<https://sol.sbc.org.br/index.php/wcge/article/view/29533>>.
- ARA, J. et al. An inclusive framework for automated web content accessibility evaluation. *Universal Access in the Information Society*, v. 24, n. 2, p. 1581–1607, 2025. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s10209-024-01164-5>>.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. *ABNT NBR 17225:2025 — Acessibilidade em conteúdo e aplicações web: Requisitos*. 2025. ABNT, Rio de Janeiro. Publicada em 11 mar. 2025.
- Bellido Santa María, J. B. Automatización de pruebas de accesibilidad en la web. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, v. 6, n. 4, p. 3671–3688, 2022. Acesso em: 18 abr. 2026. Disponível em: <<https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/2878>>.

BRASIL. *Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015: Institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência)*. 2015. Diário Oficial da União, seção 1, Brasília, DF, 7 jul. 2015. Acesso em: 12 out. 2025. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/113146.htm>.

CAMPOVERDE-MOLINA, M.; LUJÁN-MORA, S. Artificial intelligence in web accessibility: A systematic mapping study. *Computer Standards & Interfaces*, v. 96, p. 104055, 2025. Acesso em: 7 jun. 2026. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0920548925000844>>.

Cypress Inc. *Introducing Cypress Accessibility*. 2024. Blog oficial Cypress. Publicado em fev. 2024. Acesso em: 18 abr. 2026. Disponível em: <<https://www.cypress.io/blog/introducing-cypress-accessibility>>.

Deque Systems. *The Automated Accessibility Coverage Report*. [S.l.], 2023. Acesso em: 26 fev. 2026. Disponível em: <<https://www.deque.com/automated-accessibility-testing-coverage/>>.

Deque Systems. *axe-core Accessibility Testing Framework*. 2023. GitHub repository and documentation. Acesso em: 30 out. 2025. Disponível em: <<https://github.com/dequelabs/axe-core>>.

FISCHER, T.; LUNDELL, B.; GAMALIELSSON, J. Coverage of web accessibility guidelines provided by automated checking tools. *Universal Access in the Information Society*, Springer, p. 1–23, 2025.

FRAZÃO, T.; DUARTE, C. Comparing accessibility evaluation plug-ins. In: *Proceedings of the 17th International Web for All Conference*. [s.n.], 2020. p. 1–11. Disponível em: <<https://doi.org/10.1145/3371300.3383346>>.

FREIRE, A. P.; PAIVA, D. M. B.; FORTES, R. P. d. M. Acessibilidade digital durante a pandemia da COVID-19: Uma investigação sobre as instituições de ensino superior públicas brasileiras. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, v. 28, p. 956–984, 2020. Acesso em: 26 nov. 2025. Disponível em: <<https://journals-sol.sbc.org.br/index.php/rbie/article/view/4229>>.

Governo Federal do Brasil. *Modelo de Acessibilidade em Governo Eletrônico (eMAG), Versão 3.1*. 2014. Secretaria de Governo Digital, Ministério da Gestão e da Inovação em Serviços Públicos, Brasília. Acesso em: 12 out. 2025. Disponível em: <<https://emag.governoeletronico.gov.br/>>.

GRILO, A.; RODRIGUES, L. d. A.; SILVA, B. S. Design inclusivo e acessibilidade digital para surdos em páginas web: um estudo qualitativo em universidade pública brasileira. *Design e Tecnologia*, v. 9, n. 18, p. 71–83, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.23972/det2019iss18pp71-83>>.

GUIDA, S. L. A. G. et al. Desafios da inclusão e acessibilidade no ensino superior brasileiro. *Revista DELOS*, v. 18, n. 73, p. e6875, 2025. Acesso em: 18 abr. 2026. Disponível em: <<https://ojs.revistadelos.com/ojs/index.php/delos/article/view/6875>>.

IACONO, J. P.; BOSCO, E. C. D.; FREIBERGER, F. P. G. Acessibilidade e inclusão no ensino superior: um estudo sobre as informações disponíveis nos websites das universidades públicas do paraná. *Revista Internacional de*

Educação Superior, p. e024004, 2023. Acesso em: 12 out. 2025. Disponível em: <<https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/riesup/article/view/8668436>>.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Censo 2022: Brasil tem 14,4 milhões de pessoas com deficiência*. 2025. Agência de Notícias IBGE. Acesso em: 12 out. 2025. Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/43463-censo-2022-brasil-tem-14-4-milhoes-de-pessoas-com-deficiencia>>.

International Software Testing Qualifications Board (ISTQB). *Certified Tester Foundation Level Syllabus, Version 4.0*. [S.l.], 2023. Acesso em: 18 abr. 2026. Disponível em: <<https://www.istqb.org/certifications/certified-tester-foundation-level>>.

JYOLSNA, J.; ANUAR, S. Modern web automation with cypress.io. *Open International Journal of Informatics*, v. 10, n. 2, p. 182–196, 2022. Acesso em: 18 abr. 2026. Disponível em: <<https://oiji.utm.my/index.php/oiji/article/view/229>>.

KROK, E. Digital accessibility as an essential element of an inclusive organization. *European Research Studies Journal*, XXVII, n. S2, p. 857–876, 2024. Acesso em: 7 jun. 2026. Disponível em: <<https://ersj.eu/journal/3752>>.

MACAKOĞLU, Ş. S.; PEKER, S. Web accessibility performance analysis using web content accessibility guidelines and automated tools: a systematic literature review. In: *2022 17th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)*. [S.l.: s.n.], 2022. p. 1–6. Acesso em: 7 jun. 2026.

MARTINS, B.; DUARTE, C. A large-scale web accessibility analysis considering technology adoption. *Universal Access in the Information Society*, Springer, v. 23, p. 1857–1872, 2024. Acesso em: 28 out. 2025. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s10209-023-01010-0>>.

MENDES, I. F. *Identificação de conhecimento e práticas na avaliação de acessibilidade digital no mercado de software brasileiro*. Dissertação (Mestrado) — Universidade de São Paulo, 2024. Acesso em: 26 nov. 2025. Disponível em: <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/100/100131/tde-26082024-092346/en.php>>.

Ministério dos Direitos Humanos e da Cidadania; Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Brasil tem 18,6 milhões de pessoas com deficiência, indica pesquisa divulgada pelo IBGE e MDHC*. 2023. Notícia institucional, Brasília. Acesso em: 12 out. 2025. Disponível em: <<https://www.gov.br/mdh/pt-br/assuntos/noticias/2023/julho/brasil-tem-18-6-milhoes-de-pessoas-com-deficiencia-indica-pesquisa-divulgada-pelo-ibge-e-mdhc>>.

PAIVA, D. M. B.; FREIRE, A. P.; FORTES, R. P. d. M. Accessibility and software engineering processes: A systematic literature review. *Journal of Systems and Software*, v. 171, p. 110819, 2021. ISSN 0164-1212. Acesso em: 28 out. 2025. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0164121220302168>>.

RALPH, P. et al. *Empirical Standards for Software Engineering Research*. 2020. ArXiv preprint. ArXiv:2010.03525. Acesso em: 7 jun. 2026. Disponível em: <<https://arxiv.org/abs/2010.03525>>.

SANCHEZ-GORDON, S.; LUJÁN-MORA, S. A method for accessibility testing of web applications in agile environments. In: *Proceedings of the 7th World Congress*

for Software Quality. [s.n.], 2017. Acesso em: 18 abr. 2026. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/318214191_A_Method_for_Accessibility_Testing_of_Web_Applications_in_Agile_Environments>.

SHAHIN, M.; BABAR, M. A.; ZHU, L. Continuous integration, delivery and deployment: A systematic review on approaches, tools, challenges and practices. *IEEE Access*, v. 5, p. 3909–3943, 2017. Acesso em: 1 jul. 2026. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/7884954>>.

SILVA, A. J. d. Inclusão digital e acessibilidade como direitos: avanços, limites e desafios nas políticas públicas brasileiras. *Recima21 Revista Científica Multidisciplinar*, v. 6, n. 7, p. e676642, 2025. Acesso em: 28 out. 2025. Disponível em: <<https://recima21.com.br/recima21/article/view/6642>>.

SILVA, C. L.; FREIRE, A. P.; OLIVEIRA, L. S. d. Acessibilidade em sites de universidades federais de pernambuco: avaliação à luz do modelo de acessibilidade em governo eletrônico (emag). In: *Anais do Congresso Brasileiro de Informática na Educação*. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2021. p. 1648–1657. Acesso em: 12 out. 2025. Disponível em: <<https://sol.sbc.org.br/index.php/wie/article/view/18006>>.

SILVA, D.; SOBRAL, N.; SOARES, L. Acessibilidade em sites de universidades federais de pernambuco: avaliação à luz do modelo de acessibilidade em governo eletrônico (emag). *Revista dos Mestrados Profissionais*, v. 5, 2020.

SOUZA, G. L. d. *Acessibilidade para deficientes visuais em mídias sociais: uma avaliação baseada nas diretrizes WCAG*. 2025. Trabalho acadêmico. Acesso em: 26 nov. 2025. Disponível em: <<https://bib.pucminas.br/pergamumweb/download/8C38E307-CC7F-4B4F-9C8C-F6D34BBA8604.pdf>>.

Tribunal de Contas da União. *Diagnóstico de Acessibilidade Digital 2024/2025 — Acórdão 2.099/2025-TCU-Plenário*. 2025. Portal TCU, Brasília. Acesso em: 18 abr. 2026. Disponível em: <<https://portal.tcu.gov.br/tecnologia-da-informacao/diagnostico-de-acessibilidade-digital>>.

VITAL, L. P. et al. Análise da acessibilidade em sites de bibliotecas de universidades públicas. *Revista Brasileira de Biblioteconomia e Documentação*, v. 20, p. 1–15, 2024. Acesso em: 18 abr. 2026. Disponível em: <<https://rbbd.febab.org.br/rbbd/article/view/2048>>.

World Wide Web Consortium (W3C). *Template for Accessibility Evaluation Reports*. 2014. W3C Web Accessibility Initiative (WAI). Acesso em: 18 abr. 2026. Disponível em: <<https://www.w3.org/WAI/test-evaluate/report-template/>>.

World Wide Web Consortium (W3C). *Website Accessibility Conformance Evaluation Methodology (WCAG-EM) 1.0*. 2014. Acesso em: 18 abr. 2026. Disponível em: <<https://www.w3.org/TR/WCAG-EM/>>.

World Wide Web Consortium (W3C). *Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.1*. 2018. Acesso em: 12 out. 2025. Disponível em: <<https://www.w3.org/TR/WCAG21/>>.