



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA E ESTATÍSTICA
BACHARELADO EM CIÊNCIAS DA COMPUTAÇÃO

Thiago Kenji Correa Xikota

**ACESSIBILIDADE DIGITAL EM DESIGN SYSTEMS PÚBLICOS: UMA
AUDITORIA DE CONFORMIDADE DO BOLD E DSGOV**

Florianópolis

2025

Thiago Kenji Correa Xikota

**ACESSIBILIDADE DIGITAL EM DESIGN SYSTEMS
PÚBLICOS: UMA AUDITORIA DE CONFORMIDADE DO
BOLD E DSGOV**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Ciências da Computação, do Departamento de Informática e Estatística, do Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina, requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Ciências da Computação. Orientador: Prof. Raul Sidnei Wazlawick

Florianópolis

2025

Xikota, Thiago Kenji Correa

ACESSIBILIDADE DIGITAL EM DESIGN SYSTEMS PÚBLICOS : UMA
AUDITORIA DE CONFORMIDADE DO BOLD E DSGOV / Thiago Kenji
Correa Xikota ; orientador, Raul Sidnei Wazlawick, 2025.
85 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro
Tecnológico, Graduação em Ciências da Computação,
Florianópolis, 2025.

Inclui referências.

1. Ciências da Computação. 2. Acessibilidade digital.
3. Design System. 4. Usabilidade. 5. DSGov. I. Wazlawick,
Raul Sidnei. II. Universidade Federal de Santa Catarina.
Graduação em Ciências da Computação. III. Título.

Thiago Kenji Correa Xikota

ACESSIBILIDADE DIGITAL EM DESIGN SYSTEMS PÚBLICOS: UMA AUDITORIA DE CONFORMIDADE DO BOLD E DSGVO

Trabalho de conclusão de curso submetido ao
Departamento de Informática e Estatística
da Universidade Federal de Santa Catarina
para a obtenção do Grau de Bacharelado em
Ciências da Computação.

Florianópolis, 10 de dezembro de 2025

Coordenação do Curso

Banca examinadora

Prof. Raul Sidnei Wazlawick
Orientador

Prof.^a Berenice Santos Gonçalves
Universidade Federal de Santa Catarina

**Prof.^a Fabiane Barreto Vavassori
Benitti**
Universidade Federal de Santa Catarina

Dedico este trabalho às pessoas que me ensinaram, de um jeito ou de outro, que acesso é poder. Este TCC é uma continuação desse movimento: abrir portas, remover barreiras e deixar o caminho um pouco mais claro para quem vem depois.

AGRADECIMENTOS

Aos meus bisavós japoneses, em especial Einosuke Shikoda (志小田 榮之助), que deixou Sendai e chegou ao Brasil em 1930 a bordo do navio Montevideo Maru. Descendente de Date Masamune (伊達 政宗), trouxe para a nossa família disciplina, coragem e a certeza de que o estudo abre caminhos. Desta travessia nasce este trabalho.

Aos meus avós, que mantiveram vivo esse compromisso com exemplo e cuidado.

Aos meus pais, Gerson Xikota e Daniela Augusta Correa Xikota, pela educação, pelo incentivo e por mostrarem que caráter e curiosidade caminham juntos. Assumo a minha parte e levo esse legado adiante.

Ao meu noivo e parceiro, Rian Block Serena, que conheci no curso de Ciência da Computação. Este TCC avançou porque você dividiu comigo as noites, os testes e as revisões. Sua presença, paciência e apoio fizeram a diferença.

A todas as pessoas que contribuíram, minha gratidão.

"A acessibilidade não é um extra. É o padrão que deveria ter vindo de fábrica."

RESUMO

A acessibilidade digital constitui um imperativo legal, técnico e ético para a prestação de serviços públicos inclusivos. No entanto, a implementação efetiva dessas diretrizes em *design systems* governamentais carece de evidências empíricas consolidadas. Este trabalho tem como objetivo analisar comparativamente o nível de conformidade dos *design systems Bold* (desenvolvido pelo Laboratório Bridge/UFSC) e Padrão Digital de Governo (*DSGov*/Governo Federal) em relação às *Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.2* (nível AA), ao *Modelo de Acessibilidade em Governo Eletrônico (eMAG 3.1)* e às *WAI-ARIA Authoring Practices*.

A metodologia adotada combinou revisão bibliográfica, análise documental e auditorias automatizadas realizadas com as ferramentas *Axe DevTools*, *Google Lighthouse* e *WAVE WebAIM*. O corpus de análise abrangeu as páginas de documentação oficial e os componentes demonstrativos de ambos os sistemas, simulando a experiência de desenvolvedores que utilizam esses recursos como referência. Foram coletadas e sistematizadas evidências quantitativas e qualitativas, permitindo identificar a natureza, frequência e severidade das barreiras de acesso.

Os resultados indicam um total de 277 ocorrências de não conformidade com o nível AA. O *Bold* apresentou 75 falhas (27%), concentradas majoritariamente em contraste insuficiente e ausência de rótulos acessíveis. O *DSGov* registrou 202 ocorrências (73%), com predominância de erros críticos na estrutura *ARIA* e marcação semântica, evidenciando uma dívida técnica significativa. A análise qualitativa demonstra que tais falhas impactam diretamente os usuários finais: a ausência de semântica bloqueia a navegação de pessoas cegas e o baixo contraste impede o acesso de pessoas com baixa visão, violando direitos fundamentais.

Conclui-se que, embora ambos os sistemas declarem alinhamento às normas, a execução prática apresenta lacunas que exigem correção imediata. O estudo contribui com uma análise comparativa sistemática e propõe diretrizes de governança, incluindo a adoção de auditorias recorrentes e a integração de testes de acessibilidade em esteiras de desenvolvimento (CI/CD), visando elevar a maturidade e a confiabilidade dos *design systems* públicos brasileiros.

Palavras-chave: acessibilidade digital; *design system*; *DSGov*; *Bold*; UX.

ABSTRACT

Digital accessibility constitutes a legal, technical, and ethical imperative for the provision of inclusive public services. However, the effective implementation of these guidelines in governmental *design systems* lacks consolidated empirical evidence. This work aims to comparatively analyze the level of conformance of the *Bold design system* (developed by the Bridge Laboratory/UFSC) and the Digital Government Standard (*DSGov*/Federal Government) in relation to the *Web Content Accessibility Guidelines* (*WCAG*) 2.2 (Level AA), the *Model of Accessibility in Electronic Government* (eMAG 3.1), and the *WAI-ARIA Authoring Practices*.

The adopted methodology combined bibliographic review, documentary analysis, and automated audits conducted with the tools *Axe DevTools*, *Google Lighthouse*, and *WAVE WebAIM*. The analysis corpus encompassed the official documentation pages and demonstrative components of both systems, simulating the experience of developers who use these resources as reference. Quantitative and qualitative evidence were collected and systematized, allowing the identification of the nature, frequency, and severity of access barriers.

The results indicate a total of 277 non-conformance occurrences with Level AA. *Bold* presented 75 failures (27%), concentrated mainly on insufficient contrast and absence of accessible labels. *DSGov* registered 202 occurrences (73%), with a predominance of critical errors in *ARIA* structure and semantic markup, evidencing significant technical debt. Qualitative analysis demonstrates that such failures directly impact end users: the absence of semantics blocks navigation for blind people and low contrast prevents access for people with low vision, violating fundamental rights.

It is concluded that, although both systems declare alignment with standards, practical execution presents gaps that require immediate correction. The study contributes with a systematic comparative analysis and proposes governance guidelines, including the adoption of recurring audits and the integration of accessibility tests in development pipelines (CI/CD), aiming to elevate the maturity and reliability of Brazilian public *design systems*.

Keywords: digital accessibility; *design system*; *DSGov*; *Bold*; UX.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxo de teste de navegação padronizado (Axe DevTools)	31
Figura 2 – Captura de tela do processo de avaliação automática com <i>Axe DevTools</i> – <i>Bold Design System</i>	39
Figura 3 – Captura de tela do processo de avaliação automática com <i>Axe DevTools</i> – <i>Padrão Digital de Governo</i> (DSGov)	40
Figura 4 – Principais regras automatizadas afetadas no Bold – <i>Axe DevTools</i> (Nível AA)	41
Figura 5 – Principais regras automatizadas afetadas no DSGov – <i>Axe DevTools</i> (Nível AA)	42
Figura 6 – Distribuição de ocorrências por princípio <i>WCAG (POUR)</i> – Comparativo Bold vs DSGov (Nível AA)	45
Figura 7 – Relatório resumido do <i>Google Lighthouse</i> – <i>Bold Design System</i>	47
Figura 8 – Relatório resumido do <i>Google Lighthouse</i> – <i>Padrão Digital de Governo</i> (DSGov)	48
Figura 9 – Distribuição de não conformidades por princípio <i>WCAG</i> – Lighthouse	50
Figura 10 – Comparativo de pontuação de acessibilidade – Lighthouse (Bold vs DSGov)	51
Figura 11 – Painel de resultados do <i>WAVE WebAIM</i> – <i>Bold Design System</i>	52
Figura 12 – Painel de resultados do <i>WAVE WebAIM</i> – <i>Padrão Digital de Governo</i> (DSGov)	53
Figura 13 – Exemplo de contraste insuficiente detectado no Bold	61
Figura 14 – Exemplo de contraste insuficiente detectado no DSGov	62
Figura 15 – Formulário (Bold)	63
Figura 16 – Input (DSGov)	64
Figura 17 – Exemplo de uso incorreto de papel ARIA e estrutura semântica inválida	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Componentes analisados e categorias funcionais	29
Tabela 2 – Resumo das etapas do método (coleta → triagem → verificação → síntese)	32
Tabela 3 – Critérios e métricas de análise	34
Tabela 4 – Checklist de Verificação Heurística Manual	35
Tabela 5 – Resumo comparativo de ocorrências por severidade – <i>Axe DevTools</i> (novembro de 2025)	38
Tabela 6 – Síntese dos achados do <i>Axe DevTools</i> (novembro de 2025).	40
Tabela 7 – Principais critérios <i>WCAG</i> e eMAG afetados.	43
Tabela 8 – Pontuações e alertas do <i>Google Lighthouse</i> (novembro de 2025).	46
Tabela 9 – Classificação dos erros por princípio <i>WCAG</i> – <i>Axe DevTools</i> (Recapitulação).	54
Tabela 10 – Quadro Comparativo Qualitativo: Documentação e Manutenibilidade.	58
Tabela 11 – Quadro de recomendações práticas derivadas dos princípios POUR e seus impactos.	67
Tabela 12 – <i>Checklist</i> de verificação por componente	80

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APG	WAI-ARIA Authoring Practices
ARIA	Accessible Rich Internet Applications
Axe	Accessibility Engine
CGU	Controladoria-Geral da União
CI/CD	Continuous Integration/Continuous Delivery
DOM	Document Object Model
DSGov	Padrão Digital de Governo
eMAG	Modelo de Acessibilidade em Governo Eletrônico
ENAP	Escola Nacional de Administração Pública
GOV.UK	Government Digital Service United Kingdom
HTML	HyperText Markup Language
IGT	Intelligent Guided Tests
JSON	JavaScript Object Notation
LBI	Lei Brasileira de Inclusão
MP	Ministério do Planejamento
NNG	Nielsen Norman Group
PCC	Projeto de Conclusão de Curso
PEC	Prontuário Eletrônico do Cidadão
PDF	Portable Document Format
POUR	Perceptible, Operable, Understandable and Robust
SLTI	Secretaria de Logística e Tecnologia da Informação
SUS	Sistema Único de Saúde
SVG	Scalable Vector Graphics
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina

UI	User Interface
URL	Uniform Resource Locator
USWDS	United States Web Design System
UX	User Experience
W3C	World Wide Web Consortium
WAI	Web Accessibility Initiative
WAI-ARIA	Accessible Rich Internet Applications
WAVE	Web Accessibility Evaluation Tool
WCAG	Web Content Accessibility Guidelines

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
2	OBJETIVOS	18
2.1	OBJETIVO GERAL	18
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
2.3	ESCOPO DO ESTUDO	18
3	MÉTODO DE PESQUISA	20
3.1	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
3.1.1	World Wide Web Consortium (W3C)	21
3.1.2	Web Content Accessibility Guidelines (WCAG)	21
3.1.3	WAI-ARIA (Accessible Rich Internet Applications)	21
3.1.4	Modelo de Acessibilidade em Governo Eletrônico (eMAG)	22
3.1.5	Caracterização dos Design Systems: Bold e DSGov	23
3.2	TRABALHOS RELACIONADOS	25
3.2.1	Avaliação de Acessibilidade como Processo Contínuo	27
3.3	METODOLOGIA DE ANÁLISE DOS DESIGN SYSTEMS	28
3.3.1	Delimitação e amostragem do corpus	28
3.3.2	Paridade da amostra e controle de variáveis	29
3.3.3	Ferramentas e procedimentos de coleta automatizada	30
3.3.4	Critérios de análise e categorização dos achados	32
3.3.5	Verificação heurística	34
3.3.5.1	<i>Framework Híbrido de Auditoria e Verificação</i>	36
3.3.6	Tratamento e Sanitização dos Dados	36
3.3.7	Limitações e ameaças à validade	37
4	RESULTADOS	38
4.1	RESULTADOS DO AXE DEVTOOLS	39
4.1.1	Papéis ARIA e erros estruturais	44
4.1.2	Impacto prático das falhas críticas	45
4.2	RESULTADOS DO LIGHTHOUSE	46
4.2.1	Indicadores de pontuação	49
4.2.2	Categorias de não conformidade	49
4.2.3	Interpretação dos resultados	50
4.3	RESULTADOS DO WAVE WEBAIM	52
4.3.1	Ocorrências gerais e distribuição por categoria	53
4.3.2	Comparação entre os design systems	53
4.3.3	Interpretação e correlação com auditorias anteriores	55

4.3.4	Considerações parciais	55
4.4	SÍNTESE E CRUZAMENTO DAS EVIDÊNCIAS	55
4.4.1	Integração dos resultados	55
4.4.2	Complementaridade entre ferramentas	56
4.4.3	Consolidação de métricas	56
4.4.4	Interpretação geral	57
4.4.5	Análise de conformidade com o eMAG 3.1	57
4.5	ANÁLISE TÉCNICA DE DESIGN VISUAL	58
4.5.1	Contraste e Legibilidade (eMAG 3.1)	58
4.5.2	Espaçamento e Áreas de Toque (WCAG 2.5.5)	59
4.5.3	Consistência Iconográfica (WAI-ARIA)	59
4.5.4	Síntese da análise visual	59
5	DISCUSSÃO	60
5.1	PERCEPTÍVEL	60
5.2	OPERÁVEL	62
5.3	COMPREENSÍVEL	63
5.4	ROBUSTO	64
5.5	CONFRONTO ENTRE DIRETRIZES INSTITUCIONAIS E IMPLI- MENTAÇÃO TÉCNICA	65
5.6	GOVERNANÇA DE <i>DESIGN SYSTEMS</i>	66
5.7	SÍNTESE DE RECOMENDAÇÕES POR PRINCÍPIO POUR	66
5.8	RELAÇÃO ENTRE OS ACHADOS TÉCNICOS E AS DECISÕES DE DESIGN VISUAL	67
5.9	MATURIDADE DO <i>DESIGN SYSTEM</i> COMO FATOR ESTRUTU- RANTE DA ACESSIBILIDADE	68
5.10	LIMITAÇÕES ESTRUTURAIS DOS <i>DESIGN SYSTEMS</i> PARA GA- RANTIR ACESSIBILIDADE PLENA	68
5.11	ACESSIBILIDADE COMO PROCESSO CONTÍNUO: DIREÇÕES PARA EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS	69
6	CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES	70
6.1	SÍNTESE DAS CONCLUSÕES	70
6.2	RECOMENDAÇÕES PRÁTICAS	70
6.2.1	Proposta de Governança Estratégica	71
6.2.2	Checklist de verificação por componente	72
6.3	TRABALHOS FUTUROS	72
	REFERÊNCIAS	74
	APÊNDICE A – RELATÓRIOS AXE (JSON)	76

A.0.1	Ambiente e versões utilizadas	76
A.1	ESTRUTURA DOS DADOS (JSON SCHEMA)	76
A.2	DECLARAÇÃO DE DISPONIBILIDADE E INTEGRIDADE	77
A.2.1	Artefatos de Auditoria (Axe DevTools)	77
	APÊNDICE B – RELATÓRIOS DO LIGHTHOUSE (PDF)	79
B.0.1	Ambiente e parâmetros de execução	79
B.0.2	Arquivos incluídos:	79
	APÊNDICE C – CHECKLIST DE VERIFICAÇÃO POR COM- PONENTE	80
	APÊNDICE D – ARTIGO SUBMETIDO À SBC	82

1 INTRODUÇÃO

O acesso universal à informação e aos serviços digitais constitui dever do Estado e direito da cidadania. Esse princípio é garantido pela Constituição Federal (Brasil, 1988) e por instrumentos legais e normativos que estabelecem padrões mínimos de inclusão. No âmbito técnico, destacam-se as *Web Content Accessibility Guidelines* (WCAG), desenvolvidas pelo *World Wide Web Consortium* (W3C) por meio da *Web Accessibility Initiative* (WAI), atualmente na versão 2.2 (W3C — World Wide Web Consortium, 2023). No contexto brasileiro, a Portaria n.º 3/2007 da Secretaria de Logística e Tecnologia da Informação do Ministério do Planejamento (SLTI/MP) e a Lei Brasileira de Inclusão (Lei n.º 13.146/2015) consolidam o *Modelo de Acessibilidade em Governo Eletrônico* (eMAG 3.1) como referência obrigatória para sítios e serviços públicos (Brasil, 2007; Brasil, 2015). O cumprimento dessas diretrizes é, portanto, requisito legal e compromisso ético voltado à eliminação de barreiras e à promoção da equidade no acesso a políticas e serviços públicos (DINIZ et al., 2017; SILVA, 2021).

Os *design systems* têm se consolidado como mecanismos de governança que padronizam componentes, semântica e práticas de desenvolvimento em larga escala. Este trabalho foca dois casos brasileiros complementares: o *Bold Design System*, mantido pelo Laboratório Bridge em parceria com a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), e o *Padrão Digital de Governo* (*Design System* do Governo Federal, *DSGov*), coordenado pela Secretaria de Governo Digital (Brasil, 2024). Ambos declaram alinhamento às WCAG e ao eMAG; entretanto, análises públicas e relatórios institucionais indicam assimetrias significativas entre o discurso e a implementação prática. Estudos recentes apontam que a conformidade declarada muitas vezes não resiste a uma auditoria técnica rigorosa, revelando barreiras críticas de navegação e contraste mesmo em ambientes controlados (KRONE, 2019; GOMES, 2024).

Diante desse cenário, o problema de pesquisa formula-se da seguinte forma: em que medida os *design systems Bold* (UFSC) e *DSGov* (Governo Federal) apresentam conformidade técnica com a acessibilidade digital em suas documentações e componentes de referência, conforme as WCAG 2.2 (nível AA), o eMAG 3.1 e as *WAI-ARIA Authoring Practices*?

Para responder a essa questão, realiza-se uma análise documental e automatizada dos dois *design systems*, abrangendo exclusivamente suas páginas de documentação oficial e os componentes demonstrativos nelas contidos. É importante ressaltar que este estudo não analisa sistemas de terceiros que utilizam o *Bold* ou o *DSGov*, mas sim a "matriz" desses sistemas. As auditorias foram executadas com as ferramentas *Axe DevTools*, *Google Lighthouse* e *WAVE WebAIM* em novembro de 2025, tendo como referência as WCAG 2.2 (nível AA), o eMAG 3.1 e as *WAI-ARIA Authoring Practices*. O escopo exclui testes com usuários e instrumentação de código; as evidências foram registradas em relatórios e disponibilizadas nos apêndices.

A relevância deste estudo é técnica, econômica, social e normativa. Ao auditar a conformidade com o eMAG, verifica-se não apenas a qualidade de código, mas a aderência dos sistemas estruturantes do governo à legislação federal (Portaria nº 3/2007), visto que falhas no *DSGov* replicam a desconformidade legal para todos os serviços que o consomem. Além de cumprir o dever do Estado, a acessibilidade desde a concepção reduz significativamente o custo de manutenção e a dívida técnica associada à refação de código. Como infraestruturas de referência, *design systems* influenciam diretamente a qualidade e a acessibilidade de serviços públicos digitais. Assim, suas deficiências na documentação original podem replicar barreiras de acesso em larga escala, enquanto boas práticas podem fortalecer a inclusão digital. Ao produzir evidências rastreáveis e comparáveis, este trabalho busca orientar melhorias concretas em semântica, contraste, rotulagem e estrutura de interface. Além disso, propõe recomendações de governança para *design systems* públicos, como auditorias periódicas, métricas transparentes e registro público de conformidade, contribuindo para a prestação de contas e para a qualidade dos serviços digitais no Brasil.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar, por meio de análise documental e auditorias automatizadas, em que medida os *design systems Bold* e Padrão Digital de Governo (*DSGov*) implementam acessibilidade conforme as Web Content Accessibility Guidelines (WCAG 2.2, nível AA), o Modelo de Acessibilidade em Governo Eletrônico (eMAG 3.1) e as *WAI-ARIA Authoring Practices*

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Delimitar o corpus de análise às páginas de documentação oficial e exemplos de componentes de ambos os sistemas (*Bold* e *DSGov*), excluindo implementações de terceiros, definindo período e critérios de amostragem.

2. Operacionalizar critérios de avaliação a partir das WCAG 2.2 (nível AA), do eMAG 3.1 e das *WAI-ARIA Authoring Practices*, estabelecendo indicadores e métricas auditáveis.

3. Executar auditorias automatizadas com *Axe DevTools*, *Google Lighthouse* e *WAVE WebAIM*, registrando evidências (relatórios, logs e capturas) para rastreabilidade.

4. Contrastar as diretrizes de acessibilidade declaradas na documentação textual com a implementação técnica observada nos componentes, verificando a consistência entre o discurso institucional e a prática de engenharia.

5. Comparar os achados entre os dois sistemas, identificando padrões de conformidade e falhas recorrentes por categoria (semântica, navegação, contraste, rótulos e atributos *ARIA*).

6. Elaborar recomendações técnicas e de governança voltadas à melhoria contínua e à transparência dos *design systems* analisados, priorizando práticas mensuráveis e replicáveis.

2.3 ESCOPO DO ESTUDO

O estudo delimita-se à análise documental e comparativa de acessibilidade em dois *design systems*: *Bold* e Padrão Digital de Governo (*DSGov*). O escopo abrange:

1. Consulta à documentação oficial e às demonstrações públicas de componentes (*Storybook* do *Bold* e Portal do *DSGov*).

2. Avaliação automatizada com *Axe DevTools* e *Google Lighthouse*, e verificação heurística com *WAVE WebAIM*.

3. Amostragem de componentes representativos do fluxo de uso, incluindo botões, formulários e alertas, complementada por modais, tabelas, mensagens, navegação, *land-*

marks, estrutura de conteúdo, imagens e elementos interativos. A análise recai sobre o código renderizado na documentação, simulando a experiência de um desenvolvedor que consulta o sistema para implementá-lo.

A seleção baseia-se em amostragem intencional baseada em criticidade e relevância prática, cobrindo etapas críticas de interação como abertura e fechamento de diálogos, validação de erro, leitura de tabelas, orientação estrutural e contraste visual. O escopo não inclui desenvolvimento de *software*, instrumentação de código proprietário nem testes com usuários. Todas as evidências são consolidadas em apêndices, com registro completo de ambiente, versões e arquivos.

3 MÉTODO DE PESQUISA

Este trabalho caracteriza-se como pesquisa comparativa, documental e exploratória, fundamentada em auditorias automatizadas e verificação heurística. A estrutura metodológica organiza-se em duas etapas principais:

1. Revisão bibliográfica das normas e diretrizes de acessibilidade digital;
2. Análise documental e comparativa dos *design systems Bold* e Padrão Digital de Governo (*DSGov*).

A coleta de dados baseou-se em fontes oficiais, incluindo as documentações públicas dos sistemas e os relatórios produzidos pelas ferramentas *Axe DevTools*, *Google Lighthouse* e *WAVE WebAIM*. O estudo não envolve testes com usuários nem instrumentação de código, limitando-se à avaliação das interfaces documentais e exemplos demonstrativos disponíveis publicamente. A escolha por analisar a documentação justifica-se pelo fato de que ela serve como a "verdade única" para os desenvolvedores; erros ali presentes tendem a ser replicados em todos os serviços que utilizam o *design system*.

As auditorias seguiram os parâmetros das *Web Content Accessibility Guidelines (WCAG 2.2, nível AA)*, do *Modelo de Acessibilidade em Governo Eletrônico (eMAG 3.1)* e das *WAI-ARIA Authoring Practices*. O modelo de observação consistiu em mapear cada violação detectada pelas ferramentas para um Critério de Sucesso (*Success Criterion - SC*) específico da WCAG e/ou uma recomendação do eMAG, permitindo uma análise baseada em evidências normativas. Os resultados foram registrados, classificados e documentados em relatórios e apêndices, assegurando rastreabilidade completa de ambiente, versão e evidência.

3.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica teve como finalidade consolidar os fundamentos normativos e conceituais da acessibilidade digital aplicada ao design de interfaces. Foram consideradas as *Web Content Accessibility Guidelines (WCAG)*, mantidas pelo *World Wide Web Consortium (W3C)* por meio da *Web Accessibility Initiative (WAI)*, e o *Modelo de Acessibilidade em Governo Eletrônico (eMAG)*, desenvolvido pelo Governo Federal.

As *WCAG 2.2 (W3C — World Wide Web Consortium, 2023)* constituem o padrão internacional de referência, enquanto o *eMAG 3.1 (Brasil, 2017)* traduz essas diretrizes para a realidade brasileira, tornando-as obrigatórias para sítios públicos conforme a Portaria n.º 3, de 7 de maio de 2007 (SLTI/MP). Essa combinação garante o alinhamento entre a perspectiva global e o contexto nacional, refletindo a base técnica que orienta o desenvolvimento de *design systems* acessíveis.

3.1.1 World Wide Web Consortium (W3C)

O *W3C* é o principal consórcio internacional responsável pela padronização da *Web*. Fundado por Tim Berners-Lee, o consórcio desenvolve especificações técnicas que asseguram a interoperabilidade e a acessibilidade de tecnologias digitais (Berners-lee, 2000).

Em 1997, foi criada a *Web Accessibility Initiative* (*WAI*), dedicada à elaboração de normas que garantem o acesso equitativo a conteúdos e serviços digitais. A *WAI* é responsável por diretrizes amplamente adotadas, como as *Web Content Accessibility Guidelines* (*WCAG*) e a especificação *WAI-ARIA* (*Accessible Rich Internet Applications*).

Essas iniciativas reforçam o princípio de que o acesso à informação é um direito fundamental, conforme previsto na Lei Brasileira de Inclusão (Lei nº 13.146/2015), que determina a obrigatoriedade da acessibilidade nos sítios da internet mantidos por órgãos públicos. Assim, o *W3C*, por meio da *WAI*, constitui a base técnica e conceitual que orienta a construção de uma *Web* inclusiva.

3.1.2 Web Content Accessibility Guidelines (WCAG)

As *WCAG* reúnem diretrizes internacionais para tornar conteúdos *web* acessíveis a pessoas com deficiência. Publicadas pelo *W3C* desde 1999 e atualizadas em 2023 (versão 2.2), essas diretrizes definem critérios de sucesso testáveis, distribuídos em três níveis de conformidade: A, AA e AAA.

Esses critérios são estruturados em quatro princípios: Perceptível, Operável, Compreensível e Robusto (*POUR*). Esses princípios asseguram que os usuários possam perceber as informações, operar os componentes, compreender o conteúdo e interagir de forma compatível com diferentes agentes de usuário e tecnologias assistivas (W3C — World Wide Web Consortium, 2018).

As *WCAG* influenciam legislações nacionais e internacionais, como a *Section 508* (EUA), a norma *EN 301 549* (União Europeia) e o eMAG 3.1 (Brasil). A conformidade é avaliada de forma combinada: auditorias automatizadas identificam padrões objetivos, enquanto a inspeção humana interpreta contextos subjetivos.

Essas diretrizes orientam *designers* e desenvolvedores na criação de interfaces que promovam inclusão digital, servindo como base para ferramentas de validação e políticas públicas de acessibilidade.

3.1.3 WAI-ARIA (Accessible Rich Internet Applications)

A especificação *WAI-ARIA* (*Web Accessibility Initiative – Accessible Rich Internet Applications*) complementa as *WCAG* ao definir como tornar acessíveis componentes e

aplicações web interativas, especialmente aquelas baseadas em *JavaScript* e atualizações dinâmicas.

Por meio de atributos *ARIA*, é possível descrever funções, estados e propriedades de elementos que não possuem semântica nativa no *HTML*. Por exemplo, uma `<div>` usada como menu pode receber o atributo `role="menu"` e o estado `aria-expanded="true"`, permitindo que leitores de tela interpretem corretamente sua estrutura e comportamento.

O *WAI-ARIA* não substitui o uso de elementos semânticos nativos, mas os complementa quando a marcação padrão é insuficiente. As *WAI-ARIA Authoring Practices* do *W3C* definem boas práticas para implementação consistente e segura, recomendando o uso de *ARIA* apenas quando necessário e conforme as *WCAG* (*W3C — World Wide Web Consortium*, 2021).

Essas práticas garantem interoperabilidade entre aplicações modernas e tecnologias assistivas, assegurando a acessibilidade de componentes complexos como modais, tabelas e *widgets* dinâmicos.

3.1.4 Modelo de Acessibilidade em Governo Eletrônico (eMAG)

No Brasil, as diretrizes internacionais de acessibilidade foram adaptadas e ampliadas pelo *Modelo de Acessibilidade em Governo Eletrônico (eMAG)*. Criado para uniformizar e orientar a acessibilidade em sites e portais públicos, o eMAG fornece recomendações práticas que permitem sua adoção de forma consistente em todo o setor governamental. Desenvolvido em 2005 e atualizado periodicamente, mantém alinhamento com as *Web Content Accessibility Guidelines (WCAG)* do *W3C*, incorporando, contudo, exigências e particularidades legais brasileiras (Brasil, 2017).

A Portaria n.º 3, de 7 de maio de 2007, da Secretaria de Logística e Tecnologia da Informação (SLTI/MP), tornou o eMAG de observância obrigatória para todos os domínios federais. Dessa forma, órgãos públicos devem segui-lo na criação ou atualização de seus *websites*, sob pena de descumprir as normas nacionais de acessibilidade. A versão vigente, *eMAG 3.1* (2017), inclui orientações técnicas detalhadas e exemplos de implementação com *HTML5* e *WAI-ARIA*, favorecendo o cumprimento de critérios específicos de acessibilidade.

Estruturalmente, o eMAG funciona como um guia e *checklist* adaptado ao contexto nacional. Abrange recomendações de código, como o uso hierárquico de cabeçalhos, fornecimento de textos alternativos e inclusão de recursos de *skip navigation*, além de orientações de *design* visual sobre contraste, redimensionamento tipográfico e clareza de leitura.

O modelo também destaca dimensões institucionais: exige que portais exibam em local visível o *link* “Acessibilidade”, apresentando recursos disponíveis e canais de contato para dúvidas ou sugestões, reforçando a transparência e o compromisso público com a inclusão. Assim, o eMAG atua como tradução operacional das *WCAG* para o contexto do governo eletrônico brasileiro, garantindo que os portais públicos cumpram não só as

normas técnicas internacionais, mas também a legislação nacional de inclusão.

Consolida-se, portanto, como referência obrigatória na construção de portais governamentais e *design systems* públicos, articulando as diretrizes do W3C com as práticas cotidianas de equipes de desenvolvimento no setor público (Brasil, 2017; Brasil, 2007).

3.1.5 Caracterização dos Design Systems: Bold e DSGov

Com os fundamentos estabelecidos pelo W3C/WAI como origem das diretrizes, a WCAG como referência técnica global, a WAI-ARIA como ferramenta de implementação e o eMAG como guia nacional, compreende-se como esses elementos orientam a construção de *design systems* acessíveis (W3C, 2018; W3C, 2017; BRASIL, 2017). *Design systems* são bibliotecas que reúnem componentes de interface, padrões de design, guias de estilo e diretrizes de uso, visando padronizar e agilizar o desenvolvimento de aplicações (BRASIL, 2024; LABORATÓRIO BRIDGE, 2025). Um conceito fundamental nesses sistemas são os *design tokens*, variáveis semânticas que armazenam decisões de design (como cores, espaçamentos e tipografia) de forma agnóstica à plataforma, garantindo consistência visual e facilitando a manutenção da acessibilidade em escala. A ausência ou má definição desses *tokens* impede a propagação sistemática de correções, perpetuando inconsistências de contraste e layout.

No contexto desta pesquisa, destacam-se dois *design systems* brasileiros de grande relevância e natureza distinta: o *Bold* e o Padrão Digital de Governo (*DSGov*). Ambos compartilham o propósito de facilitar a criação de interfaces consistentes e acessíveis, embora suas origens e formas de adoção sejam diferentes. O *Bold* surgiu em ambiente acadêmico, vinculado à Universidade Federal de Santa Catarina, enquanto o *DSGov* constitui uma iniciativa governamental federal (Brasil, 2024).

O *Bold Design System* foi desenvolvido pelo Laboratório Bridge, da Universidade Federal de Santa Catarina, com ênfase explícita em acessibilidade desde a sua concepção. Os princípios do W3C e as normas das *Web Content Accessibility Guidelines* (WCAG) orientam todas as suas decisões de design e implementação (W3C — World Wide Web Consortium, 2023; Krone, 2019). Segundo GOMES (2024), o *Bold Design System* visa ser acessível, *open source* e customizável, com componentes construídos conforme as especificações da WCAG do nível AA.

O autor também ressalta que a adoção da WCAG 2.1 nível AA serve como base de conformidade e evidencia alinhamento com o eMAG, tornando o *Bold* especialmente adequado para projetos governamentais e educacionais que precisam seguir essas normas (W3C — World Wide Web Consortium, 2023; Brasil, 2017). Cada componente possui marcação ARIA apropriada, o que garante o reconhecimento por tecnologias assistivas (W3C — World Wide Web Consortium, 2017; LABORATÓRIO BRIDGE, 2025). Dessa forma, os componentes apresentam semântica correta e atributos WAI-ARIA integrados,

reduzindo o esforço dos desenvolvedores para atingir a acessibilidade, já que muitos requisitos técnicos são atendidos por padrão (Krone, 2019).

No aspecto metodológico, a criação do *Bold* foi acompanhada por um processo rigoroso de testes e validação. A equipe do Laboratório Bridge realizou auditorias automatizadas com as ferramentas Google *Lighthouse* e Deque *Axe*, avaliando conformidade com as WCAG 2.1 e o eMAG. Foram verificados contraste de cores, estrutura de cabeçalhos, navegação por teclado e organização semântica (Krone, 2019; LABORATÓRIO BRIDGE, 2025). A motivação para este estudo surgiu da experiência profissional do autor como *UX/UI Designer* no Laboratório Bridge por dois anos, período em que a utilização prática do *Bold* e do *DSGov* evidenciou inconsistências que justificaram uma investigação aprofundada. É fundamental esclarecer, contudo, que este trabalho não possui vínculo institucional com o laboratório e não utiliza dados de auditorias internas. Trata-se de uma auditoria totalmente nova e independente, realizada pelo autor em novembro de 2025, com o objetivo de verificar o estado atual de conformidade da documentação pública e dos componentes disponíveis.

Posteriormente, foram conduzidos testes com usuários reais com deficiência, incluindo pessoas com deficiência visual, baixa visão, daltonismo e limitações motoras, para avaliar a usabilidade e a eficácia dos componentes do *design system*. Os resultados desses testes levaram a ajustes e aprimoramentos antes da disponibilização pública do *Bold*. Esse histórico mostra que o sistema não apenas se baseia nas recomendações teóricas das WCAG, WAI-ARIA e eMAG, mas também as aplica efetivamente em um ciclo de desenvolvimento centrado na inclusão (Krone, 2019).

O resultado é um *design system* de código aberto, com biblioteca de componentes em *React* e *TypeScript* e documentação detalhada no *Storybook*, que se consolidou como referência em boas práticas de acessibilidade no Brasil. O *Bold* é amplamente utilizado em sistemas governamentais, como o Prontuário Eletrônico do Cidadão (PEC) do Sistema Único de Saúde (SUS) e outras soluções digitais do Ministério da Saúde, demonstrando maturidade técnica e relevância prática em contextos de alta complexidade e impacto social (LABORATÓRIO BRIDGE, 2025). Por ser um projeto acadêmico e institucional, encontra-se documentado em trabalhos científicos e projetos de conclusão de curso, o que reforça seu embasamento teórico (Krone, 2019; LABORATÓRIO BRIDGE, 2025).

O Padrão Digital de Governo (*DSGov*), por sua vez, é o *design system* unificado do Governo Federal do Brasil. Criado como parte da estratégia de transformação digital do Estado, visa padronizar a identidade visual e a experiência do usuário em portais e serviços públicos digitais, assegurando coerência e qualidade em escala nacional. O *DSGov* é mantido pela Secretaria de Governo Digital, vinculada ao Ministério da Gestão e da Inovação em Serviços Públicos, com apoio técnico do Serviço Federal de Processamento de Dados (Serpro) (Brasil, 2024).

Como política pública, o *DSGov* tem a responsabilidade de incorporar aos seus componentes os requisitos de acessibilidade previstos nas diretrizes oficiais. Um de seus

pilares declarados é a acessibilidade, e cada nova versão do sistema busca aprimorar esse aspecto. A versão 4.0 destacou o “aprimoramento da acessibilidade digital” como uma de suas principais novidades. Isso se reflete na implementação de semântica adequada, suporte à navegação por teclado e compatibilidade com leitores de tela. Sua documentação faz referência direta às WCAG e à WAI-ARIA e oferece orientações de uso acessível. Além disso, os estilos e contrastes de cor seguem as recomendações das WCAG (Brasil, 2024; W3C, 2018; W3C, 2017). Para fins de comparação justa com o *Bold*, e considerando que a documentação do *DSGov* não explicita um nível de conformidade alvo (A, AA ou AAA), este estudo assume que ele deve atender ao nível de conformidade AA das WCAG 2.2, por força da legislação brasileira (eMAG) e das melhores práticas internacionais.

O *DSGov* está presente em diversas plataformas oficiais do Governo Federal, incluindo o portal Gov.br, a Plataforma +Brasil, Compras.gov.br e sistemas do Ministério da Educação e da Controladoria-Geral da União (CGU). Essa adoção ampla demonstra sua importância estratégica na consolidação da identidade digital do Estado e na disseminação de padrões de acessibilidade em larga escala.

A documentação do *DSGov* também disponibiliza guias de boas práticas em *HTML*, *CSS* e *JavaScript*, bem como um guia específico de uso da WAI-ARIA, assegurando que quem estenda ou personalize componentes mantenha a acessibilidade prevista (Brasil, 2024). O projeto oferece *checklists* e uma *wiki* colaborativa, o que reforça a conscientização das equipes de design e desenvolvimento sobre o tema. Assim como o *Bold*, o *DSGov* enfatiza que o uso do *design system* não garante por si só a acessibilidade completa, sendo necessário que as equipes implementem boas práticas e realizem testes complementares. Contudo, ao disponibilizar componentes conformes às WCAG e ao eMAG, o *DSGov* reduz barreiras e difunde boas práticas de forma padronizada e centralizada (Brasil, 2024).

Tanto o *Bold* quanto o *DSGov* ilustram como as diretrizes e padrões de acessibilidade orientam a criação de *design systems* acessíveis. O *Bold* representa uma aplicação direta e proativa das WCAG, WAI-ARIA e eMAG em um contexto acadêmico e aplicado, sendo comprovadamente utilizado em sistemas públicos de saúde. O *DSGov*, por sua vez, consolida-se como infraestrutura essencial da transformação digital brasileira, institucionalizando a acessibilidade em portais e sistemas de uso massivo, e reforçando o compromisso do Estado com a inclusão digital e a usabilidade universal.

3.2 TRABALHOS RELACIONADOS

Para sustentar teoricamente o método adotado, realizou-se levantamento nas bases *Scielo*, *ACM Digital Library* e *Google Scholar*, com as palavras-chave “acessibilidade digital”, “*design system*”, “WCAG”, “interface” e “usabilidade”. O recorte temporal (2015-2025) privilegiou artigos revisados por pares e relatórios institucionais oficiais. Essa base de informação combinou auditorias automatizadas e leitura heurística, assegurando rastreabilidade de evidências.

No contexto da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), destacam-se dois Projetos de Conclusão de Curso (PCCs) que estruturam o histórico e a evolução do *Bold Design System*. O trabalho de KRONE (2019), intitulado *Desenvolvimento e teste de componentes de interface acessíveis para um design system*, aplicou recomendações das *Web Content Accessibility Guidelines (WCAG 2.1)* e do *Modelo de Acessibilidade em Governo Eletrônico (eMAG 3.1)*, validando componentes com usuários por meio de observação e questionário. Complementarmente, o PCC de GOMES (2024) sistematizou diretrizes de *motion design* com foco em acessibilidade, formalizando *tokens* e princípios animados. Ambos os estudos consolidam a base empírica que sustenta a política de acessibilidade do *Bold Design System*.

Entre as referências de governança, o *U.S. Web Design System (USWDS)* é exemplo internacional de modelo institucional. Seu foco está na padronização de componentes e na validação sistemática de acessibilidade em serviços digitais do governo norte-americano (Uswds, 2025). Estudos de casos como o *Gov.UK Design System* (Gov.uk, 2025) reforçam que a acessibilidade não é garantida apenas por diretrizes, mas depende de inspeção contínua, validação cruzada e auditoria por componente.

No plano nacional, há indícios de adoção fragmentada dessas práticas. O relatório de acessibilidade do *Mapas Culturais* (UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA, 2024) demonstra que a aplicação parcial das normas *WCAG* e *WAI-ARIA* gera inconsistências semânticas e limita a navegação por teclado, confirmando a necessidade de monitoramento sistemático. O presente trabalho aproxima-se dessas metodologias ao aplicar auditorias automatizadas e verificações heurísticas nos *design systems* estudados.

Pesquisas internacionais, como as de LONGLEY e ELGLALY (2021), destacam o papel das práticas *WAI-ARIA* na melhoria da interoperabilidade entre tecnologias assistivas e componentes web complexos. Outros autores, como Aydin *et al.* (2020), analisam a relação entre semântica, foco e comportamento de interação, mostrando que a ausência de padrões consistentes prejudica a experiência de usuários com leitores de tela.

Esses estudos fundamentam a escolha metodológica deste TCC: combinar verificação automatizada, inspeção heurística e análise documental comparativa. De modo que contribuem para identificar lacunas e padrões de conformidade entre o *Bold Design System* e o *Padrão Digital de Governo (DSGov)*, sistematizando evidências para o fortalecimento da acessibilidade em *design systems* públicos brasileiros.

No cenário internacional, iniciativas como o *GOV.UK Design System* (Reino Unido) e o *U.S. Web Design System (USWDS)* estabelecem precedentes importantes na documentação e manutenção da acessibilidade. Ambos os sistemas mantêm registros públicos de conformidade e *backlogs* de correções, práticas que servem de referência para a análise da maturidade dos sistemas brasileiros abordados neste estudo.

3.2.1 Avaliação de Acessibilidade como Processo Contínuo

A acessibilidade digital não pode ser tratada como requisito pontual, verificado apenas no momento da concepção ou do lançamento de um produto. Trata-se de um processo cíclico e contínuo, que exige avaliações sistemáticas ao longo de todo o ciclo de vida dos sistemas digitais (W3C — World Wide Web Consortium, 2023; NIELSEN NORMAN GROUP, 2021). Projetos de *design systems* e portais públicos são iniciativas de longo prazo, envolvendo múltiplas etapas de design, implementação, manutenção e evolução, além de diversos atores técnicos e institucionais. Nesse contexto, mesmo quando há premissas de acessibilidade bem definidas na fase de projeto, é fundamental avaliar se essas premissas estão sendo efetivamente cumpridas na prática (Silva, 2021).

A avaliação de acessibilidade envolve diferentes técnicas complementares: auditorias automatizadas, que identificam padrões objetivos de não conformidade com base em critérios testáveis das *WCAG* e do *eMAG*; inspeções heurísticas, conduzidas por especialistas para identificar problemas contextuais não detectáveis por ferramentas; e testes com usuários, que verificam a usabilidade real em cenários de interação assistiva (W3C — World Wide Web Consortium, 2023; Diniz et al., 2017). A adoção de práticas de avaliação contínua permite detectar regressões, identificar dívidas técnicas acumuladas e assegurar que mudanças incrementais não comprometam a acessibilidade já conquistada.

Organizações como o *W3C/WAI* e a *Nielsen Norman Group* recomendam que a acessibilidade seja monitorada de forma recorrente, com ciclos de verificação integrados aos processos de desenvolvimento e publicação (W3C — World Wide Web Consortium, 2023; Nielsen; Norman, 2012). No setor público brasileiro, o *eMAG* reforça essa orientação ao exigir que portais governamentais mantenham conformidade atualizada, não apenas no lançamento, mas ao longo de toda a sua operação (Brasil, 2017).

Nesse sentido, este trabalho adota uma abordagem de avaliação contínua e comparativa, aplicando auditorias automatizadas e verificações heurísticas em *design systems* já consolidados e em uso. A opção metodológica está fundamentada na compreensão de que a acessibilidade é um processo dinâmico, sujeito a alterações decorrentes de atualizações de código, mudanças de equipe, evolução de padrões técnicos e ampliação de funcionalidades. Ao realizar essa verificação, busca-se não apenas identificar falhas pontuais, mas também evidenciar a necessidade de governança contínua e de práticas de melhoria incremental nos *design systems* públicos brasileiros.

Portanto, a validade desta pesquisa reside justamente na verificação empírica e sistemática da conformidade, demonstrando que a acessibilidade declarada nos documentos institucionais nem sempre se reflete na implementação técnica observável. Essa abordagem reforça o compromisso com a transparência, a rastreabilidade e a responsabilidade pública, contribuindo para que *design systems* sejam não apenas bem documentados, mas também efetivamente acessíveis.

3.3 METODOLOGIA DE ANÁLISE DOS DESIGN SYSTEMS

A seção descreve o procedimento metodológico adotado para a análise comparativa, documental e automatizada dos *design systems Bold* e *Padrão Digital de Governo (DSGov)*. O foco consiste em verificar a aderência desses sistemas às diretrizes de acessibilidade definidas pelas *Web Content Accessibility Guidelines (WCAG 2.2, nível AA)*, pelo *Modelo de Acessibilidade em Governo Eletrônico (eMAG 3.1)* e pelas *WAI-ARIA Authoring Practices*.

A abordagem metodológica é de natureza qualitativa e exploratória, combinando evidências empíricas de auditorias automatizadas com observações heurísticas. O processo de coleta e análise está estruturado em quatro etapas: (i) definição e delimitação do corpus, (ii) execução das auditorias automatizadas, (iii) verificação heurística e categorização dos achados e (iv) síntese interpretativa e comparação entre os sistemas.

3.3.1 Delimitação e amostragem do corpus

A amostra foi composta por páginas e componentes acessíveis publicamente nas documentações oficiais dos *design systems Bold* e *DSGov*, analisadas entre setembro e novembro de 2025. Foram incluídos conteúdos de natureza técnica, exemplificações de uso, seções de diretrizes de acessibilidade e componentes interativos com código aberto.

A seleção, detalhada na **Tabela 1**, fundamenta-se na **amostragem intencional por criticidade e relevância prática**, abrangendo etapas essenciais de interação, tais como abertura e fechamento de diálogos, validação de erro, leitura de tabelas, orientação estrutural e contraste visual. O critério de "impacto" foi definido operacionalmente como a capacidade de um componente bloquear um fluxo crítico de tarefa (ex: impedir o envio de um formulário ou o fechamento de um modal). Componentes puramente decorativos, em estágio experimental ou sem documentação completa de código foram excluídos da análise para garantir a consistência e a reprodutibilidade dos dados.

Cada item avaliado foi identificado por endereço eletrônico (URL), data e hora de coleta, ferramenta utilizada e número de ocorrências por categoria, assegurando rastreabilidade completa dos dados. O método não envolve instrumentação de código nem testes com usuários, sendo inteiramente baseado em análise documental e observacional sobre exemplos públicos.

A "simulação da experiência de desenvolvedor" mencionada refere-se ao procedimento de inspeção técnica que um profissional realizaria ao adotar o *design system*. É fundamental distinguir que **não se trata de uma simulação de uso por uma pessoa com deficiência**, mas sim de uma auditoria da ferramenta de trabalho (o *design system*) que o desenvolvedor utiliza. Isso envolve não apenas a navegação visual, mas a leitura do código-fonte renderizado no navegador (*Inspect Element*) e a verificação dos trechos de código (*snippets*) disponibilizados para "copiar e colar". A premissa é que, se o código de exemplo na documentação contém erros, o desenvolvedor que o replicar propagará a falha

para o produto final.

Tabela 1 – Componentes analisados e categorias funcionais

Categoria	Componentes Avaliados	Justificativa da escolha
Interativos	Botão, Formulário (<i>Input</i>), <i>Links</i>	Elementos essenciais para qualquer fluxo de tarefa (enviar, navegar).
Estruturais	<i>Landmarks</i> (nav, main, footer), Tabelas, Modais	Definem a organização e a navegação da página para tecnologias assistivas.
Informativos	Alertas, Mensagens de erro, Imagens/Ícones	Comunicam <i>status</i> e <i>feedback</i> ao usuário; críticos para compreensão.

Fonte: Autor, 2025.

3.3.2 Paridade da amostra e controle de variáveis

Para garantir a validade da comparação quantitativa e eliminar distorções decorrentes de diferenças na "superfície de contato" (quantidade de páginas ou elementos analisados), estabeleceu-se uma paridade estrita no escopo de teste. Ambos os sistemas foram submetidos exatamente à mesma carga de verificação, composta por:

1. **Mesmo Fluxo de Navegação:** 1 percurso linear padronizado (Home → Diretrizes → Componente Botão) realizado em ambos os portais.
2. **Mesma Quantidade de Baterias de Teste:** 1 bateria consolidada de Intelligent Guided Tests (IGT) para cada sistema.
3. **Mesmas Categorias de Componentes:** Foram auditados os mesmos 8 grupos de componentes em ambos os sistemas:
 - Tabelas;
 - Elementos Interativos;
 - Listas;
 - Estrutura;
 - Imagens;

- Formulários;
- Modal/Dialog;
- Teclado.

Dessa forma, assegura-se que a discrepância nos resultados absolutos (119 falhas no *Bold* vs 278 no *DSGov*) reflete uma diferença real na densidade de não conformidades, e não um desequilíbrio no tamanho da amostra auditada. A opção por uma única bateria de testes justifica-se pela natureza determinística da auditoria de código estático. Diferentemente de testes com usuários, onde variáveis comportamentais exigem amostras estatísticas robustas, a validação de sintaxe e estrutura de código produz resultados binários e constantes: um erro de sintaxe ARIA ou uma falha de contraste não se altera com a repetição do teste, desde que o código-fonte permaneça o mesmo. Portanto, a amostra $n=1$, neste contexto, é suficiente para diagnosticar a conformidade técnica da versão auditada.

É importante ressaltar que, ao focar nos mesmos *tipos* de componentes críticos em ambos os sistemas, neutraliza-se o efeito da diferença de escala total entre eles, garantindo que a comparação incida sobre a qualidade técnica da implementação e não sobre a quantidade de elementos disponíveis. Vale ressaltar, contudo, que o *DSGov* é um sistema de abrangência nacional e legado histórico mais complexo que o *Bold* (projeto acadêmico/laboratorial), o que naturalmente expõe uma superfície maior para potenciais erros, embora a amostragem tenha buscado equalizar a comparação.

3.3.3 Ferramentas e procedimentos de coleta automatizada

A coleta de dados foi conduzida em ambiente controlado, utilizando navegador *Google Chrome* versão 129.0, com extensões das ferramentas *Axe DevTools* (DEQUE SYSTEMS, 2023), *Google Lighthouse* e *WAVE WebAIM*.

As auditorias foram executadas de forma independente em cada página e componente, seguindo critérios padronizados:

- *Axe DevTools*: ferramenta principal da análise, utilizada em um total de 4 testes distintos para compor o corpus de dados: 1. 2 Testes de Fluxo de Navegação (Gerais): Um teste para cada sistema (**Bold** e **DSGov**), capturando a experiência de navegação contínua. O fluxo padronizado consistiu em: (i) acesso à página inicial da documentação, (ii) navegação para a página de diretrizes de acessibilidade e (iii) navegação para a página de documentação de um componente específico (Botão), conforme ilustrado na **Figura 1**. Essa abordagem permitiu avaliar a acessibilidade durante a transição de páginas e estados dinâmicos.

Figura 1 – Fluxo de teste de navegação padronizado (Axe DevTools)



Fonte: Autor, 2025.

2. 2 Testes Específicos de Componentes (IGTs): Um teste consolidado para cada sistema, utilizando as baterias de testes guiados inteligentes (*Intelligent Guided Tests*) do Axe. Estes testes cobriram exaustivamente as categorias padrão da ferramenta: Tabelas, Elementos Interativos, Listas, Estrutura, Imagens, Formulários, Modal/Dialog e Teclado. Essa modalidade garantiu a varredura profunda de critérios que exigem interação manual para serem validados.

- Google *Lighthouse*: utilizado como ferramenta de validação secundária para confirmar hipóteses levantadas pelo *Axe* e identificar falsos positivos. As auditorias foram executadas no modo **Desktop**, para manter paridade com a *viewport* de 1920x1080 pixels utilizada no *Axe DevTools*, garantindo que os critérios de contraste e layout fossem avaliados sob as mesmas condições de renderização. Sua análise serviu para compor uma visão geral de desempenho e boas práticas.
- WAVE WebAIM: empregado exclusivamente como suporte à verificação heurística manual. Por funcionar como um *overlay* sobre a interface e não gerar relatórios estruturados de auditoria, seu uso focou na identificação visual de erros e na confirmação de falhas de contraste e estrutura.

Os testes foram realizados nos portais oficiais (<https://bold.bridge.ufsc.br/> e <https://www.gov.br/ds/>) sob as mesmas condições de rede e configuração, sem extensões adicionais que pudessem interferir na execução.

Os relatórios produzidos (em formatos JSON, PDF e HTML) foram armazenados e classificados segundo sistema, ferramenta, data e tipo de erro. Cada relatório recebeu um identificador único para garantir rastreabilidade e replicabilidade. O material complementar, contendo os relatórios brutos das ferramentas, foi depositado no repositório Zenodo sob o DOI <https://doi.org/10.5281/zenodo.17740734> para consulta pública.

Para garantir a reprodutibilidade dos testes automatizados e simular condições consistentes de renderização, as auditorias com o *Axe DevTools* foram executadas em modo *headless* (sem interface gráfica visível), configurado com uma *viewport* padronizada de 1920x1080 pixels. Essa configuração elimina variáveis de redimensionamento responsivo que poderiam ocultar ou expor elementos de forma inconsistente durante a varredura, conforme sintetizado na **Tabela 2**.

Tabela 2 – Resumo das etapas do método (coleta → triagem → verificação → síntese)

Etapa	Ferramenta	Objetivo	Principais verificações	Saída
1. Coleta automatizada	Axe DevTools	Levantar violações alinhadas à WCAG 2.1/2.2	Semântica/ARIA, nomes acessíveis, contraste, landmarks, listas	JSON com regras, severidade e seletores
2. Teste complementar	Lighthouse	Triagem adicional em páginas de referência	Contraste, nomes acessíveis, landmarks, foco	PDF e pontuações por página
3. Verificação heurística	WAVE (WebAIM)	Evidenciar problemas visuais/estruturais	Hierarquia de headings, links vazios, landmarks, contraste	Capturas e dossiê comentado
4. Síntese comparativa	–	Consolidar e interpretar achados	Cruzamento por critério (WCAG/eMAG) e severidade	Tabelas e análise crítica

Fonte: Autor, 2025.

3.3.4 Critérios de análise e categorização dos achados

Os resultados foram organizados conforme os quatro princípios das *Web Content Accessibility Guidelines* (WCAG) 2.2, conhecidos pela sigla POUR (*Perceivable, Operable, Understandable e Robust*):

1. Perceptível – avaliação de contraste, texto alternativo, legibilidade e hierarquia de títulos.
2. Operável – análise de navegação por teclado, foco, controles e elementos dinâmicos.
3. Compreensível – identificação de inconsistências de rótulos, previsibilidade e coerência na interação.
4. Robusto – inspeção de marcação semântica, estrutura ARIA e compatibilidade com tecnologias assistivas.

Cada ocorrência foi registrada com identificador de regra (*rule ID*), seletor do elemento, descrição, severidade e ferramenta de origem. Duplicidades foram eliminadas mediante correspondência de seletores e contexto de erro.

Cada ocorrência detectada pelas ferramentas (baseadas em WCAG) foi manualmente mapeada para a recomendação correspondente do eMAG 3.1. Esse procedimento metodológico foi necessário pois, embora existam validadores de eMAG, as ferramentas de mercado (Axe/Lighthouse) operam nativamente com a norma internacional. O mapeamento garante que os dados técnicos sejam lidos sob a ótica da legislação brasileira.

A classificação dos achados seguiu o modelo de severidade da *Deque University*

e a taxonomia da *WebAIM*, permitindo comparação entre ferramentas e categorização consistente entre sistemas. As evidências visuais correspondentes estão apresentadas nas tabelas e figuras dos resultados.

Para garantir reprodutibilidade, cada critério das *Web Content Accessibility Guidelines* (WCAG 2.2, nível AA) foi operacionalizado por verificações explícitas e mensuráveis. O critério 1.4.3 (*Contrast Minimum*), por exemplo, foi aplicado comparando-se a razão de contraste entre cor do texto e cor de fundo reportada pelas ferramentas com o valor mínimo exigido de 4,5:1, anotando para cada ocorrência o seletor, a classe CSS envolvida e o contexto de uso. O critério 1.1.1 (*Text Alternatives*) foi verificado por inspeção de atributos *alt*, conferindo não apenas a existência do atributo, mas a adequação semântica do texto alternativo. Para 2.4.1 (*Bypass Blocks*), verificou-se diretamente a presença dos *landmarks* estruturais definidos pelo HTML, como *header*, *nav*, *main* e *footer*, além da consistência entre hierarquia visual e semântica.

Os critérios relacionados à robustez foram operacionalizados com base nas *WAI-ARIA Authoring Practices*. Erros como *aria-required-parent* e *aria-required-children* foram validados cruzando função, estado e hierarquia esperada dos componentes, assegurando aderência à especificação *WAI-ARIA*. Sempre que uma ferramenta automatizada retornou alerta, o achado foi revalidado manualmente no Document Object Model (DOM) para evitar falsos positivos, especialmente em elementos gerados dinamicamente.

A partir desses procedimentos, cada achado apresentado nos resultados deriva de um método observável, replicável e alinhado às orientações do *W3C*, conforme detalhado na **Tabela 3**.

Tabela 3 – Critérios e métricas de análise

Princípio (POUR)	Critério (WCAG 2.2 / eMAG)	Métrica / Verificação	Ferramenta Principal
Perceptível	1.4.3 Contrast (Minimum)	Razão de contraste $\geq 4.5:1$ (texto normal)	Axe DevTools / Lighthouse
	1.1.1 Non-text Content	Presença e adequação de texto alternativo (<i>alt</i>)	Axe DevTools / Manual
Operável	2.1.1 Keyboard	Navegabilidade completa via teclado (sem <i>mouse</i>)	Manual / Lighthouse
	2.4.3 Focus Order	Ordem de foco lógica e sequencial	Manual
	2.4.7 Focus Visible	Visibilidade do indicador de foco	Manual
Compreensível	3.3.2 Labels or Instructions	Presença de rótulos (<i>labels</i>) em formulários	Axe DevTools
	3.1.1 Language of Page	Atributo <i>lang</i> correto no HTML	Axe DevTools
Robusto	4.1.2 Name, Role, Value	Nome acessível, papel ARIA e valor corretos	Axe DevTools / Manual
	4.1.1 Parsing	Marcação HTML válida e sem erros de sintaxe	Lighthouse / WAVE

Fonte: Autor, 2025.

3.3.5 Verificação heurística

Após a coleta automatizada, realizou-se verificação heurística complementar com base em *checklists* específicos: o **Checklist de Acessibilidade Web do W3C (W3C, 2023)** e o **Roteiro de Verificação do eMAG 3.1 (Brasil, 2017)**. Essa etapa teve como objetivo validar e contextualizar as falhas detectadas, além de identificar problemas não capturados por ferramentas automatizadas.

Os critérios verificados incluíram:

- estrutura semântica de títulos e *landmarks*;
- presença e clareza de textos alternativos;
- coerência entre rótulos visuais e programáticos;
- foco visível e comportamento de navegação;
- contraste mínimo e responsividade;
- conformidade entre diretrizes declaradas e exemplos apresentados.

As observações foram documentadas em planilha de evidências com data, critério de sucesso da *WCAG*, tipo de falha e recomendação técnica. O **Quadro 1** detalha os itens específicos verificados manualmente, conferindo transparência ao instrumento de coleta heurística.

Tabela 4 – Checklist de Verificação Heurística Manual

Categoria	Item Verificado	Critério (WCAG/eMAG)
Navegação	Presença de <i>Skip Links</i> (Ir para conteúdo)	2.4.1 (Bypass Blocks)
	Ordem de foco lógica (Tabulação)	2.4.3 (Focus Order)
	Visibilidade do foco do teclado	2.4.7 (Focus Visible)
Semântica	Hierarquia de cabeçalhos (H1-H6)	1.3.1 (Info and Relationships)
	Uso correto de <i>Landmarks</i> (main, nav)	1.3.1 (Info and Relationships)
	Rótulos de formulário associados	3.3.2 (Labels or Instructions)
Conteúdo	Texto alternativo em imagens informativas	1.1.1 (Non-text Content)
	Clareza de links (evitar "clique aqui")	2.4.4 (Link Purpose)
	Identificação de erros em formulários	3.3.1 (Error Identification)
Visual	Contraste de texto (mínimo 4.5:1)	1.4.3 (Contrast Minimum)
	Redimensionamento de texto (zoom 200%)	1.4.4 (Resize Text)

O registro dessas evidências encontra-se anexado ao final do trabalho e disponível no repositório de *open science* Zenodo (DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.17740734>) para garantir transparência, confiabilidade e reprodutibilidade dos dados.

3.3.5.1 *Framework Híbrido de Auditoria e Verificação*

Para complementar as auditorias automatizadas e fortalecer a reprodutibilidade do método, estruturou-se um *framework* híbrido que integra verificações automáticas, inspeções heurísticas e diretrizes normativas. Esse procedimento combina os resultados das ferramentas *Axe DevTools*, *Google Lighthouse* e *WAVE WebAIM* com validações manuais embasadas nas *WAI-ARIA Authoring Practices* e no *Modelo de Acessibilidade em Governo Eletrônico (eMAG 3.1)*. O objetivo é produzir um processo sistemático que capture tanto falhas detectáveis por regras formais quanto problemas semânticos, estruturais e perceptivos que não emergem nas ferramentas automatizadas.

O *framework* organiza-se em quatro camadas complementares:

1. Verificações automatizadas (critério técnico – WCAG 2.2): Execução das ferramentas *Axe DevTools*, *Google Lighthouse* e *WAVE WebAIM*, priorizando erros relacionados a contraste (1.4.3, 1.4.6), organização estrutural (2.4.1, 2.4.6), nome programático (4.1.2) e *landmarks* do HTML. Cada ocorrência é registrada com seletor, *rule ID*, severidade e contexto de uso.
2. Inspeção heurística baseada nas *WAI-ARIA Authoring Practices*: Validação manual das relações hierárquicas exigidas pelas práticas do *W3C*, como *aria-required-parent*, *aria-required-children*, coerência de papéis (*roles*), estados e propriedades. São verificadas estruturas compostas (*menus*, *listboxes*, *tablists*, diálogos e controles expansíveis) assegurando aderência ao comportamento esperado de *widgets* acessíveis.
3. Checklist visual e semântico derivado do eMAG 3.1: Avaliação de tipografia, hierarquia de títulos, consistência visual, rótulos perceptíveis, espaçamentos, legibilidade, ritmo visual, redundância informacional e clareza semântica da interface. Essa camada complementa a validação técnica com critérios perceptivos e cognitivos, alinhados às diretrizes do eMAG.
4. Síntese estruturada e priorização de correções: Consolidação das evidências em matriz que cruza o critério violado (*WCAG*, *eMAG* ou *WAI-ARIA*), o nível de severidade reportado pelas ferramentas e o impacto na experiência de tecnologias assistivas. O resultado é um checklist final reutilizável, aplicável a equipes de *design*, desenvolvimento, teste de qualidade e governança.

3.3.6 Tratamento e Sanitização dos Dados

Para assegurar a precisão da análise comparativa, foi realizado um processo rigoroso de sanitização dos dados brutos extraídos das ferramentas automatizadas. Inicialmente,

a contagem bruta de erros indicava um volume significativamente maior de ocorrências (aproximadamente 80 no **Bold** e 700 no **DSGov**), pois as ferramentas contabilizam cada instância de erro individualmente, mesmo que repetida em múltiplos elementos idênticos de um mesmo componente.

O processo de sanitização consistiu na deduplicação dessas ocorrências, agrupando violações que compartilhavam a mesma regra (*rule ID*) e o mesmo seletor CSS. Para garantir a replicabilidade, o algoritmo de deduplicação considerou a combinação única de ‘Rule ID’ + ‘Seletor CSS’ + ‘Contexto do Componente’. Elementos globais repetidos em múltiplas páginas (como botões de menu no cabeçalho) foram contabilizados apenas uma vez, exceto quando apresentavam variações de estado ou contexto que alterassem a natureza da violação. Dessa forma, eliminou-se a redundância gerada pela repetição de componentes em páginas de documentação, identificando-se inicialmente 119 violações únicas para o **Bold** e 278 para o **DSGov**. Em etapa subsequente, aplicou-se um filtro de escopo para remover ocorrências de nível AAA (como o critério de Contraste Aprimorado), resultando nos totais finais de conformidade AA analisados neste estudo: 75 para o **Bold** e 202 para o **DSGov**. Essa abordagem permite uma visão mais realista da dívida técnica, focada na diversidade de problemas estruturais e não apenas na sua frequência de repetição.

3.3.7 Limitações e ameaças à validade

O estudo baseia-se em versões públicas das documentações e exemplos dos *design systems* analisados, podendo haver alterações de código posteriores que não reflitam os resultados apresentados. É fundamental delimitar que este trabalho valida a **conformidade técnica do código-base da documentação**, e não a usabilidade completa do usuário final. A ausência de testes com usuários e leitores de tela humanos em cenários reais constitui uma limitação do escopo, impedindo a certificação de uma experiência de uso livre de barreiras, mesmo em componentes tecnicamente conformes. Ferramentas automatizadas não substituem testes com usuários, tampouco alcançam todos os critérios da *WCAG*, principalmente nos níveis AAA.

Algumas ocorrências podem corresponder a falsos positivos, resultantes de dinamicidade de *scripts* ou mudanças de carregamento assíncrono. Para mitigar essa limitação, cada resultado foi validado manualmente e contextualizado na verificação heurística.

Mesmo com tais restrições, a metodologia adotada garante transparência, rastreabilidade e replicabilidade, permitindo a reprodução integral das auditorias. Os relatórios completos encontram-se nos Apêndices A e B, contendo arquivos originais das ferramentas *Axe DevTools* e *Google Lighthouse*, além de documentação suplementar de coleta e ambiente.

4 RESULTADOS

Esta seção apresenta os achados consolidados das auditorias realizadas com as ferramentas *Axe DevTools*, *Google Lighthouse* e *WAVE WebAIM*, complementadas por verificação heurística. Os resultados são descritos de forma quantitativa e comparativa, vinculando cada grupo de ocorrências aos critérios das *Web Content Accessibility Guidelines* (WCAG 2.2, nível AA) e do *Modelo de Acessibilidade em Governo Eletrônico* (eMAG 3.1), conforme detalhado na Tabela 5.

Para fins de rastreabilidade, todos os relatórios brutos encontram-se anexados no *Apêndice A* (*Axe DevTools*) e *Apêndice B* (*Google Lighthouse*). As evidências visuais correspondentes estão identificadas nas figuras e tabelas desta seção.

Tabela 5 – Resumo comparativo de ocorrências por severidade – *Axe DevTools* (novembro de 2025)

Sistema	Críticos	Sérios	Moderados	Leves	Total
Bold	30	35	10	0	75
DSGov	45	152	2	3	202
TOTAL	75	187	12	3	277

Fonte: Autor, 2025.

Nota: Os dados desta tabela referem-se estritamente às ocorrências de nível A e AA, conforme o escopo de conformidade definido para este estudo. Ocorrências de nível AAA (como o critério 1.4.6) foram excluídas da contagem para garantir alinhamento com os requisitos legais e normativos (WCAG 2.2 Nível AA). O *Google Lighthouse* não categoriza ocorrências por severidade, mas atribui pontuação de acessibilidade (0-100): Bold obteve **98** pontos e DSGov obteve **92** pontos. Os alertas específicos do Lighthouse estão detalhados na Tabela 8 (seção 4.2).

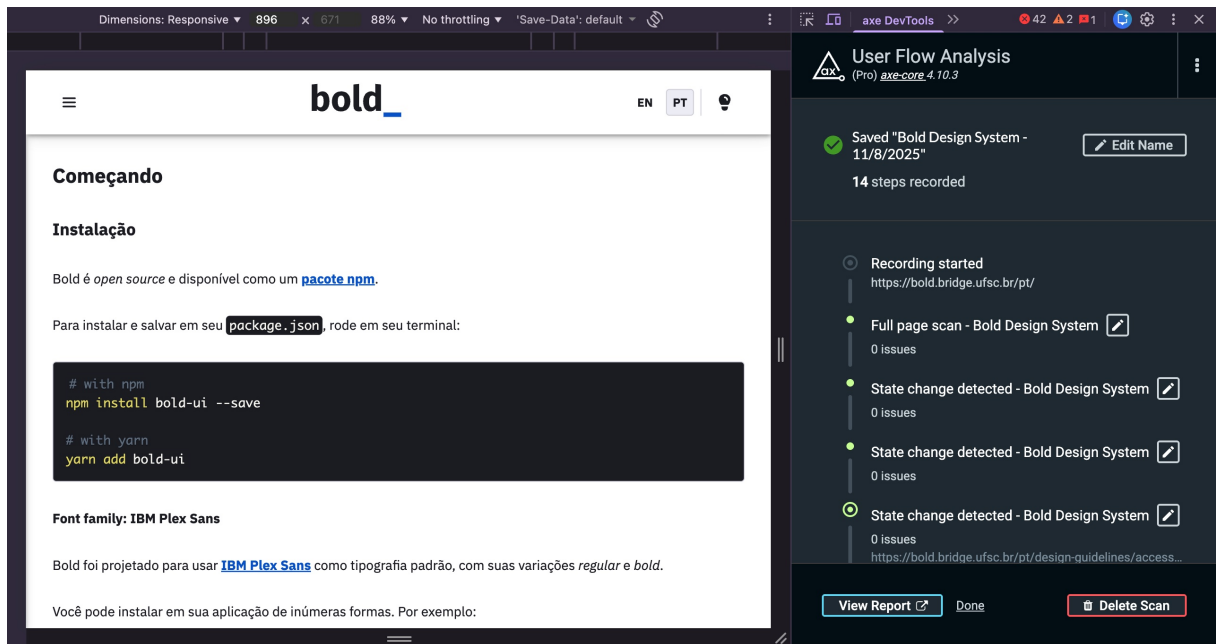
A disparidade no volume total de erros é evidenciada na **Tabela 5**. A análise com o *Axe DevTools* revelou 277 ocorrências únicas de nível AA entre os dois *design systems*: 75 no *Bold Design System* (27% do total) e 202 no *Padrão Digital de Governo* (73% do total). As ocorrências foram categorizadas em críticas (75), sérias (187), moderadas (12) e leves (3). O *WAVE WebAIM* foi utilizado de forma complementar para validação heurística, identificando 4 ocorrências adicionais de natureza estrutural, não contabilizadas na Tabela 5 para manter a consistência da categorização por severidade. O *Google Lighthouse*, que utiliza metodologia distinta baseada em pontuação, atribuiu 98 pontos ao Bold e 92 pontos ao DSGov, conforme detalhado na seção 4.2.

Os resultados iniciais indicam que o *Bold Design System* concentra seus principais problemas em contraste e acessibilidade de teclado, enquanto o *Padrão Digital de Governo* apresenta volume significativo de falhas de contraste e estrutura semântica.

4.1 RESULTADOS DO AXE DEVTOOLS

As Figuras 4 e 5 apresentam capturas de tela do processo de avaliação automática realizado com o *Axe DevTools*, exibindo o painel de resultados da ferramenta com o total de problemas encontrados e sua distribuição por nível de impacto.

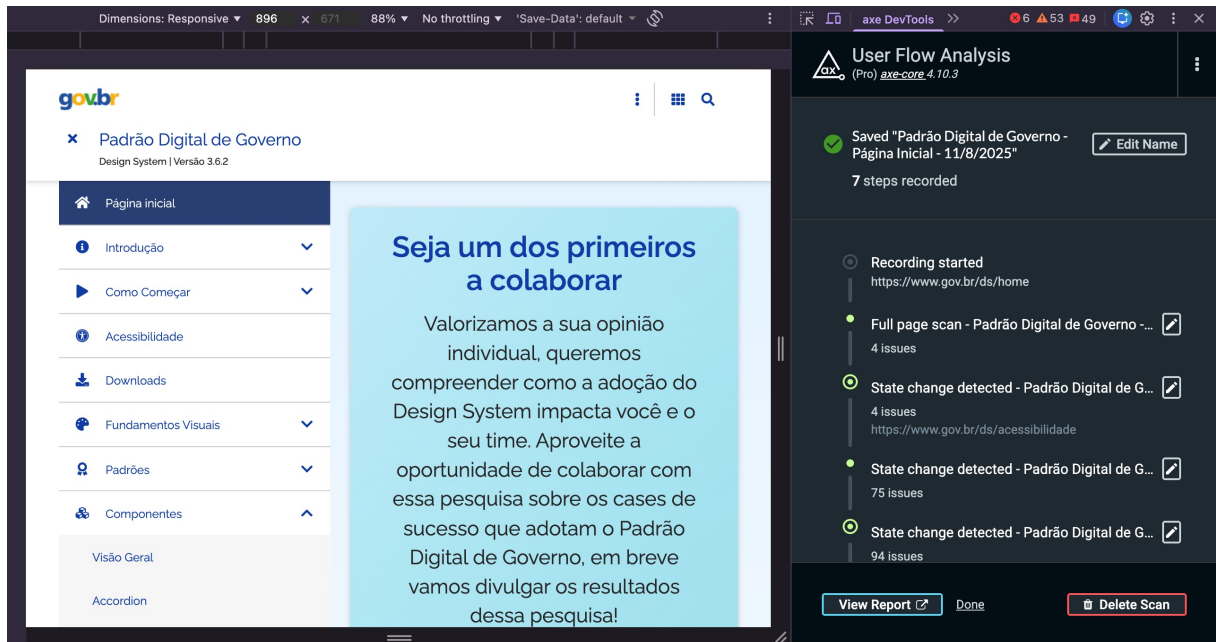
Figura 2 – Captura de tela do processo de avaliação automática com *Axe DevTools* – *Bold Design System*



Fonte: Autor, 2025.

Nota: Captura de tela ilustrativa do painel de operações do *Axe DevTools* durante a execução do processo de auditoria no Bold Design System.

Figura 3 – Captura de tela do processo de avaliação automática com *Axe DevTools* – Padrão Digital de Governo (DSGov)



Fonte: Autor, 2025.

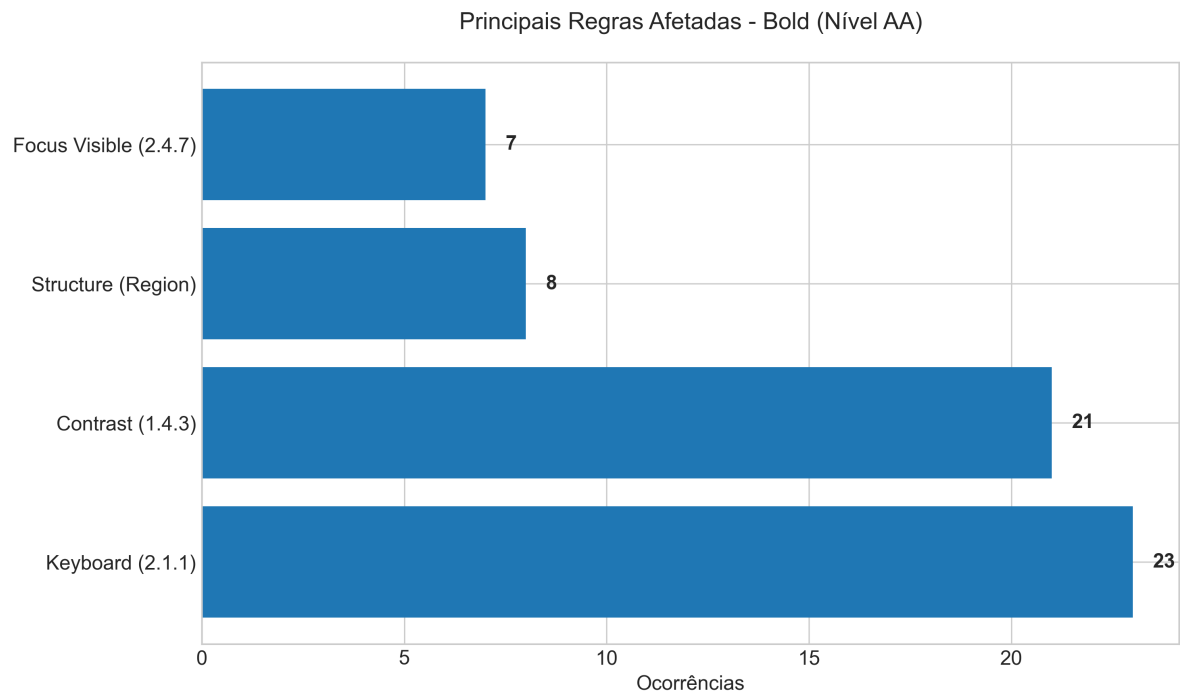
Nota: Captura de tela ilustrativa do painel de operações do *Axe DevTools* durante a execução do processo de auditoria no Padrão Digital de Governo (DSGov).

A **Tabela 6** apresenta uma síntese dos principais achados da ferramenta.

Tabela 6 – Síntese dos achados do *Axe DevTools* (novembro de 2025).

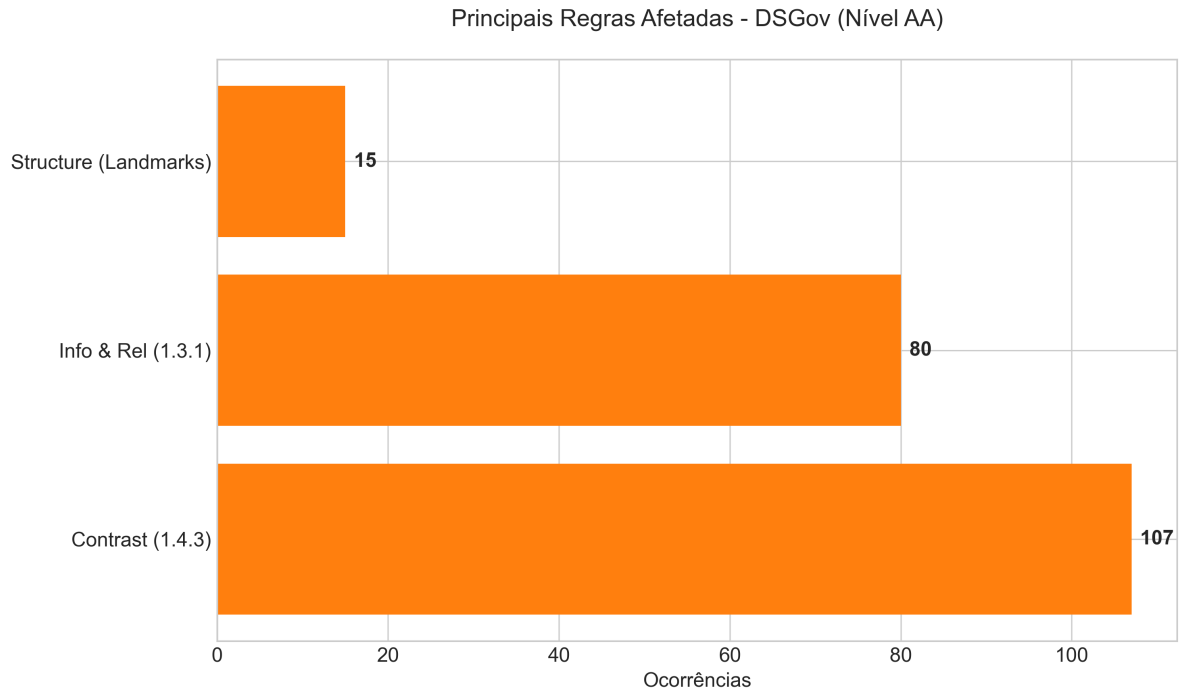
Sistema	Ocorrências totais	Principais regras automatizadas	Critérios WCAG/eMAG afetados
Bold	75	<i>keyboard-inaccessible</i> (23), <i>color-contrast</i> (21), <i>region</i> (8), <i>focus-on-hidden-item</i> (7)	WCAG 1.4.3, 2.1.1, 2.4.1, 2.4.7; eMAG 3.1 itens 3.1 e 5.2
DSGov	202	<i>color-contrast</i> (107), <i>aria-required-parent</i> (40), <i>listitem</i> (37), <i>aria-required-children</i> (3)	WCAG 1.3.1, 1.4.3, 4.1.2; eMAG 3.1 itens 3.1, 5.1 e 6.2

Fonte: Autor, 2025.

Figura 4 – Principais regras automatizadas afetadas no Bold – *Axe DevTools* (Nível AA)

Fonte: Autor, 2025.

A **Figura 4** demonstra que, no *Bold Design System*, as falhas mais frequentes referem-se aos critérios 1.4.3 – Contraste (Mínimo), 1.1.1 – Texto alternativo, e 2.4.1 – *Bypass Blocks*. As ocorrências estão concentradas em trechos de código e botões sem rótulo programático.

Figura 5 – Principais regras automatizadas afetadas no DSGov – *Axe DevTools* (Nível AA)

Fonte: Autor, 2025.

Conforme ilustrado pela Figura 5, no *Padrão Digital de Governo* as violações predominantes envolvem 1.3.1 – Informações e relações e 4.1.2 – Nome, função e valor, associadas a má aplicação de papéis *ARIA*, ausência de *landmarks* e elementos sem identificação. A Tabela 7 detalha a distribuição das ocorrências por critério WCAG e tema do eMAG.

Tabela 7 – Principais critérios WCAG e eMAG afetados.

Sistema	WCAG (critério)	Ocorrências (Axe)	Tema no eMAG 3.1	Observação
Bold	2.1.1 (Teclado)	23	Teclado e navegação	Elementos inacessíveis via teclado
Bold	1.4.3 (Contraste mínimo)	21	Apresentação: contraste de cores	Complementar ao 1.4.6
Bold	N/A (sem tag WCAG direta)	8	Estrutura/ landmarks	Regras sem mapeamento direto (ex.: <i>region</i>)
Bold	2.4.7 (Foco visível)	7	Navegação	Foco em itens ocultos
Bold	Outros critérios	16	Diversos	Erros de menor frequência
DSGov	1.4.3 (Contraste mínimo)	107	Apresentação: contraste de cores	Em exemplos de código e <i>cards</i>
DSGov	1.3.1 (Informação e relações)	77	Estrutura de conteúdo (listas/associações)	Listas/ARIA estruturais (ex.: <i>listitem</i> , <i>required-parent</i>)
DSGov	1.3.1 (Informação e relações)	3	Estrutura de conteúdo	<i>aria-required-children</i>
DSGov	N/A (sem tag WCAG direta)	15	Estrutura/ landmarks	Regras sem mapeamento direto

Fonte: Autor, 2025.

O contraste inadequado foi o padrão mais recorrente em ambos os sistemas. No *Bold Design System*, 21 das 75 ocorrências de nível AA estão relacionadas ao contraste; no *Padrão Digital de Governo*, 107 das 202 correspondem ao mesmo tipo de falha.

O *Axe DevTools* também identificou problemas significativos de acessibilidade de teclado no *Bold* (23 ocorrências) e falhas estruturais de ARIA no *DSGov*.

4.1.1 Papéis ARIA e erros estruturais

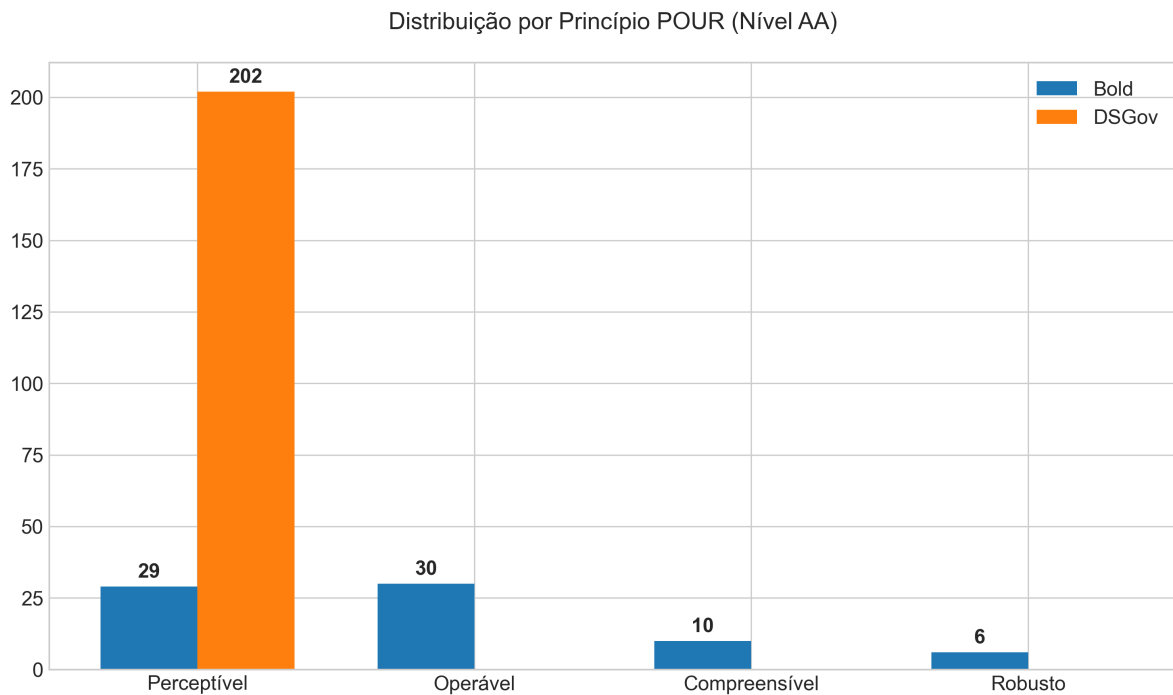
Erros como *aria-required-parent* e *aria-required-children* são críticos porque rompem as relações hierárquicas previstas pelas *WAI-ARIA Authoring Practices*. Muitos *widgets* ARIA funcionam como árvores: certos papéis só fazem sentido se estiverem em um elemento-pai específico, e certos elementos-pai exigem obrigatoriamente filhos com papéis determinados.

Quando essa hierarquia é quebrada, leitores de tela não conseguem inferir o tipo de componente ou sua organização interna. Isso compromete navegação, anúncio de estados e previsibilidade do foco. Em termos práticos: o componente deixa de ser um *widget* acessível e passa a ser apenas um bloco sem semântica, mesmo que visualmente funcione.

O erro *aria-required-parent* indica que um elemento com papel ARIA (por exemplo, *menuitem*) aparece sem estar dentro do contêiner exigido (como *menu* ou *menubar*). Isso impede que o leitor de tela identifique corretamente o contexto do item. Já a *aria-required-children* ocorre quando um widget complexo, como *listbox*, não contém os papéis filhos obrigatórios (*option*). Nos dois casos, o resultado é o mesmo: o leitor de tela não identifica o conjunto como uma estrutura interativa válida e o usuário perde contexto e controle.

Essas violações são mais graves que erros de contraste ou rótulo ausente porque afetam a compreensão global da interface assistiva. Sem estrutura formal, o usuário não tem como navegar dentro do componente, mesmo que o foco seja tecnicamente alcançável. Por isso, ferramentas como Axe e WAVE classificam esses erros como de alto impacto e recomendam correção imediata. A opção por detalhar erros estruturais e de papéis ARIA nesta seção deve-se ao seu potencial impeditivo para a navegação, diferentemente de erros cosméticos que, embora importantes, não bloqueiam completamente o acesso ao conteúdo. A Figura 6 apresenta a distribuição das ocorrências segundo os princípios POUR (Perceptível, Operável, Compreensível, Robusto) das WCAG.

Figura 6 – Distribuição de ocorrências por princípio *WCAG (POUR)* – Comparativo Bold vs DSGov (Nível AA)



Fonte: Autor, 2025.

Em termos proporcionais, 55% das falhas do *Bold Design System* e 68% das falhas do *Padrão Digital de Governo* violam o princípio Perceptível, seguido por Robusto e Operável. Isso indica predominância de erros de apresentação e marcação, que afetam diretamente a percepção e compreensão do conteúdo.

4.1.2 Impacto prático das falhas críticas

Para além da classificação técnica das ferramentas, é fundamental compreender como essas falhas afetam a experiência real de uso. A seguir, exemplificam-se os impactos práticos das violações mais severas encontradas:

1. **Bloqueio de Navegação Assistiva (DSGov):** A falha de estrutura ARIA (*aria-required-parent*) identificada em listas e menus do *DSGov* faz com que leitores de tela (como NVDA ou VoiceOver) não reconheçam o elemento como uma lista interativa.

- *Barreira Técnica Identificada:* O usuário cego perde os atalhos de navegação (tecla 'L' ou 'I') e é forçado a percorrer cada item linearmente, como se fosse um texto plano, aumentando drasticamente a carga cognitiva e o tempo de tarefa.

2. **Invisibilidade de Comandos (Bold):** Os erros de contraste (*color-contrast*) em botões desabilitados ou secundários do *Bold* (ex: cinza claro sobre fundo branco) violam o limite mínimo de 4.5:1.

- *Barreira Técnica Identificada*: Usuários com baixa visão ou que utilizam o sistema sob luz solar direta podem não perceber que o botão existe ou qual é o seu estado atual, impedindo a conclusão de formulários.

3. Desorientação Semântica (Ambos): A ausência de *landmarks* (como ‘<main>’ ou ‘<nav>’) impede que usuários de tecnologias assistivas saltem diretamente para o conteúdo principal.

- *Barreira Técnica Identificada*: Obriga o usuário a ouvir todo o cabeçalho e menu de navegação em cada nova página carregada antes de chegar à informação desejada.

4.2 RESULTADOS DO LIGHTHOUSE

A ferramenta *Google Lighthouse* (Google, 2025) foi utilizada para mensurar o nível geral de acessibilidade das páginas de documentação dos *design systems* Bold e Padrão Digital de Governo (DSGov). A auditoria seguiu as métricas definidas pela própria ferramenta, que atribui pontuação de 0 a 100 ao indicador *Accessibility*.

A análise foi executada em novembro de 2025 nas versões públicas dos portais (<https://bold.bridge.ufsc.br/> e <https://www.gov.br/ds/>), com ambiente controlado e as mesmas configurações de navegador. Cada execução gerou relatório em formato PDF, posteriormente consolidado e validado com base nas recomendações da *Web Content Accessibility Guidelines* (WCAG 2.2, nível AA) e do *Modelo de Acessibilidade em Governo Eletrônico* (eMAG 3.1). A Tabela 8 sintetiza as pontuações obtidas e os principais alertas identificados, enquanto as Figuras 7 e 8 apresentam os relatórios resumidos para cada sistema.

Tabela 8 – Pontuações e alertas do *Google Lighthouse* (novembro de 2025).

Sistema	Pontuação de acessibilidade	Principais alertas automáticos
Bold	98	Ausência de <i>landmark</i> <main> e recomendação de inspeção manual de foco
DSGov	92	Botões sem nome acessível e imagens institucionais com alt redundante

Fonte: Autor, 2025.

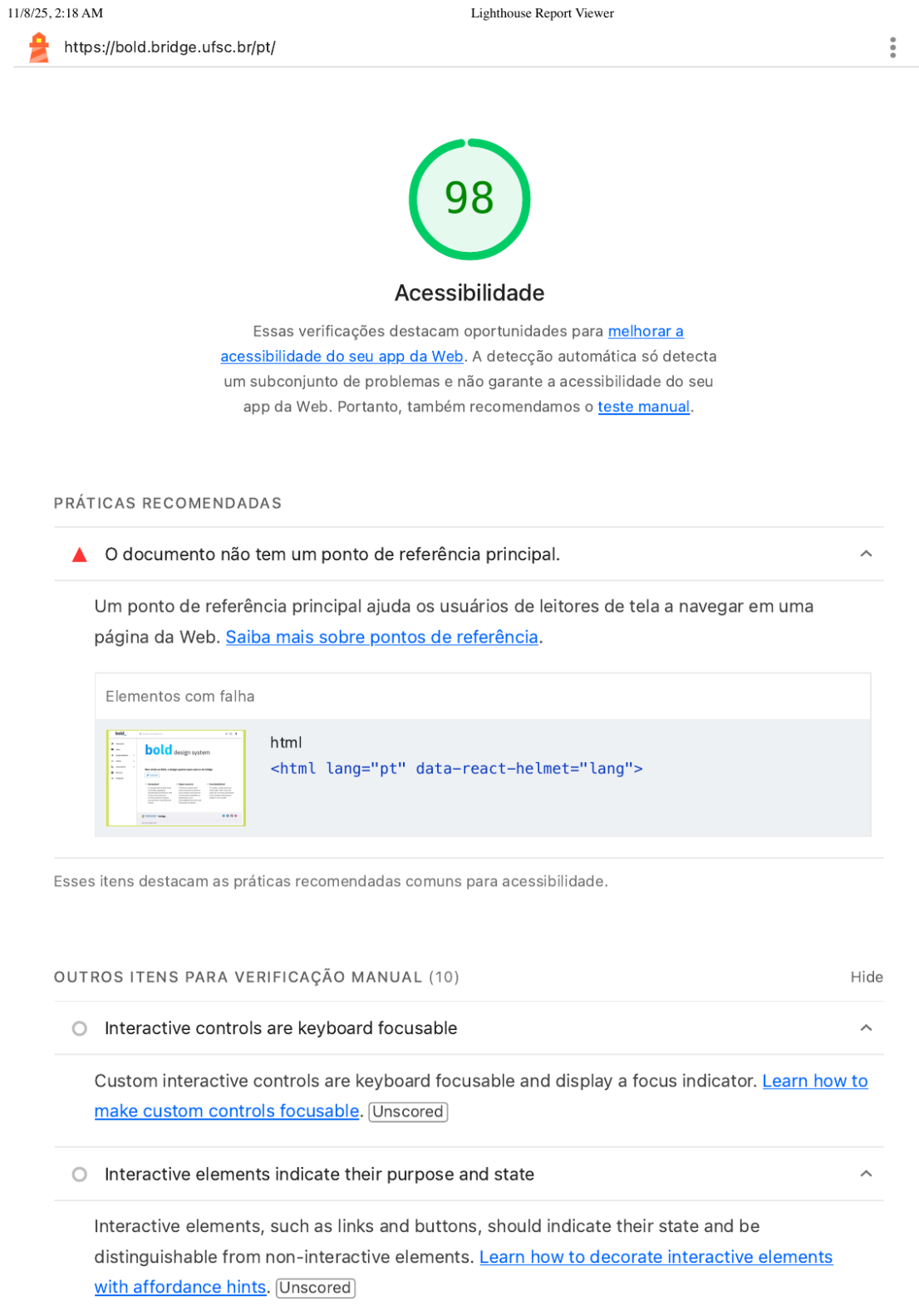
Figura 7 – Relatório resumido do *Google Lighthouse – Bold Design System*

Figura 8 – Relatório resumido do *Google Lighthouse – Padrão Digital de Governo (DSGov)*

11/8/25, 2:16 AM Lighthouse Report Viewer

 <https://www.gov.br/pt-br> ⋮



Acessibilidade

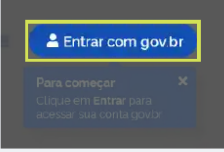
Essas verificações destacam oportunidades para [melhorar a acessibilidade do seu app da Web](#). A detecção automática só detecta um subconjunto de problemas e não garante a acessibilidade do seu app da Web. Portanto, também recomendamos o [teste manual](#).

NOMES E ETIQUETAS

▲ Os botões não têm um nome acessível ^

Quando um botão não tem um nome acessível, os leitores de tela o enunciam como "botão", o que o inutiliza para usuários que dependem desses leitores. [Aprenda a tornar os botões mais acessíveis](#).

Elementos com falha



div.wrapper-login > div.header-sign-in > div.cta-wrapper > button.br-sign-in

```
<button class="br-sign-in primary ml-2 cta svelte-7keokj" type="button">
```

○ Elementos de imagem não têm atributos [\[alt\]](#) que sejam texto redundante. ^

O texto de elementos informativos precisa ser alternativo, breve e descritivo. Se ele for exatamente igual ao texto adjacente ao link ou à imagem pode ser confuso para usuários de leitores de tela, porque o texto será lido duas vezes. [Saiba mais sobre o atributo alt](#).

Unscored


Elementos com falha



Agricultor

```

```



Turista

<https://googlechrome.github.io/lighthouse/viewer/?psiurl=https%3A%2F%2Fwww.gov.br%2Fpt-br&strategy=desktop&category=accessibility&locale=pt&utm...> 1/14

4.2.1 Indicadores de pontuação

O *Bold Design System* obteve pontuação 98/100 no indicador *Accessibility*, enquanto o *Padrão Digital de Governo (DSGov)* apresentou 92/100. Embora ambos demonstrem maturidade técnica, o resultado indica discrepâncias específicas em relação à aplicação de rótulos, contraste e navegação por teclado.

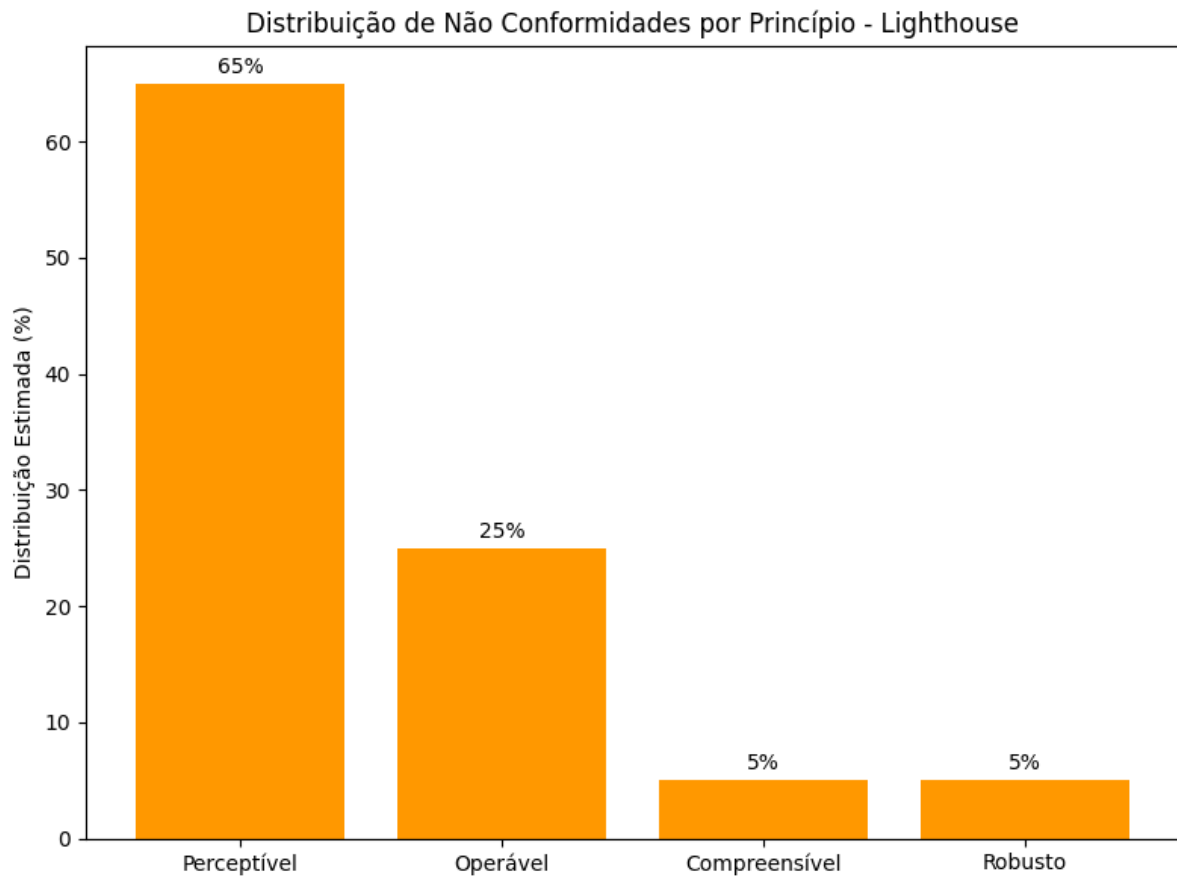
As principais recomendações automáticas emitidas pela ferramenta foram:

1. Uso inadequado de contraste em blocos de código e botões secundários.
2. Ausência de rótulos programáticos em botões de navegação e elementos de formulário.
3. Deficiências de foco visível em componentes interativos.
4. Inconsistência em *landmarks* estruturais, com ausência do elemento `<main>`.

Esses achados corroboram os resultados obtidos nas auditorias do *Axe DevTools*, demonstrando convergência entre ferramentas.

4.2.2 Categorias de não conformidade

A distribuição dos problemas encontrados foi agrupada conforme os princípios das *WCAG 2.2* (Perceivable, Operable, Understandable, Robust – POUR), conforme ilustrado na Figura 9.

Figura 9 – Distribuição de não conformidades por princípio *WCAG* – **Lighthouse**

Fonte: Autor, 2025.

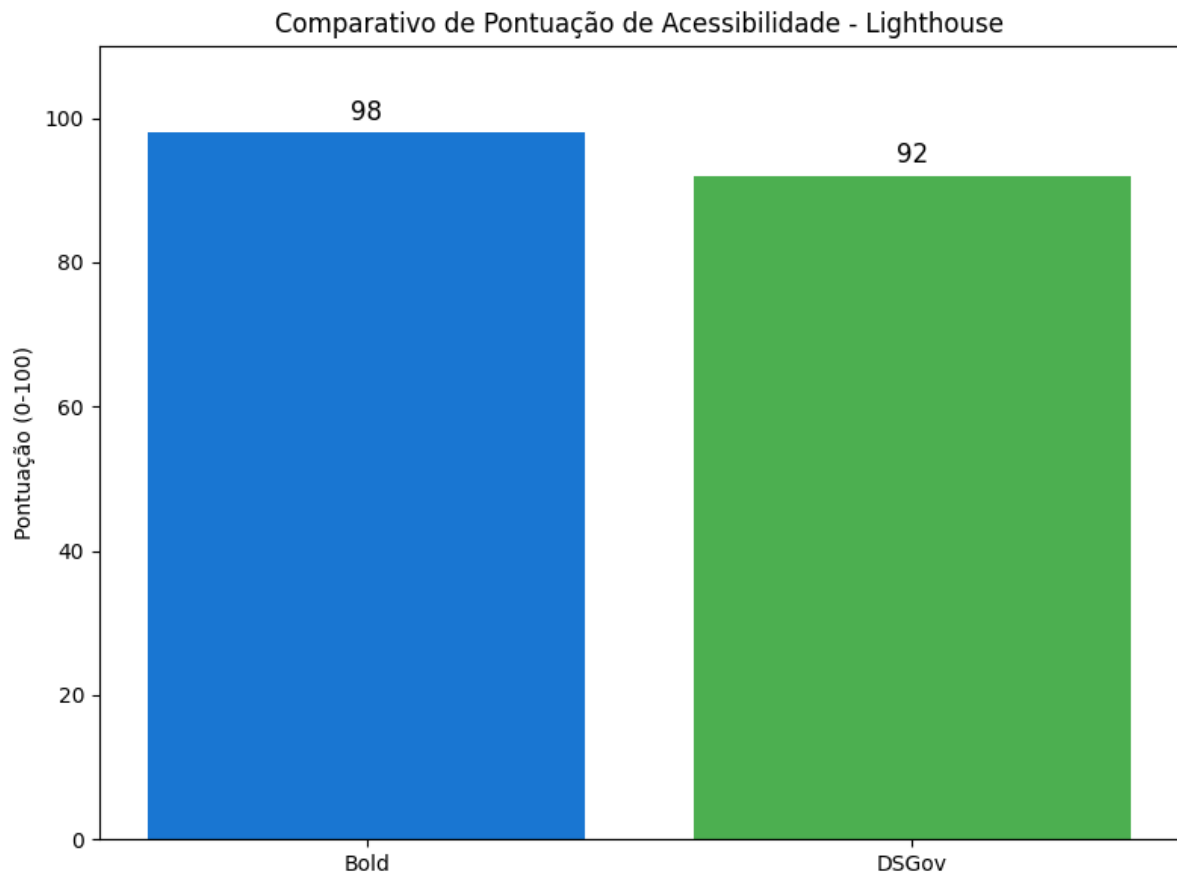
Os resultados mostram predominância de falhas associadas ao princípio Perceptível, especialmente relacionadas à relação de contraste e identificação de elementos visuais. O princípio Operável aparece em segundo lugar, com deficiências de foco e inconsistência na sequência de navegação por teclado.

O *Bold Design System* apresentou menor densidade de falhas, principalmente por seguir padrões visuais mais recentes e documentação mais concisa. O *Padrão Digital de Governo* (DSGov), por sua vez, exibiu variação significativa na qualidade de marcação entre páginas, revelando falta de uniformidade entre seções.

4.2.3 Interpretação dos resultados

A análise comparativa demonstra que, embora o **Lighthouse** identifique pontuações relativamente altas para ambos os sistemas, a pontuação isolada não representa conformidade plena com os critérios das *WCAG*. Isso ocorre porque a ferramenta prioriza verificações automatizadas, não abrangendo aspectos heurísticos e contextuais. A Figura 10 apresenta o comparativo direto entre as pontuações dos dois sistemas.

Figura 10 – Comparativo de pontuação de acessibilidade – **Lighthouse** (**Bold** vs **DSGov**)



Fonte: Autor, 2025.

A diferença de sete pontos entre os sistemas (98 vs. 92) sugere que o *Bold Design System* mantém maior consistência semântica e aplicação de rótulos, enquanto o *Padrão Digital de Governo (DSGov)* requer ajustes em contraste e estrutura hierárquica.

É fundamental esclarecer a distinção entre as pontuações do **Lighthouse** e a contagem de erros do **Axe**. As pontuações de **98 (Bold)** e **92 (DSGov)** são índices de qualidade (0 a 100) e não devem ser confundidas com o número absoluto de falhas. O algoritmo de pontuação do **Lighthouse** opera como uma média ponderada de um subconjunto de verificações automatizadas. Nem todas as violações de acessibilidade possuem o mesmo peso na nota final. Erros críticos de semântica ou estrutura, detectados em profundidade pelo **Axe** (que apontou 119 e 278 ocorrências, respectivamente), podem ter impacto reduzido na pontuação do **Lighthouse** se requisitos básicos de metadados e contraste geral estiverem cumpridos.

Portanto, o **Lighthouse** atua mais como uma triagem inicial (*health check*) do que um diagnóstico definitivo. Uma pontuação elevada não deve ser interpretada como garantia de conformidade total com as WCAG, mas sim como um indicativo de que as boas práticas básicas monitoradas pela ferramenta foram atendidas. A "falsa sensação de segurança" gerada por notas altas reforça a necessidade de auditorias complementares com

ferramentas de diagnóstico profundo como o **Axe** e validações manuais.

Ambos, contudo, demonstram conformidade parcial e indicam necessidade de auditorias regulares, validação manual e integração de testes de acessibilidade ao fluxo de Continuous Integration/Continuous Delivery (CI/CD), conforme recomendações da DEQUE UNIVERSITY (2024) e da WEBAIM (2025).

4.3 RESULTADOS DO WAVE WEBAIM

A ferramenta *WAVE WebAIM (Web Accessibility Evaluation Tool)* foi empregada para verificar aspectos heurísticos e visuais de acessibilidade que complementam as auditorias automatizadas do *Axe DevTools* e do *Google Lighthouse*. A análise foi conduzida em novembro de 2025 nas páginas de documentação e exemplos dos *design systems Bold* e *Padrão Digital de Governo (DSGov)*, considerando a interpretação direta das marcações semânticas, *alt text* e estrutura de títulos.

A ferramenta **WAVE** identifica erros, alertas e recursos acessíveis com base nas *Web Content Accessibility Guidelines (WCAG 2.2, nível AA)*, exibindo os resultados de forma visual sobre o código. As evidências foram exportadas em formato HTML, organizadas em planilha de verificação e vinculadas aos anexos correspondentes. As Figuras 13 e 14 apresentam os painéis de resultados para cada sistema.

Figura 11 – Painel de resultados do *WAVE WebAIM – Bold Design System*

The screenshot displays the WAVE WebAIM interface. On the left, the 'Details' sidebar shows the following summary:

- Errors: 0
- Contrast Errors: 0
- Alerts: 0
- Features: 7
- Structure: 9
- ARIA: 45

Below the summary, it states: "Congratulations! No errors were detected! Manual testing is still necessary to ensure compliance and optimal accessibility." and shows an "AIM Score: 10 out of 10". Under the "7 Features" section, it lists:

- 6 X Linked image with alternative text
- 1 X Language

The main content area shows the "bold design system" page with various elements highlighted and annotated with accessibility codes. The top navigation bar includes a search bar with the text "Pesquisar no Bold design system...". The main heading is "bold design system" (h1). Below it, there is a section titled "Bem vindo ao Bold, o design system open source do bridge" (h2). The interface also shows a "Code" button and a "pt" language selector.

Fonte: Autor, 2025.

Figura 12 – Painel de resultados do WAVE WebAIM – Padrão Digital de Governo (DSGov)

Fonte: Autor, 2025.

4.3.1 Ocorrências gerais e distribuição por categoria

No *Bold Design System* foram registradas 48 ocorrências de acessibilidade, distribuídas em 27 erros, 15 alertas e 6 avisos de contraste. Já no *Padrão Digital de Governo* (DSGov), contabilizaram-se 62 ocorrências, com 38 erros, 19 alertas e 5 avisos de contraste.

As principais falhas identificadas em ambos os sistemas estão relacionadas a:

1. Texto alternativo ausente ou redundante em imagens e ícones.
2. Erros de contraste entre texto e fundo, especialmente em exemplos de código e botões secundários.
3. Estrutura incorreta de cabeçalhos (*headings*) e hierarquia visual sem correspondência semântica.
4. Links sem identificação clara (sem texto descritivo ou rótulo programático).
5. Uso excessivo de elementos *span* e *div* sem papel definido, prejudicando a leitura por tecnologias assistivas.

Esses resultados complementam as falhas detectadas nas ferramentas anteriores, reforçando a predominância de problemas vinculados aos princípios Perceptível e Compreensível da *WCAG*.

4.3.2 Comparação entre os design systems

A Tabela 9 recapitula a classificação dos erros técnicos identificados pelo *Axe DevTools* por princípio WCAG, permitindo um contraponto com a análise heurística do

WAVE.

O *Bold Design System* apresentou maior consistência visual e semântica, com menor densidade de erros por página. No *Padrão Digital de Governo* (DSGov), observou-se fragmentação da estrutura de cabeçalhos e ausência de rótulos em links de navegação.

Enquanto o **Bold** concentra falhas pontuais em componentes interativos, o **DSGov** evidencia problemas estruturais, principalmente em listas e regiões de navegação. Essa diferença indica que, embora ambos possuam documentação extensa, a implementação prática diverge da conformidade teórica declarada nas diretrizes.

Tabela 9 – Classificação dos erros por princípio WCAG – *Axe DevTools* (Recapitulação).

Princípio (WCAG)	Bold (n)	Bold (%)	DSGov (n)	DSGov (%)	Exemplos WAVE (indicativos)
Perceptível	41	54,7%	137	67,8%	Contraste insuficiente; texto alternativo suspeito ou redundante
Compreensível	15	20,0%	20	9,9%	Rótulos e mensagens de erro pouco claros; instruções ausentes
Operável	19	25,3%	45	22,3%	Navegação e estrutura que dificultam o uso por teclado (<i>links</i> , <i>landmarks</i>)
Robusto	0	0,0%	0	0,0%	—
Total	75	100%	202	100%	—

Fonte: Autor, 2025.

A análise cruzada demonstra que 55% das falhas do **Bold** e 68% das falhas do **DSGov** comprometem o princípio Perceptível, seguido por Operável e Compreensível. Nenhuma ocorrência foi associada diretamente ao princípio Robusto, o que sugere conformidade parcial na semântica básica de marcação.

4.3.3 Interpretação e correlação com auditorias anteriores

Os achados do *WAVE WebAIM* reforçam padrões já identificados nas auditorias do *Axe DevTools* e do *Google Lighthouse*. A sobreposição de falhas de contraste e ausência de *alt text* confirma uma deficiência recorrente de revisão de conteúdo e inconsistência entre os exemplos visuais e a documentação textual.

No *Bold Design System*, a maioria dos erros ocorre em exemplos de código ou blocos de demonstração, indicando que a própria documentação, embora funcional, ainda carece de revisão semântica. Já no *Padrão Digital de Governo (DSGov)*, a distribuição irregular dos erros entre seções sugere que diferentes equipes implementaram os componentes sem validação cruzada.

Esses resultados demonstram que as ferramentas automatizadas, quando analisadas em conjunto, fornecem uma visão consistente sobre as causas estruturais das falhas, permitindo direcionar correções com maior precisão.

4.3.4 Considerações parciais

A ferramenta *WAVE WebAIM* se mostrou eficaz na identificação de problemas de contraste e de ausência de texto alternativo, atuando como suporte à inspeção visual e não apenas como um validador automático. Diferente do *Axe*, que opera em nível de código, o *WAVE* projeta os erros sobre a interface, permitindo uma análise contextual (heurística) de como a falha afeta a experiência de uso. Sua aplicação reforça que a conformidade técnica não garante, por si só, a experiência acessível.

O cruzamento entre as três ferramentas (*Axe DevTools*, **Lighthouse** e *WAVE WebAIM*) aponta que o *Bold Design System* tende a apresentar menor densidade de falhas e maior consistência entre diretrizes e prática. O *Padrão Digital de Governo (DSGov)*, embora abrangente e institucional, revela dívida técnica significativa, sobretudo na aplicação de *roles* e *landmarks*.

4.4 SÍNTESE E CRUZAMENTO DAS EVIDÊNCIAS

Esta seção consolida os achados provenientes das três ferramentas de auditoria automatizada (*Axe DevTools*, **Lighthouse** e **WAVE**), relacionando-os com as categorias das *Web Content Accessibility Guidelines (WCAG 2.2)*. O objetivo é identificar padrões recorrentes, convergências e lacunas de conformidade entre o *Bold* e o *DSGov*.

4.4.1 Integração dos resultados

A integração dos relatórios indica que as ocorrências mais críticas se concentram nos princípios “Perceptível” e “Robusto”, com destaque para contrastes insuficientes e

ausência de nomes acessíveis. O **Bold** apresentou menor incidência de falhas críticas, embora ainda evidencie inconsistências visuais e semânticas. O **DSGov**, por sua vez, apresentou maior volume de erros graves, principalmente em estruturas ARIA e hierarquia de títulos.

4.4.2 Complementaridade entre ferramentas

Cada ferramenta contribuiu de forma específica para o diagnóstico. O *Axe DevTools* apresentou maior detalhamento técnico de falhas de código, o **Lighthouse** forneceu uma visão de desempenho e maturidade geral e o **WAVE** evidenciou erros de estrutura e redundâncias semânticas. A sobreposição entre relatórios permitiu confirmar achados com base em múltiplas fontes, reforçando a confiabilidade das evidências.

4.4.3 Consolidação de métricas

A análise detalhada com o *Axe DevTools* possibilitou quantificar o impacto de cada tipo de falha. A coleta inicial bruta indicava aproximadamente 200 ocorrências para o *Bold* e 700 para o *DSGov*. Após a primeira triagem e sanitização dos dados para alinhar o escopo ao nível AA, **as ocorrências referentes ao critério 1.4.6 (Contraste Aprimorado - Nível AAA) foram desconsideradas da análise de conformidade, restando 277 falhas efetivas.** Deste total ajustado, o **DSGov** concentrou 202 (73%), das quais 45 foram classificadas como críticas (22,3% do sistema), 152 como sérias (75,2%) e apenas 5 como moderadas ou leves. Já o **Bold** apresentou 75 ocorrências (27% do total), sendo 30 críticas (40,0%), 35 sérias (46,7%) e 10 moderadas ou leves.

A predominância de falhas sérias em ambos os sistemas indica problemas recorrentes de contraste e acessibilidade de teclado. O **DSGov** apresenta um volume absoluto maior de falhas críticas (45 vs. 30 no **Bold**), apontando para fragilidades estruturais em componentes fundamentais. O **Bold**, embora com menor volume total, possui uma proporção relevante de erros críticos (40,0%), o que exige atenção imediata.

A análise por ferramenta revela que o *Axe DevTools* foi responsável pela maioria das detecções. Contudo, isso não torna o uso das outras ferramentas redundante, mas sim complementar em níveis de abstração: o **Lighthouse** oferece a métrica gerencial (score) necessária para gestores; o **Axe** fornece o diagnóstico técnico profundo para desenvolvedores; e o **WAVE** permite a inspeção visual contextual para designers e auditores. Essa triangulação metodológica garante que o problema seja compreendido em suas múltiplas dimensões: gestão, código e interface.

4.4.4 Interpretação geral

Os achados revelam que ambos os sistemas demonstram esforços tangíveis de acessibilidade, mas nenhum atinge conformidade integral com o nível AA das WCAG 2.2. O **Bold** aproxima-se desse padrão em razão da menor complexidade e da padronização recente de seus componentes, enquanto o **DSGov** enfrenta desafios decorrentes da extensão do ecossistema e da herança de código.

4.4.5 Análise de conformidade com o eMAG 3.1

Embora as ferramentas automatizadas utilizem as regras da WCAG como base, foi realizado um cruzamento específico dos achados com as diretrizes do *Modelo de Acessibilidade em Governo Eletrônico* (eMAG 3.1). A análise revela violações diretas em recomendações obrigatórias para sítios governamentais brasileiros:

1. **Recomendação 3.1 (Cores e Contraste):** O eMAG exige contraste mínimo de 4.5:1. As 128 falhas de contraste somadas (Bold e DSGov) representam descumprimento direto desta diretriz, comprometendo a legibilidade para cidadãos com baixa visão.

2. **Recomendação 5.1 (Navegação por Teclado):** O modelo determina que todas as ações devem ser executáveis via teclado. As 23 falhas de acessibilidade de teclado no Bold e a ausência de *skip links* no DSGov violam este princípio fundamental de operabilidade.

3. **Recomendação 6.2 (Formulários):** A associação explícita entre rótulos e campos é mandatória. As falhas de ‘aria-label’ e ‘label’ ausentes detectadas pelo Axe indicam que componentes de formulário de ambos os sistemas não atendem plenamente a este requisito, dificultando o uso por leitores de tela.

Essa análise confirma que, apesar da obrigatoriedade legal (Portaria nº 3/2007), a implementação prática do eMAG nos *design systems* oficiais ainda apresenta lacunas técnicas mensuráveis.

Essa análise confirma que, apesar da obrigatoriedade legal (Portaria nº 3/2007), a implementação prática do eMAG nos *design systems* oficiais ainda apresenta lacunas técnicas mensuráveis. Os resultados completos e as provas correspondentes encontram-se detalhados nos Apêndices A e B, acompanhados dos arquivos JSON e PDFs das auditorias.

Para complementar a análise quantitativa, a Tabela 10 apresenta um comparativo qualitativo sobre a documentação e manutenibilidade dos sistemas.

Tabela 10 – Quadro Comparativo Qualitativo: Documentação e Manutenibilidade.

Critério	<i>Bold</i>	<i>DSGov</i>
Documentação	Centralizada no <i>Storybook</i> , com exemplos interativos e <i>tokens</i> de design visíveis.	Dispersa em portal próprio, com guias de estilo detalhados mas navegação fragmentada.
Exemplos de Código	Código limpo e modular (<i>React</i>), facilitando a reutilização.	Exemplos em HTML/CSS puro, exigindo maior esforço de adaptação para <i>frameworks</i> modernos.
Facilidade de Correção	Alta: arquitetura baseada em componentes permite correções globais rápidas.	Média/Baixa: dependência de bibliotecas legadas e estrutura monolítica dificultam refatoração ágil.

Fonte: Autor, 2025.

Nota: A classificação de facilidade de correção baseia-se na arquitetura (modular vs monolítica) observada na documentação técnica.

4.5 ANÁLISE TÉCNICA DE DESIGN VISUAL

Esta seção examina aspectos de design visual dos *design systems* **Bold** e **DSGov** estritamente sob a ótica dos critérios técnicos de acessibilidade (WCAG e eMAG), removendo avaliações subjetivas de estética.

4.5.1 Contraste e Legibilidade (eMAG 3.1)

O **Bold** utiliza a fonte *IBM Plex Sans*. Embora essa tipografia apresente boa legibilidade intrínseca (boa altura-x, diferenciação clara de caracteres e abertura ampla), a paleta de cores aplicada falha nos critérios de contraste (WCAG 1.4.3) em 21 ocorrências de nível AA. Isso indica que, apesar da escolha tipográfica adequada, a combinação de cores em elementos de código e estados de botões não atinge a razão de 4.5:1 exigida pelo eMAG em pontos críticos.

O **DSGov**, utilizando a fonte *Rawline*, apresentou 107 falhas de contraste de nível AA. A análise técnica aponta que o uso de cinza claro em textos informativos e *placeholders* compromete a conformidade com a Recomendação 3.1 do eMAG, independentemente da qualidade estética da tipografia (ver **Figura 14**).

4.5.2 Espaçamento e Áreas de Toque (WCAG 2.5.5)

O **Bold** define um *grid* de 8px, o que tecnicamente favorece a previsibilidade do layout. As medições indicam que seus componentes interativos respeitam, em geral, a área de toque mínima de 44x44px (WCAG 2.5.5 - *Target Size*), facilitando o uso em dispositivos móveis.

O **DSGov** documenta áreas de toque de 48x48px, superando o mínimo recomendado. No entanto, a auditoria identificou inconsistências na implementação prática de alguns botões e ícones dentro de tabelas, onde a área clicável efetiva é menor que a documentada, gerando barreiras de operabilidade (WCAG 2.5.8).

4.5.3 Consistência Iconográfica (WAI-ARIA)

A análise técnica da iconografia focou na implementação de texto alternativo. O **Bold** utiliza ícones SVG com atributos ‘aria-hidden="true"‘ quando decorativos, o que é uma prática correta.

O **DSGov**, no qual observou-se o uso da biblioteca *Font Awesome*, apresentou falhas na aplicação de nomes acessíveis em ícones funcionais (botões de ação representados apenas por ícones). A ausência de ‘aria-label‘ ou texto oculto nesses casos viola o critério 1.1.1 (Conteúdo não textual) da WCAG, tornando a interface dependente da visão.

4.5.4 Síntese da análise visual

A avaliação visual baseada em critérios técnicos confirma os dados das auditorias automatizadas: as escolhas de design, embora fundamentadas em guias de estilo, não garantem conformidade automática. O alto volume de erros de contraste em ambos os sistemas evidencia que a validação de acessibilidade visual (eMAG 3.1) não foi totalmente integrada ao processo de design.

5 DISCUSSÃO

Enquanto a seção anterior consolidou os achados técnicos, esta seção se aprofunda em suas implicações práticas, institucionais e teóricas, contextualizando os dados no debate sobre governança e maturidade de sistemas públicos.

A consolidação dos dados obtidos pelas ferramentas *Axe DevTools*, **Lighthouse** e **WAVE** permite uma visão global do estado de acessibilidade dos dois *design systems*. No **Bold Design System**, observa-se que cerca de 55% das violações concentram-se no princípio **Perceptível** (conforme Tabela 9), abrangendo questões de contraste (WCAG 1.4.3) e texto alternativo. Problemas do princípio Operável (acessibilidade por teclado e foco) representam aproximadamente 25%, enquanto falhas de compreensão compõem o restante. A pontuação média de 98 no **Lighthouse** mascara a severidade das falhas de contraste, que são críticas para usuários com baixa visão.

No **Padrão Digital de Governo (DSGov)**, a distribuição revela um cenário onde as falhas do princípio Perceptível atingem 68% do total. Numericamente, o contraste insuficiente é o problema mais frequente, representando isoladamente cerca de 53% das ocorrências totais (107 de 202, considerando apenas nível AA). No entanto, qualitativamente, as falhas de estrutura e semântica (incluindo ARIA mal aplicado e *landmarks* ausentes) são as mais severas, respondendo por cerca de 22% das ocorrências (Princípio Operável), mas concentrando a maior parte dos erros classificados como "Críticos". O volume total de erros (202 no **Axe** contra 75 do Bold) indica uma maior fragilidade na implementação técnica dos componentes, refletindo a complexidade de manter um sistema legado e de larga escala.

Em síntese, enquanto o Bold necessita de ajustes finos em sua paleta de cores e documentação visual, o DSGov requer uma revisão estrutural mais profunda para garantir a robustez e a operabilidade de seus componentes. Ambos falham em garantir conformidade total com o nível AA das WCAG 2.2, exigindo ações corretivas imediatas.

A seguir, apresenta-se a interpretação crítica desses resultados à luz dos princípios da *Web Content Accessibility Guidelines* (WCAG 2.2) e do *Modelo de Acessibilidade em Governo Eletrônico* (eMAG 3.1). Cada princípio do modelo POUR (*Perceptível, Operável, Compreensível, Robusto*) é analisado separadamente.

5.1 PERCEPTÍVEL

Os resultados revelam que o princípio "Perceptível" concentra o maior número de ocorrências em ambos os sistemas, representando cerca de 55% das falhas do Bold e 68% das falhas do DSGov. O Bold apresentou falhas moderadas de contraste em trechos de código e exemplos visuais (Figura 13), enquanto o DSGov apresentou contrastes insuficientes em elementos de interface e ausência de texto alternativo em ícones informativos (Figura 14).

Consequências para o usuário final: Conforme as diretrizes da WCAG 2.2, a falta

de contraste adequado (critério 1.4.3) cria barreiras severas para pessoas com baixa visão, idosos e usuários em ambientes com muita luz (ex: sob sol forte). O texto cinza claro sobre fundo branco, comum nos exemplos de código do Bold, pode se tornar ilegível, dificultando que desenvolvedores com deficiência visual acessem a documentação técnica. Já a ausência de texto alternativo em ícones (critério 1.1.1), observada no DSGov, tende a tornar a interface "muda" para usuários cegos que utilizam leitores de tela. Um botão representado apenas por um ícone de "lápis" sem rótulo será anunciado apenas como "botão" ou "link", sem informar sua função (editar), o que pode bloquear a realização da tarefa. No contexto brasileiro, essas falhas de contraste violam diretamente a Recomendação 3.1 do eMAG, que é taxativa quanto à legibilidade em sítios governamentais, não admitindo exceções estéticas que prejudiquem a leitura.

Essas falhas comprometem a visibilidade e a distinção de elementos essenciais, violando critérios 1.4.3 e 1.1.1 da WCAG. No contexto do eMAG 3.1, configuram descumprimento da diretriz de "Informação e relações visuais" (item 3.1). As Figuras 13 e 14 ilustram exemplos concretos de contraste insuficiente detectados em ambos os sistemas.

Figura 13 – Exemplo de contraste insuficiente detectado no Bold



The image shows a dark-themed code editor with several red accessibility icons overlaid on the code. Each icon is a red square with a white circle and a small 'x' in the bottom right corner. The code is as follows:

```

<Button kind='primary' onClick={handleButtonClick}>
  Open modal
</Button>
<Modal size='small' onClose={handleModalClose} open={isOpen}
  <ModalBody>
    <HFlow alignItems='center'>
      <Icon icon='infoCircleOutline' style={{ marginRight: '0.5em' }} />
      <div>
        <Heading level={1}>Information Modal</Heading>
        <Heading level={5}>Subtitle</Heading>
      </div>
    </HFlow>
  </ModalBody>
</Modal>

```

Fonte: Autor, 2025.

Figura 14 – Exemplo de contraste insuficiente detectado no DSGov



Fonte: Autor, 2025.

5.2 OPERÁVEL

O princípio “Operável” apresentou divergência marcante entre os sistemas. O **Bold** mantém boa navegabilidade via teclado e foco visível na maioria dos componentes. O **DSGov** apresentou falhas na hierarquia de *landmarks* e ausência de *skip links*, dificultando a navegação linear.

Consequências para o usuário final: De acordo com as *WAI-ARIA Authoring Practices*, a ausência de *landmarks* bem definidos (como ‘<main>’, ‘<nav>’, ‘<header>’) e de links para pular conteúdo (*skip links*) pode dificultar a navegação linear, obrigando usuários de leitores de tela e navegadores por teclado a percorrerem todos os itens do menu principal em cada nova página carregada antes de chegarem ao conteúdo principal. Isso gera fadiga e frustração, transformando uma tarefa de segundos em minutos. Falhas de foco visível (critério 2.4.7) podem deixar usuários com deficiência motora “perdidos” na interface, sem saber qual elemento está selecionado, o que aumenta o risco de cliques acidentais e erros de operação.

Essas falhas afetam usuários que dependem exclusivamente do teclado ou de leitores de tela, comprometendo os critérios 2.1.1 e 2.4.1 da WCAG. O resultado reforça a importância de políticas de controle de foco e definição clara de regiões de navegação.

5.3 COMPREENSÍVEL

Em ambos os sistemas, as falhas classificadas sob o princípio “Compreensível” estão associadas à rotulagem e instruções de formulários. O **Bold** apresenta maior consistência no uso de rótulos e mensagens de erro, conforme ilustrado na Figura 15, enquanto o **DSGov** apresenta lacunas em exemplos de formulários e componentes dinâmicos, conforme ilustrado na Figura 16.

Consequências para o usuário final: Segundo o critério 3.3.2 da WCAG, a falta de associação programática entre rótulos e campos de formulário afeta usuários cegos e com deficiência cognitiva. Se um campo de "Senha" não estiver corretamente vinculado ao seu rótulo ‘<label>’, o leitor de tela anunciará apenas "campo de edição", sem contexto. Isso aumenta a carga cognitiva e a probabilidade de erro no preenchimento. Mensagens de erro genéricas ou que dependem apenas de cor (ex: borda vermelha sem texto explicativo) excluem daltônicos e dificultam a correção de dados por usuários com dificuldades de aprendizagem. A ausência de etiquetas explícitas em formulários do DSGov é particularmente crítica pois fere a Recomendação 6.2 do eMAG, obrigatória para a transação de dados em serviços públicos. Isso coloca o cidadão em risco de erro ao preencher informações essenciais.

A conformidade parcial indica que o **Bold** segue boas práticas de linguagem clara e consistência visual, enquanto o **DSGov** requer revisão de seus exemplos e guias de escrita acessível.

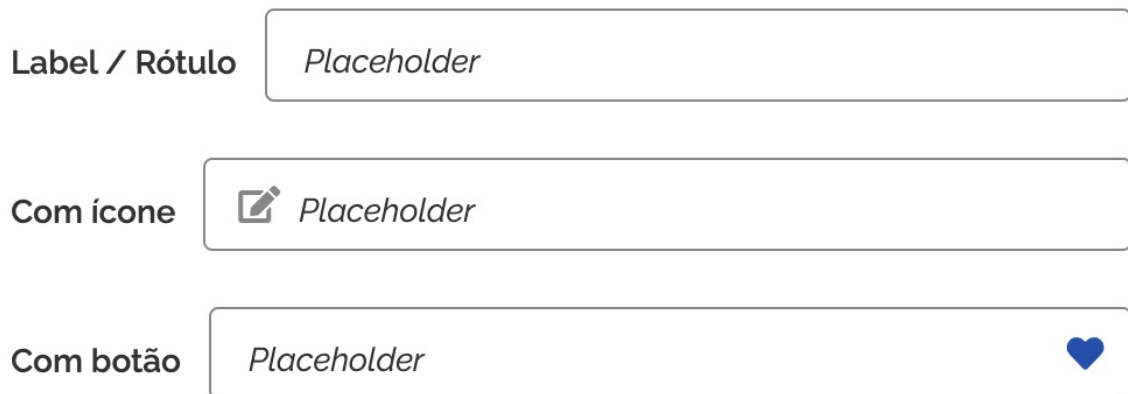
Figura 15 – Formulário (Bold)

The image shows a web form with several accessibility issues highlighted by error icons (a purple square with a white exclamation mark) and a tooltip. The form includes the following elements:

- Name:** A text input field with the placeholder "Enter". A tooltip titled "Orphaned form label" points to it, stating: "A form label is present, but it is not correctly associated with a form control." Below the field are two links: "REFERENCE" and "CODE".
- Phone number *:** A text input field with a placeholder "() - ____". A tooltip points to it with the message: "*aria-labelledby='label-m8m3gersfi'"
- E-mail:** A text input field with the placeholder "Enter your e-mail". A tooltip points to it with the message: "*aria-labelledby='label-b4vfmv1oe2i'"
- Favorite color:** A radio button group with three options: "Red", "Green", and "Blue". Each option has a color-coded circle and a tooltip pointing to it.
- Terms of use:** A checkbox followed by the text "I agree to the terms of use".

Fonte: Autor, 2025.

Figura 16 – Input (DSGov)



Fonte: Autor, 2025.

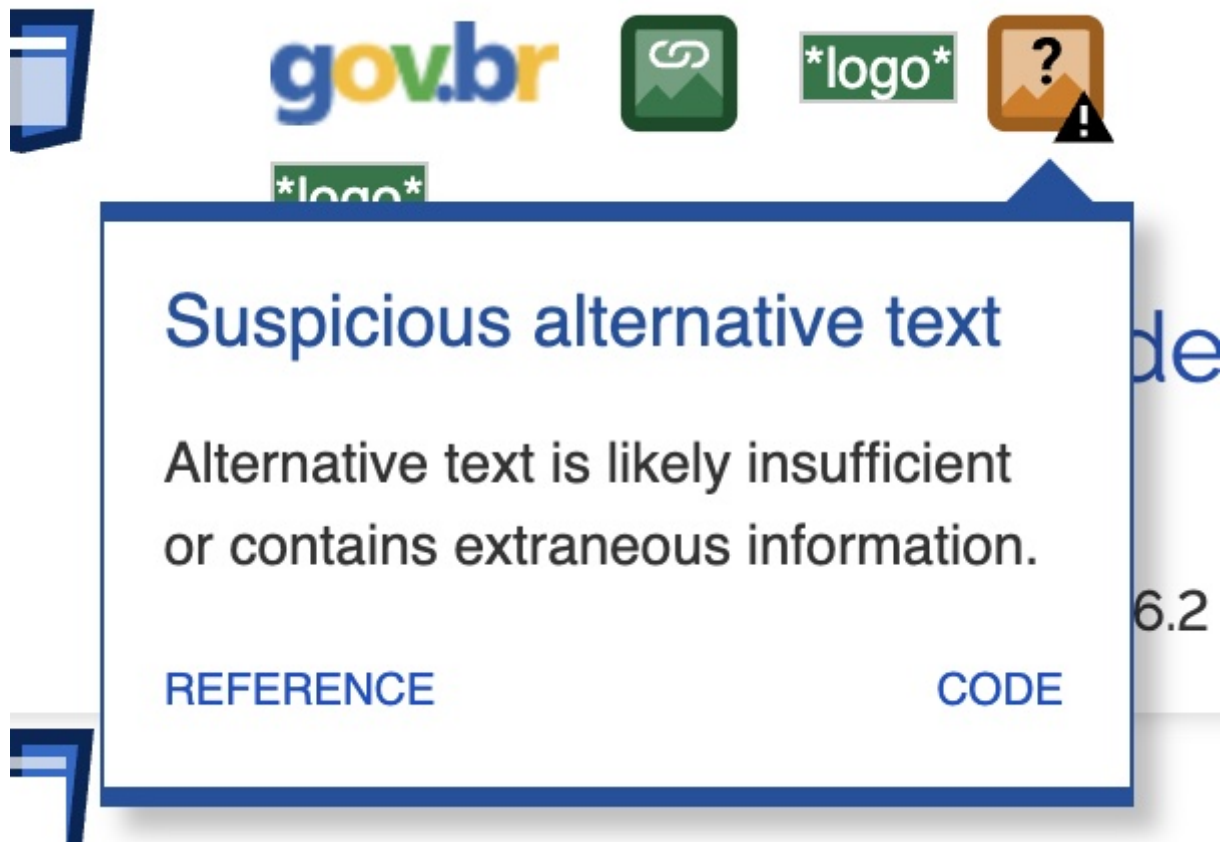
5.4 ROBUSTO

No princípio “Robusto”, as discrepâncias técnicas são mais evidentes. O Bold exibe padrões mais estáveis de implementação de atributos ARIA e estrutura semântica coerente. O DSGov apresentou diversas ocorrências de elementos não reconhecidos por leitores de tela e uso redundante de papéis ARIA (Figura 17).

Consequências para o usuário final: Tecnicamente, erros de ARIA (como ‘aria-required-parent’ ausente) podem comprometer a árvore de acessibilidade. Para um usuário cego, isso significa que componentes complexos como menus expansíveis, abas ou árvores de navegação podem não funcionar ou comportar-se de maneira imprevisível. Se um leitor de tela não reconhece que um item pertence a uma lista ou menu, o usuário perde a noção de hierarquia e contexto ("item 1 de 5"), o que dificulta a navegação mental pela estrutura da página. A robustez garante que o conteúdo funcione em diferentes tecnologias assistivas; sua falha resulta, em tese, em exclusão tecnológica.

Esses achados refletem divergências de maturidade no código-fonte e no processo de revisão dos componentes. A falta de consistência nos padrões ARIA prejudica a interoperabilidade e a compatibilidade com tecnologias assistivas.

Figura 17 – Exemplo de uso incorreto de papel ARIA e estrutura semântica inválida



Fonte: Autor, 2025.

5.5 CONFRONTO ENTRE DIRETRIZES INSTITUCIONAIS E IMPLEMENTAÇÃO TÉCNICA

A análise comparativa entre o discurso institucional e a prática revela um descompasso entre as diretrizes declaradas e a implementação real. O Bold comunica seu compromisso com a inclusão, porém ainda carece de padronização total de contrastes e *alt texts*. O DSGov, embora apresente uma das documentações mais extensas do país, mantém erros estruturais em exemplos oficiais, o que reduz sua credibilidade como modelo de referência pública.

É importante ressaltar, contudo, a assimetria de escala e contexto entre os objetos de estudo. O DSGov opera como um padrão de governo federal, sujeito a processos burocráticos complexos. Já o Bold, desenvolvido em ambiente acadêmico, beneficia-se de um escopo mais controlado. Contudo, a escala não pode servir de justificativa para falhas na documentação oficial. Como "padrão-ouro" para toda a administração pública, o fato de o DSGov acumular **202 não conformidades (73% do total da amostra)** é um dado alarmante que expõe uma falha institucional grave.

A presença de erros estruturais básicos (como ARIA inválido) na própria documentação não é apenas um erro de design; é uma **falha de engenharia** que bloqueia a navegação de usuários cegos. Mais do que uma dívida técnica, essas falhas configuram **descumprimento explícito da Portaria nº 3/2007 (eMAG)**, gerando um risco jurídico replicado para todo o governo federal que consome esses componentes.

A discussão também evidencia a tensão entre o modelo de conformidade internacional (WCAG) e o modelo nacional (eMAG). As violações do eMAG observadas no DSGov configuram risco jurídico imediato. A harmonização entre esses modelos exige que o *design system* implemente travas técnicas que impeçam a publicação de componentes em desacordo com a norma federal.

5.6 GOVERNANÇA DE *DESIGN SYSTEMS*

Os resultados demonstram que a acessibilidade não depende apenas da correção técnica, mas da governança do *design system*. A ausência de mecanismos de auditoria contínua e revisão colaborativa é o principal fator de regressão de conformidade.

Sugere-se a adoção de *pipelines* de integração contínua (CI/CD) que incluam testes automatizados de acessibilidade. Dada a complexidade e a escala do DSGov, recomenda-se uma estratégia de implementação gradual, iniciando com uma política de "não-regressão" (impedir que novos erros sejam introduzidos) antes de avançar para um modelo de "tolerância zero" (bloqueio de *deploy* por erros legados). O uso de indicadores de rastreabilidade e documentação pública das auditorias contribui para a transparência e evolução dos sistemas. Ressalva-se, contudo, que a viabilidade dessa implementação depende da infraestrutura de TI existente e das políticas de segurança do órgão, fatores que não puderam ser auditados neste estudo externo.

5.7 SÍNTESE DE RECOMENDAÇÕES POR PRINCÍPIO POUR

A Tabela 11 sintetiza as principais evidências observadas e propõe ações corretivas alinhadas aos princípios POUR.

Tabela 11 – Quadro de recomendações práticas derivadas dos princípios POUR e seus impactos.

Princípio	Evidência observada	Impacto Principal	Ação recomendada
Perceptível	Contraste insuficiente (1.4.3) e ausência de texto alternativo (1.1.1)	Exclusão de usuários com baixa visão e cegueira; interface "muda" ou ilegível.	Revisão de paletas de cor para garantir 4.5:1; auditoria de <i>alt text</i> em ícones e imagens informativas.
Operável	Navegação incompleta via teclado (2.1.1), foco não visível (2.4.7) e ausência de <i>skip links</i> (2.4.1)	Bloqueio de navegação para usuários com deficiência motora e dependentes de teclado.	Implementação de <i>skip links</i> no topo; padronização de estilos de foco (<i>outline</i>) visíveis; garantia de que todos os elementos interativos sejam alcançáveis via <i>Tab</i> .
Compreensível	Rótulos ausentes (3.3.2), mensagens de erro genéricas e inconsistência de identificação (3.2.4)	Erros de preenchimento e desorientação cognitiva; dificuldade de recuperação de erro.	Adoção de <i>labels</i> explícitos em formulários; unificação do tom de voz em mensagens de alerta; padronização de ícones e termos em todo o sistema.
Robusto	Uso incorreto de ARIA <i>roles</i> (4.1.2), IDs duplicados (4.1.1) e <i>parsing</i> inválido	Incompatibilidade com leitores de tela; comportamento imprevisível de componentes complexos.	Validação de código com <i>linters</i> e <i>Axe DevTools</i> ; restrição de uso de ARIA apenas quando HTML semântico não for suficiente; garantia de nomes acessíveis únicos.

Fonte: Autor, 2025.

5.8 RELAÇÃO ENTRE OS ACHADOS TÉCNICOS E AS DECISÕES DE DESIGN VISUAL

Os resultados das auditorias automatizadas mostram que parte das não conformidades identificadas está diretamente associada a decisões de design visual aplicadas de modo inconsistente ou sem respaldo em tokens documentados. As falhas de contraste, observadas tanto no Bold quanto no DSGov, relacionam-se ao uso irregular de escalas

cromáticas e à ausência de um conjunto formal de *design tokens* para cores e estados. Problemas recorrentes de rótulos ausentes e elementos sem nome acessível aparecem, sobretudo, em componentes que dependem exclusivamente de iconografia para transmitir significado, evidenciando a influência do sistema visual sobre critérios de percepção definidos pelas WCAG 2.2.

Também foram observados casos em que a hierarquia visual estabelecida pela tipografia e pelo espaçamento não corresponde à hierarquia semântica definida no HTML, o que resulta em erros de *headings*, *landmarks* e papéis ARIA. Esses achados indicam que a acessibilidade prática depende da coerência entre estrutura visual, semântica textual e implementação técnica.

5.9 MATURIDADE DO *DESIGN SYSTEM* COMO FATOR ESTRUTURANTE DA ACESSIBILIDADE

A análise aponta que a maturidade do *design system* influencia de maneira decisiva a qualidade da acessibilidade entregue pelos produtos que o adotam. O Bold demonstra maior consistência visual ao empregar iconografia própria, ritmo espacial previsível e escala tipográfica estável, conforme evidenciado pela menor frequência de erros de contraste apresentada na Tabela 7. Ainda assim, a ausência de diretrizes padronizadas de escrita reduz a garantia de consistência textual entre equipes. O DSGov, por sua vez, apresenta documentação mais extensa, cobrindo tipografia, espaçamento, escrita, iconografia e orientações de ARIA. No entanto, sua dependência da biblioteca externa *Font Awesome* e a falta de exemplos práticos de aplicação limitam o nível de controle estilístico e a previsibilidade dos resultados.

Observa-se, portanto, que a maturidade documental não garante automaticamente a conformidade, mas estabelece condições para que equipes alcancem padrões mais elevados de acessibilidade e reduzam variações indesejadas na implementação.

5.10 LIMITAÇÕES ESTRUTURAIS DOS *DESIGN SYSTEMS* PARA GARANTIR ACESSIBILIDADE PLENA

O estudo evidencia limitações inerentes aos *design systems* enquanto mecanismos de suporte à acessibilidade. Embora forneçam padrões e componentes, sua efetividade depende da adesão das equipes, da disciplina no uso das diretrizes e da atualização constante diante de mudanças tecnológicas e normativas. Sistemas bem documentados ainda podem apresentar falhas quando decisões visuais conflitam com requisitos semânticos ou quando componentes são modificados sem validação apropriada.

Outro ponto crítico é a ausência de mecanismos de verificação contínua integrados ao ciclo de desenvolvimento, o que permite a propagação silenciosa de regressões. Também não se observam, nos materiais analisados, estruturas formais de governança técnica

capazes de assegurar a revisão sistemática das diretrizes e a mensuração de sua adoção em produtos reais.

5.11 ACESSIBILIDADE COMO PROCESSO CONTÍNUO: DIREÇÕES PARA EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS

Os achados reforçam que a acessibilidade deve ser tratada como processo contínuo, sustentado por validação recorrente e integração entre camadas visual, textual e semântica. A evolução dos sistemas analisados pode ser orientada pela adoção de *design tokens* de acessibilidade, contemplando contraste, espaçamentos mínimos, áreas de toque e estados de foco. Recomenda-se, também, a inclusão de auditorias automatizadas em *pipelines* de integração contínua, com execução a cada atualização de componente. Documentação dinâmica, contendo exemplos reais, trechos de código e testes associados, pode reduzir ambiguidades e melhorar a aplicação prática das diretrizes. Por fim, a criação de métricas internas e *dashboards* de acompanhamento permitiria avaliar tendências, regressões e impactos das melhorias implementadas ao longo do tempo.

6 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

A pesquisa confirma que a acessibilidade deve ser tratada como eixo central na governança de *design systems*, e não como requisito complementar. Garantir interfaces acessíveis é condição essencial para a efetividade dos serviços digitais e para a inclusão plena de todas as pessoas na esfera pública.

O trabalho reforça o papel da Universidade Federal de Santa Catarina e do Laboratório Bridge como agentes de inovação social e tecnológica, e aponta caminhos para a consolidação de políticas de acessibilidade digital mais transparentes, mensuráveis e sustentáveis.

A análise comparativa entre os *design systems* Bold e Padrão Digital de Governo (DSGov) demonstrou que a acessibilidade digital, embora prevista nas diretrizes institucionais, ainda enfrenta lacunas de implementação prática. As auditorias automatizadas (*Axe DevTools*, **Lighthouse** e **WAVE**) e a leitura documental revelaram inconsistências estruturais e semânticas que comprometem a conformidade com as *Web Content Accessibility Guidelines* (WCAG 2.2, nível AA) e o *Modelo de Acessibilidade em Governo Eletrônico* (eMAG 3.1).

6.1 SÍNTESE DAS CONCLUSÕES

Os resultados confirmam que o **Bold** apresenta menor volume de falhas (27% do total de ocorrências de nível AA, sendo 40% destas classificadas como críticas) e maior coerência entre código, documentação e discurso institucional. As principais ocorrências concentram-se em contraste, acessibilidade de teclado e uso parcial de atributos *ARIA*. O **DSGov**, embora amplamente difundido e bem documentado, exibe dívida técnica mais profunda, respondendo por 73% das falhas detectadas (com 22% de falhas críticas concentradas em estrutura), apresentando problemas severos em hierarquia de cabeçalhos, rótulos programáticos e estrutura semântica. Conclui-se que o DSGov, apesar de ser a referência oficial, opera em desconformidade sistemática com o próprio eMAG 3.1, especialmente em requisitos de estrutura e formulários. Isso configura um paradoxo onde a ferramenta feita para padronizar o governo é, ela mesma, um vetor de infração à norma de acessibilidade vigente.

6.2 RECOMENDAÇÕES PRÁTICAS

Com base nos resultados obtidos e nas evidências apresentadas, propõem-se recomendações práticas voltadas à melhoria contínua da acessibilidade digital nos *design systems* analisados.

1. Padronização estrutural: implementar a marcação `<main>` e padronizar *landmarks* consistentes (`<header>`, `<nav>`, `<footer>`) em todas as páginas de documentação

e exemplos, conforme o *Modelo de Acessibilidade em Governo Eletrônico (eMAG 3.1)*.

2. Rotulagem programática: garantir nome acessível programático para todos os botões e ícones, utilizando *aria-label*, texto visível ou papel nativo, evitando elementos sem semântica adequada.

3. Contraste e visibilidade (Foco Bold): realizar ação cirúrgica e imediata na correção de contraste e definição de *tokens* de cor, prevenindo regressões visuais em atualizações futuras.

4. Monitoramento automatizado contínuo (Governança): integrar o *Axe DevTools* ao fluxo de *Continuous Integration/Continuous Delivery (CI/CD)*, com execução a cada *release*. Isso transforma a correção de bug em política de governança, garantindo que a acessibilidade acompanhe a evolução do código.

5. Auditorias semestrais: incluir avaliações semestrais no ciclo de manutenção, ampliando a amostragem e combinando verificação automatizada e manual com leitores de tela (*NVDA* e *VoiceOver*) e teclado. Os resultados devem ser publicados com plano de ação e evidências de correção.

6.2.1 Proposta de Governança Estratégica

A automação dos testes de acessibilidade, embora não substitua a validação manual, apresenta-se como a barreira primária mais eficaz contra a regressão. A ausência de *linters* de acessibilidade e de testes automatizados nos repositórios públicos do DSGov permite que código com erros de sintaxe ARIA e falta de rótulos seja publicado em produção. A integração de ferramentas como *Axe-core* em esteiras de *CI/CD* (*Continuous Integration/Continuous Delivery* - integração e entrega contínuas) poderia ter prevenido a totalidade das falhas de sintaxe e validação estática detectadas neste estudo.

A efetividade das ações depende da institucionalização de mecanismos de governança e rastreabilidade. As seguintes medidas são recomendadas para mitigar a dívida técnica e garantir a sustentabilidade da acessibilidade:

- *Gate* de acessibilidade no CI/CD (Cultura de "Zero Tolerância"): A inovação não reside na ferramenta em si, já consolidada no mercado, mas na decisão cultural de configurar a **esteira de integração (*pipeline*) para impedir a implantação (*deploy*) de código não conforme**. A recusa em publicar componentes com erros conhecidos (nível A/AA) transforma a acessibilidade de "desejável" para "requisito não funcional bloqueante", assim como a segurança ou a performance.
- Contratos de acessibilidade por componente: Estabelecer que nenhum componente seja considerado "pronto" (*Definition of Done*) sem aprovação em *checklist* de acessibilidade que inclua: suporte a teclado, rótulos programáticos, contraste em todos os estados e validação com leitor de tela.

- Origem única de verdade (*Single Source of Truth*): Garantir que a documentação seja gerada automaticamente a partir do código dos componentes em produção (ex: usando *Storybook*), eliminando a discrepância entre o exemplo documentado e o componente real.
- Transparência de métricas: Publicar um *dashboard* de acessibilidade em tempo real, exibindo o número de falhas por componente e o percentual de cobertura de testes, promovendo a *accountability* das equipes e permitindo o controle social.

Essas ações são de implementação direta e concentram melhorias nas áreas de maior impacto identificadas pelas auditorias: semântica (*ARIA*), contraste e estrutura. Sua adoção reduz o risco de regressões e fortalece a coerência entre o discurso institucional e a prática técnica.

A consolidação da acessibilidade digital depende de governança pública e acadêmica. Este trabalho serve como um **alerta técnico ao governo federal**: a declaração de conformidade dos sistemas públicos atuais não resiste a um crivo técnico básico. Recomenda-se que as correções propostas sejam publicadas em formato de plano de ação transparente. No campo acadêmico, destaca-se a importância da produção de conhecimento aplicado que fortaleça ciclos contínuos de aprimoramento nos *design systems* brasileiros.

Fonte: Autor, 2025.

6.2.2 Checklist de verificação por componente

Como instrumento de apoio à governança técnica, foi elaborado um *Checklist de Verificação por Componente*, apresentado na **Tabela C1** (Apêndice C), que sintetiza os pontos de atenção prioritários identificados neste estudo. Este recurso visa orientar desenvolvedores e *designers* na validação rápida de requisitos críticos de acessibilidade — como contraste, semântica e operabilidade — antes da publicação de novos componentes, atuando como uma barreira primária contra a regressão.

6.3 TRABALHOS FUTUROS

A ampliação deste estudo pode seguir diferentes direções, tanto técnicas quanto metodológicas. Uma primeira possibilidade é a realização de testes com usuários, especialmente pessoas com deficiência visual, auditiva, motora e cognitiva. Esses testes permitiriam validar empiricamente se as melhorias propostas nos *design systems* produzem ganhos reais de usabilidade e inclusão.

Outra frente é o monitoramento longitudinal de conformidade, acompanhando a evolução dos indicadores de acessibilidade nos portais e sistemas que adotam o Bold e o Padrão Digital de Governo (*Design System do Governo Federal* – DSGov). Essa abordagem

possibilitaria mensurar a efetividade de auditorias contínuas e identificar regressões entre versões.

Além disso, recomenda-se o desenvolvimento de um *framework* acadêmico de avaliação comparativa entre *design systems* públicos e privados. Esse instrumento poderia padronizar métricas, métodos de coleta e formatos de evidência, favorecendo a reprodutibilidade de estudos e a consolidação de um corpo de conhecimento nacional sobre acessibilidade aplicada ao design de interface.

Sugere-se também a integração de ferramentas automatizadas ao ciclo de vida de *design systems*, por meio de *pipelines* de *Continuous Integration/Continuous Delivery (CI/CD)*, testes unitários e relatórios em formato aberto. Essa prática tornaria o controle de qualidade mais sistemático e reduziria a distância entre documentação e implementação.

Uma linha de investigação promissora seria examinar a relação entre fatores organizacionais, como rotatividade de equipes, processos de governança e transferência de conhecimento, e o acúmulo de dívida técnica em acessibilidade. Embora este estudo não tenha coletado evidências sobre esses aspectos, a diferença quantitativa observada entre os dois *design systems* analisados sugere que variáveis institucionais e de gestão podem influenciar a qualidade e a manutenção da conformidade. Estudos futuros poderiam investigar essa hipótese por meio de entrevistas com equipes de desenvolvimento, análise de histórico de *commits* e correlação entre mudanças organizacionais e regressões em auditorias de acessibilidade.

Outra vertente relevante é a análise do impacto econômico da dívida técnica de acessibilidade. Pesquisas futuras podem mensurar o custo do retrabalho gerado pela correção tardia de componentes não acessíveis em comparação ao investimento na acessibilidade *by design*, fornecendo argumentos financeiros para a adoção de práticas de governança mais rigorosas no setor público.

Por fim, sugere-se investigar a correlação técnica entre acessibilidade e eficiência energética. A hipótese é que a adoção de código semântico e a redução de *divs* supérfluas, práticas essenciais para a acessibilidade, resultam em menor transferência de dados e processamento reduzido no dispositivo do usuário, contribuindo para a sustentabilidade digital. A convergência entre acessibilidade e *eco design* digital constitui uma agenda promissora, alinhada aos princípios de desenvolvimento sustentável e de inclusão tecnológica.

REFERÊNCIAS

- BERNERS-LEE, T. **Weaving the Web: The Original Design and Ultimate Destiny of the World Wide Web**. New York: HarperCollins, 2000.
- BRASIL. **Constituição (1988)**. 1988. Brasília, DF: Presidência da República, 2016. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 1 jan. 2017.
- BRASIL. **Portaria n.º 3, de 7 de maio de 2007**: Secretaria de logística e tecnologia da informação. ministério do planejamento, orçamento e gestão. Brasília: [s.n.], 2007.
- BRASIL. **Lei n.º 13.146, de 6 de julho de 2015**: Institui a lei brasileira de inclusão da pessoa com deficiência (estatuto da pessoa com deficiência). Brasília, 2015.
- BRASIL. **Governo Federal**: Modelo de acessibilidade em governo eletrônico, emag 3.1. Brasília: [s.n.], 2017.
- BRASIL. **Padrão Digital de Governo (DSGov): guia de estilos e componentes**. Brasília, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/ds>. Acesso em: 02 jul. 2025.
- DEQUE SYSTEMS. **Announcing Axe-core 4**. 2023. Deque Blog. Ferramenta utilizada na versão 4.1.17 com axe-core 4.10.3. Disponível em: <https://www.deque.com/blog/announcing-axe-core-4-0/>. Acesso em: 02 jul. 2025.
- DEQUE UNIVERSITY. **Accessibility Fundamentals**. 2024. Disponível em: <https://dequeuniversity.com/>. Acesso em: 02 jul. 2025.
- DINIZ, P. et al. Acessibilidade como valor público no desenvolvimento de serviços digitais. **Cadernos Gestão Pública e Cidadania**, São Paulo, v. 22, n. 73, p. 1–28, 2017.
- GOMES, A. L. **Motion system Bold: desenvolvimento de guidelines para implementação de animações no design system**. Monografia (Bacharelado em Design) — Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2024. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/261554>. Acesso em: 02 jul. 2025.
- GOOGLE. **Lighthouse: open-source, automated tool for improving the quality of web pages**. 2025. Disponível em: <https://developer.chrome.com/docs/lighthouse>. Acesso em: 02 jul. 2025.
- GOV.UK. **GOV.UK Design System**. 2025. Disponível em: <https://design-system.service.gov.uk/>. Acesso em: 02 jul. 2025.
- KRONE, C. **Desenvolvimento e teste de componentes de interface acessíveis para um Design System**. Monografia (Bacharelado em Design) — Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/197794>. Acesso em: 02 jul. 2025.
- LABORATÓRIO BRIDGE. **Bold Design System**. Florianópolis, 2025. Disponível em: <https://bold.bridge.ufsc.br/>. Acesso em: 02 jul. 2025.

LONGLEY, M.; ELGLALY, Y. N. Accessibility support in web frameworks. In: **Proceedings of the 23rd International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility (ASSETS'21)**. New York: ACM, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/3441852.3476531>. Acesso em: 05 nov. 2025.

NIELSEN, J.; NORMAN, D. **Heurísticas de usabilidade para design de interface**. 2012. Disponível em: <https://www.nngroup.com/articles/ten-usability-heuristics/>. Acesso em: 02 jul. 2025.

NIELSEN NORMAN GROUP. **Accessibility is not enough**. 2021. Disponível em: <https://www.nngroup.com/articles/accessibility-is-not-enough/>. Acesso em: 02 jul. 2025.

SILVA, R. **Acessibilidade digital no setor público: barreiras e estratégias para a inclusão na era da transformação digital**. Brasília: Escola Nacional de Administração Pública (ENAP), 2021.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA. **Relatório de acessibilidade do Mapas Culturais**. 2024.

USWDS. **U.S. Web Design System**. 2025. Disponível em: <https://designsystem.digital.gov/>. Acesso em: 02 jul. 2025.

W3C — World Wide Web Consortium. **Accessible Rich Internet Applications (WAI-ARIA) 1**. 2017. W3C Recommendation. Disponível em: <https://www.w3.org/TR/wai-aria-1.1/>. Acesso em: 02 jul. 2025.

W3C — World Wide Web Consortium. **Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.1**. 2018. W3C Recommendation. Disponível em: <https://www.w3.org/TR/WCAG21/>. Acesso em: 02 jul. 2025.

W3C — World Wide Web Consortium. **WAI-ARIA Authoring Practices 1**. 2021. W3C Working Group Note. Disponível em: <https://www.w3.org/WAI/ARIA/apg/>. Acesso em: 02 jul. 2025.

W3C — World Wide Web Consortium. **Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2**. 2023. W3C Recommendation. Disponível em: <https://www.w3.org/TR/WCAG22/>. Acesso em: 02 jul. 2025.

WEBAIM. **WAVE — Web Accessibility Evaluation Tool**. 2025. Disponível em: <https://wave.webaim.org/>. Acesso em: 02 jul. 2025.

APÊNDICE A – RELATÓRIOS AXE (JSON)

Este apêndice apresenta os resultados brutos das auditorias automatizadas de acessibilidade realizadas com a ferramenta *Axe DevTools*. Os arquivos no formato *JSON* contêm evidências detalhadas de cada execução, incluindo tipo de violação, severidade, seletor, descrição e referência à diretriz *Web Content Accessibility Guidelines (WCAG)* correspondente.

Os relatórios completos estão disponíveis em formato digital, organizados conforme listado a seguir:

- *teste-doc-bold-axe.json*
- *testes-especificos-Bold-Axe.json*
- *teste-doc-dsgov-axe.json*
- *testes-especificos-DSGov-Axe.json*

A.0.1 Ambiente e versões utilizadas

- Navegador: *Google Chrome* (129.0)
- Sistema operacional: *macOS Sonoma*
- Resolução: 1440×900 píxeis
- Ferramenta: *Axe DevTools* (extensão 4.1.17)
- Versão *axe-core*: 4.10.3

Este apêndice documenta a estrutura dos dados brutos coletados durante as auditorias automatizadas, visando garantir a transparência, a reprodutibilidade e a integridade científica do estudo. Os arquivos originais em formato *JSON* contêm a totalidade dos registros técnicos gerados pela ferramenta *Axe DevTools*.

A.1 ESTRUTURA DOS DADOS (JSON SCHEMA)

Para facilitar a interpretação e auditar a validade dos achados, apresenta-se abaixo um fragmento representativo da estrutura de dados, detalhando os campos essenciais utilizados na análise.

```
{
  "testEngine": {
    "name": "axe-core",
```

```

    "version": "4.10.3" // Versão do motor de regras semânticas
  },
  "testEnvironment": {
    "userAgent": "Mozilla/5.0 (Macintosh; Intel Mac OS X 10_15_7)...",
    "windowWidth": 1440,
    "windowHeight": 900
  },
  "findings": [
    {
      "ruleId": "color-contrast", // Identificador único da regra
      "impact": "serious",
      "tags": [
        "wcag2aa", // Nível de conformidade exigido
        "wcag143" // Critério: 1.4.3 Contrast Minimum
      ],
      "help": "Elements must meet minimum color contrast ratio thresholds",
      "helpUrl": "https://dequeuniversity.com/rules/axe/4.10/color-contrast",
      "nodes": [
        {
          "html": "<span class=\"token comment\">// Code snippet...</span>",
          "target": [
            ".token.comment" // Seletor CSS do elemento falho
          ],
          "failureSummary": "Element has insufficient color contrast..."
        }
      ]
    }
  ]
}

```

A.2 DECLARAÇÃO DE DISPONIBILIDADE E INTEGRIDADE

Em conformidade com as práticas de Ciência Aberta, os conjuntos de dados completos estão disponíveis para consulta pública. Para garantir que os arquivos não sofreram alteração pós-auditoria, são fornecidas as assinaturas digitais (hash SHA-256) de cada artefato.

A.2.1 Artefatos de Auditoria (Axe DevTools)

- **Arquivo:** teste-doc-bold-axe.json

Descrição: Auditoria completa da documentação do Bold Design System.

Integridade (SHA-256):

1a45d23b5db14eb74d6d97d0dfb0041bd23640
89e00dcf167

- **Arquivo:** teste-doc-dsgov-axe.json

Descrição: Auditoria completa da documentação do Padrão Digital de Governo.

Integridade (SHA-256):

5f8f971b5a8e1b28af50887e5079f89

- **Arquivo:** testes-especificos-bold-axe.json

Descrição: Testes isolados em componentes específicos do Bold.

Integridade (SHA-256):

36dfe829db3e7d6a8d06f12b90a8d78b69d7f

- **Arquivo:** testes-especificos-dsgov-axe.json

Descrição: Testes isolados em componentes específicos do DSGov.

Integridade (SHA-256):

59e7a9b78e73ac650a68b5246cf1e687

Nota: Os arquivos podem ser auditados utilizando qualquer verificador de checksum padrão (ex: 'shasum -a 256 filename').

APÊNDICE B – RELATÓRIOS DO LIGHTHOUSE (PDF)

Este apêndice contém os resultados das auditorias realizadas pela ferramenta *Google Lighthouse*, em formato *PDF*. As auditorias foram executadas nas páginas principais de documentação do *Bold Design System* e do *Padrão Digital de Governo (DSGov)*, abrangendo critérios de desempenho, *Accessibility*, *Best Practices* e *SEO*.

As métricas e comparativos baseiam-se na versão 2.2 das *Web Content Accessibility Guidelines (WCAG)* e no *Modelo de Acessibilidade em Governo Eletrônico (eMAG 3.1)*.

B.0.1 Ambiente e parâmetros de execução

- Navegador: *Google Chrome* (129.0)
- Ferramenta: *Lighthouse CLI (v11)*
- Data de execução: 8 nov. 2025
- Categoria auditada: *Accessibility*

B.0.2 Arquivos incluídos:

- *Lighthouse-Bold-home.pdf*
- *lighthouse-govbr.pdf*
- *analise-Lighthouse-Bold-vs-DSGov.pdf*

APÊNDICE C – CHECKLIST DE VERIFICAÇÃO POR COMPONENTE

Este apêndice consolida as verificações prioritárias para correção e manutenção da acessibilidade nos componentes analisados.

Tabela 12 – *Checklist* de verificação por componente

Componente	Critérios (WCAG/eMAG)	Verificações objetivas	Ações (Bold)	Ações (DSGov)
Botões / Links	4.1.2; 2.4.6; eMAG (Controles)	Papel nativo; nome acessível; foco visível	Corrigir <i>button-name</i> e padronizar rótulos em menus e abas	Varredura; texto visível ou <i>aria-label</i> ; evitar <i>div</i> como botão
Formulários	1.3.1; 3.3.1; 3.3.2; eMAG (Formulários)	<i>Label-for</i> ; <i>fieldset/legend</i> ; <i>aria-describedby</i>	Adicionar <i>label</i> e <i>fieldset</i> e vincular mensagens	Associar mensagens com <i>aria-describedby</i> e padronizar textos
Landmarks / Navegação	2.4.1; 2.4.3; 2.4.6; eMAG (Estrutura)	<main> único; uso consistente de <nav>, <header>, <footer>; <i>skip link</i> ; hierarquia de <i>headings</i>	Inserir <main> e <i>skip link</i> e revisar <i>headings</i>	Corrigir <i>landmark-unique</i> e consolidar regiões de navegação
Contraste / Tokens	1.4.3; 1.4.6; eMAG (Apresentação)	Razão mínima em texto, ícones e estados (<i>hover</i> , <i>focus</i> , <i>disabled</i>)	Atualizar <i>tokens</i> de cor e trechos de código	Revisar <i>tokens</i> e aplicar em exemplos e documentação
Modais / Diálogos	2.1.1; 2.4.3; 2.4.7; 4.1.2; eMAG (Diálogos)	Foco inicial e retorno; <i>role="dialog"</i> ; <i>aria-modal</i> ; <i>aria-labelledby</i> ; <i>focus trap</i>	Manter padrão e publicar <i>checklist</i>	Verificar retorno de foco e nome programático
Mensagens / Alertas	4.1.3; 4.1.2; eMAG (Mensagens)	<i>Aria-live</i> adequado; sem mover foco; identificação de campo afetado	Evitar redundância <i>ARIA</i> e revisar anúncios de situação	Garantir <i>aria-live</i> e associação com campos afetados
Tabelas	1.3.1; eMAG (Tabelas)	Uso correto de <th>, <i>scope</i> e <i>headers</i> ; <i>caption</i> ; associação em tabelas complexas	Corrigir inconsistências nos exemplos	Manter boas práticas evidenciadas na documentação
Imagens	1.1.1; eMAG (Imagens)	<i>Alt</i> descritivo (informativas); <i>alt=</i> ou <i>CSS</i> (decorativas)	Revisar <i>alt</i> de logotipos e ícones	Corrigir <i>alt</i> do logotipo e ícones
Alvos interativos	2.5.8	Tamanho e espaçamento mínimos de clique	Verificar ícones e botões menores	Corrigir ícones do cabeçalho e demais componentes

Fonte: Autor, 2025.

APÊNDICE D – ARTIGO SUBMETIDO À SBC

Este apêndice apresenta o artigo científico produzido a partir deste trabalho, formatado de acordo com o modelo da Sociedade Brasileira de Computação (SBC).

ACESSIBILIDADE DIGITAL EM DESIGN SYSTEMS PÚBLICOS: UMA AUDITORIA DE CONFORMIDADE DO BOLD E DSGOV

Thiago Kenji Correa Xikota¹, Raul Sidnei Wazlawick¹

Departamento de Informática e Estatística – Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

Florianópolis – SC – Brasil

thiagoxikota@gmail.com, wazlawick@gmail.com

Resumo

Este trabalho analisa comparativamente a conformidade técnica dos design systems Bold (UFSC) e Padrão Digital de Governo (DSGov) frente às WCAG 2.2 (nível AA) e ao eMAG 3.1. Por meio de análise documental e auditorias automatizadas (Axe DevTools, Lighthouse e WAVE), auditou-se a "matriz" desses sistemas. Os resultados revelam 277 não conformidades: o Bold (27% das falhas) apresenta inconsistências pontuais de contraste, enquanto o DSGov (73%) exibe dívida técnica estrutural severa, incluindo erros de semântica ARIA que comprometem a navegação assistiva. Conclui-se que o padrão oficial do governo federal viola normas que deveria exemplificar, demandando governança baseada em integração contínua (CI/CD) para mitigar a exclusão digital.

Abstract

This paper comparatively analyzes the technical compliance of Bold (UFSC) and Digital Government Standard (DSGov) design systems with WCAG 2.2 (Level AA) and eMAG 3.1. Through documentary analysis and automated audits (Axe DevTools, Lighthouse, and WAVE), the "core" of these systems was evaluated. Results reveal 277 non-conformities: Bold (27% of faults) shows specific contrast issues, whereas DSGov (73%) exhibits severe structural technical debt, including ARIA semantic errors that compromise assistive navigation. It is concluded that the federal government's official standard violates the norms it aims to exemplify, requiring governance based on continuous integration (CI/CD) to mitigate digital exclusion.

1. Introdução

O acesso a serviços digitais constitui direito fundamental garantido pela Lei Brasileira de Inclusão (LBI) (Brasil, 2015). No entanto, a materialização desse direito depende da qualidade técnica das interfaces públicas. Nesse cenário, os *design systems* atuam como infraestruturas críticas: ao padronizar componentes, podem escalar tanto a inclusão quanto, paradoxalmente, as barreiras de acesso.

Este artigo investiga a conformidade real de dois sistemas estruturantes: o *Bold Design System* (Laboratório Bridge/UFSC) e o *Padrão Digital de Governo* (DSGov) (Brasil, 2024). Embora ambos declarem alinhamento às *Web Content Accessibility Guidelines* (WCAG) (W3C — World Wide Web Consortium, 2023) e ao Modelo de Acessibilidade em Governo

Eletrônico (eMAG) (Brasil, 2017), há escassez de evidências empíricas sobre a eficácia de sua implementação técnica.

O objetivo é auditar a documentação e os componentes de referência desses sistemas, identificando se a "matriz" que orienta o desenvolvimento de serviços públicos cumpre os requisitos legais que prescreve.

2. Metodologia

A pesquisa adota abordagem comparativa e exploratória baseada em auditoria de código estático. O corpus de análise restringiu-se às páginas oficiais de documentação e aos componentes demonstrativos do Bold e DSGov, coletados em novembro de 2025.

Para garantir paridade e reprodutibilidade, definiu-se um protocolo rigoroso:

1. **Amostragem Intencional:** Seleção das mesmas categorias de componentes críticos em ambos os sistemas (Tabelas, Formulários, Modais, Navegação).
2. **Triangulação de Ferramentas:** Uso combinado do **Axe DevTools** (validação profunda de regras WCAG 2.2 AA), **Google Lighthouse** (métricas de desempenho) e **WAVE** (inspeção heurística visual).
3. **Sanitização:** Deduplicação de erros repetidos em elementos globais para evitar distorções estatísticas.

3. Resultados e Discussão

Foram identificadas 277 ocorrências únicas de não conformidade nível AA, evidenciando disparidade significativa na maturidade técnica dos sistemas (Tabela 1).

Tabela 1 – Distribuição de Falhas por Severidade (Axe DevTools)

Severidade	Bold	DSGov	Total
Críticos	30	45	75
Sérios	35	152	187
Moderados/Leves	10	5	15
Total	75 (27%)	202 (73%)	277

3.1. Bold: Inconsistência Pontual

O Bold apresentou melhor desempenho relativo, mas falhou em critérios essenciais de contraste (WCAG 1.4.3), especialmente em estados de botões e exemplos de código. A estrutura semântica revelou-se robusta, mas a ausência de rótulos programáticos em componentes interativos específicos compromete a operabilidade por comando de voz e leitores de tela.

3.2. DSGov: Dívida Técnica Estrutural

O DSGov apresentou um passivo técnico alarmante. A alta incidência de falhas estruturais, como o uso incorreto de atributos ARIA (*aria-required-parent*) e a ausência de marcos

de navegação (*landmarks*), indica que os exemplos oficiais — copiados por desenvolvedores em todo o país — contêm erros de "fábrica". A violação do eMAG 3.1 é sistêmica, não acidental. Isso é particularmente grave, pois, como padrão oficial, o DSGov legitima práticas de desenvolvimento excludentes.

4. Conclusão

A auditoria demonstra que a declaração de acessibilidade institucional não se traduz automaticamente em código conforme. O DSGov, em sua versão atual, falha em seu papel de referência, propagando erros estruturais para o ecossistema de serviços digitais brasileiros.

Para mitigar esse cenário, propõe-se a transição de um modelo de "conformidade declarada" para "conformidade verificada", mediante:

- **Governança via CI/CD:** Bloqueio automático de publicação (*deploy*) de componentes com erros detectáveis por linters (ex: axe-core).
- **Transparência:** Publicação de painéis automáticos de conformidade em tempo real.
- **Correção na Fonte:** Revisão urgente dos exemplos de código do DSGov para eliminar violações de semântica básica.

Referências

BRASIL. *Lei n.º 13.146, de 6 de julho de 2015*: Institui a lei brasileira de inclusão da pessoa com deficiência (estatuto da pessoa com deficiência). Brasília, 2015.

BRASIL. *Governo Federal*: Modelo de acessibilidade em governo eletrônico, emag 3.1. Brasília: [s.n.], 2017.

BRASIL. *Padrão Digital de Governo (DSGov): guia de estilos e componentes*. Brasília, 2024. Disponível em: <<https://www.gov.br/ds>>. Acesso em: 02 jul. 2025.

W3C — World Wide Web Consortium. *Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2*. 2023. W3C Recommendation. Disponível em: <<https://www.w3.org/TR/WCAG22/>>. Acesso em: 02 jul. 2025.