

---

**Visualização e Interação no Tesouro Direto:  
Uma Análise de Usabilidade e Acessibilidade na  
Seção de Histórico de Preços e Taxas**

---

**João Felipe Silva**



**UFU**  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
FACULDADE DE COMPUTAÇÃO  
BACHARELADO EM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO

Monte Carmelo - MG  
2026

**João Felipe Silva**

**Visualização e Interação no Tesouro Direto:  
Uma Análise de Usabilidade e Acessibilidade na  
Seção de Histórico de Preços e Taxas**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Computação da Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais, como requisito exigido parcial à obtenção do grau de Bacharel em Sistemas de Informação.

Área de concentração: Sistemas de Informação

Orientador: Daniel Stefany Duarte Caetano

Monte Carmelo - MG

2026

*Dedico este trabalho aos meus pais, Benedita Silva e Manoel Felix Silva, pelo amor, apoio e incentivo ao longo de toda a minha trajetória. Dedico também às minhas irmãs, Daynara Camila Silva e Caroline Izabela Silva, que sempre estiveram ao meu lado, contribuindo com carinho e motivação para que eu seguisse em frente nesta caminhada.*

---

# Agradecimentos

Primeiramente, agradeço à minha família, que sempre me apoiou ao longo de toda a minha trajetória acadêmica, mostrando que, mesmo nas pequenas conquistas, o esforço e a dedicação nunca são em vão.

Agradeço também aos meus amigos e à República Reinicia, da qual fiz parte durante grande parte da minha graduação. Nos momentos mais difíceis, vocês demonstraram que o riso, a amizade e a convivência têm o poder de transformar os dias e tornar os desafios mais leves.

Por fim, e não menos importante, expresso minha sincera gratidão ao meu professor orientador, Daniel Caetano, que me guiou da melhor forma possível durante todo o desenvolvimento deste trabalho. Mesmo diante das minhas indisciplinas, não desistiu de me orientar e me incentivou a concluir esta etapa.

*“A informação é a base da cidadania”  
(Gilberto Gil)*

---

# Resumo

Este trabalho apresenta uma análise crítica da seção de histórico e taxas do Tesouro Direto, com foco na avaliação de usabilidade, acessibilidade e Experiência do Usuário (UX). A pesquisa adota como abordagem: (1) a análise sistemática da interface atual, fundamentada nas Heurísticas de Nielsen (1994), nas diretrizes de acessibilidade digital estabelecidas pelo World Wide Web Consortium (2023) e em estudos sobre design governamental Melo (2023) e (2) a aplicação combinada de métodos de avaliação automática e manual, com base nas World Wide Web Consortium (2023), para identificar barreiras estruturais, cognitivas e de interação.

A investigação buscou examinar problemas recorrentes relacionados à carga cognitiva, à clareza na apresentação de dados financeiros, à orientação do usuário e à conformidade com padrões internacionais de acessibilidade. O modelo analítico adotado permitiu avaliar de forma integrada aspectos técnicos, semânticos e comportamentais da interface, considerando especialmente o impacto dessas barreiras na compreensão por usuários leigos e públicos potencialmente vulneráveis.

Os resultados evidenciaram que a seção avaliada apresenta uma base parcialmente adequada em termos de navegação e estrutura, mas ainda concentra barreiras críticas de acessibilidade e usabilidade. A principal delas foi a ausência de alternativa textual para o gráfico central, o que compromete diretamente o acesso à informação por usuários de leitores de tela. Também foram observadas inconsistências em controles customizados, especialmente quanto à rotulagem e à exposição de nome, função e estado, reduzindo a previsibilidade da interação e aumentando a carga cognitiva. Em conjunto, esses problemas limitam a compreensão dos dados financeiros e comprometem a experiência de uso da plataforma.

**Palavras-chave:** UX - User Experience, UI - User Interface, WCAG - Web Content Accessibility Guidelines, Tesouro Direto, Heurísticas de Nielsen.

---

## Lista de ilustrações

Figura 1 – Execução da ferramenta Lighthouse na análise da seção de Histórico e Taxas . . . . .	26
Figura 2 – Execução da ferramenta Web Accessibility Evaluation Tools (WAVE) na análise de acessibilidade da página . . . . .	27
Figura 3 – Estrutura visual de cartões organizada em listas. . . . .	38
Figura 4 – Identificação textual da estrutura dos cartões. . . . .	39
Figura 5 – Identificação textual o Button. . . . .	40
Figura 6 – Identificação textual um Input. . . . .	40
Figura 7 – Distribuição dos critérios Diretrizes de Acessibilidade para Conteúdo Web (WCAG) avaliados na análise manual . . . . .	44

---

## **Lista de tabelas**

Tabela 1 – Síntese dos resultados da avaliação manual (escopo inspecionado) . . . 46

---

# Lista de siglas

**ARIA** Aplicações Ricas para Internet Acessíveis - *Accessible Rich Internet Applications*

**CLS** Mudança Cumulativa de Layout - *Cumulative Layout Shift*

**COOP** Política de Abertura de Origem Cruzada - *Cross-Origin-Opener-Policy*

**CSP** Política de Segurança de Conteúdo - *Content Security Policy*

**DOM** Modelo de Objetos do Documento - *Document Object Model*

**HTML** Linguagem de Marcação de Hipertexto - *HyperText Markup Language*

**HTTP** Protocolo de Transferência de Hipertexto - *Hypertext Transfer Protocol*

**LCP** Maior Pintura de Conteúdo - *Largest Contentful Paint*

**TBT** Tempo Total de Bloqueio - *Total Blocking Time*

**UX** Experiência do Usuário - *User Experience*

**UI** Interface do Usuário - *User Interface*

**IHC** Interação Humano-Computador - *Human-Computer Interaction*

**WCAG** Diretrizes de Acessibilidade para Conteúdo Web - *Web Content Accessibility Guidelines*

**XSS** Cross-Site Scripting

**WAVE** Web Accessibility Evaluation Tools

**API** Interface de Programação de Aplicação - *Application Programming Interface*

**SEO** Otimização para Mecanismos de Busca - *Search Engine Optimization*

**HSTS** Segurança Estrita de Transporte HTTP - *HTTP Strict Transport Security*

**FCP** Primeira Pintura de Conteúdo - *First Contentful Paint*

---

# Sumário

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> . . . . .	<b>12</b>
<b>1.1</b>	<b>Motivação</b> . . . . .	<b>12</b>
<b>1.2</b>	<b>Problema</b> . . . . .	<b>13</b>
<b>1.3</b>	<b>Hipótese</b> . . . . .	<b>14</b>
<b>1.4</b>	<b>Objetivos</b> . . . . .	<b>14</b>
1.4.1	Objetivos Específicos . . . . .	14
<b>1.5</b>	<b>Contribuições</b> . . . . .	<b>15</b>
<b>1.6</b>	<b>Organização da Monografia</b> . . . . .	<b>15</b>
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E TRABALHOS RELACIONADOS</b> . . . . .	<b>16</b>
<b>2.1</b>	<b>Fundamentação Teórica</b> . . . . .	<b>17</b>
2.1.1	Plataformas Governamentais e Investimento Público . . . . .	17
2.1.2	Visualização de Dados Financeiros . . . . .	17
2.1.3	Usabilidade em Plataformas Digitais . . . . .	18
2.1.4	Interação Humano-Computador (Interação Humano-Computador (IHC)) e Experiência do Usuário (UX) . . . . .	19
2.1.5	Acessibilidade Web e as Diretrizes WCAG . . . . .	20
<b>2.2</b>	<b>Trabalhos Correlatos e Síntese Crítica</b> . . . . .	<b>22</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b> . . . . .	<b>24</b>
<b>3.1</b>	<b>Metodologia</b> . . . . .	<b>24</b>
3.1.1	Justificativa do Foco da Análise . . . . .	24
3.1.2	Método para a Avaliação Automática . . . . .	25
3.1.3	Método para a Avaliação Manual . . . . .	27
3.1.4	Organização e Classificação dos Resultados da Avaliação . . . . .	28
<b>4</b>	<b>RESULTADOS</b> . . . . .	<b>30</b>

<b>4.1</b>	<b>Resultados da Análise Automática</b>	<b>30</b>
4.1.1	Critérios Bem-Sucedidos nas Avaliações	31
4.1.2	Falhas e Alertas Identificados nas Avaliações	33
4.1.3	Recomendações Complementares de Acessibilidade e Segurança	35
4.1.4	Resultados de desempenho	36
<b>4.2</b>	<b>Resultados da Análise Manual</b>	<b>37</b>
4.2.1	Critérios Bem-Sucedidos na Análise	38
4.2.2	Falhas e Alertas Identificados nas Avaliações	40
4.2.3	Resultados Métricos das Avaliações Manual	44
<b>4.3</b>	<b>Interpretação dos resultados</b>	<b>46</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	<b>48</b>
5.1	Principais Contribuições	49
5.2	Trabalhos Futuros	49
5.3	Contribuições em Produção Bibliográfica	50
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>51</b>

---

# Introdução

A transformação digital tem alterado significativamente a forma como os cidadãos acessam serviços e tomam decisões financeiras (MONTEIRO, 2020). O Tesouro Direto, como principal plataforma pública de investimento em títulos, ampliou a inclusão financeira ao permitir que qualquer pessoa invista diretamente pela internet. No entanto, a simples disponibilidade técnica não garante uma experiência eficaz mas ainda persistem falhas de usabilidade, interfaces pouco intuitivas e ausência de recursos de acessibilidade, fatores que limitam o uso por grande parte dos potenciais investidores, especialmente iniciantes, idosos e pessoas com deficiência (FORTES et al., 2016; MELO, 2023).

Esse cenário é particularmente crítico na seção Histórico de Preços e Taxas, onde a linguagem técnica, o excesso de informações e a ausência de recursos visuais claros dificultam a interpretação dos dados. Assim, o problema central que orienta este trabalho é a falta de usabilidade (IHC), UX e Interface do Usuário (UI) acessível na visualização das informações financeiras do Tesouro Direto.

Diante disso, este estudo propõe a aplicação sistemática de princípios de design centrado no usuário (NIELSEN, 1994), boas práticas de UX/UI (GOMES et al., 2015) e diretrizes consolidadas de acessibilidade digital (World Wide Web Consortium, 2023), com o objetivo de reformular a apresentação do histórico de preços e taxas no Tesouro Direto, tornando-a mais clara, intuitiva e inclusiva.

## 1.1 Motivação

Independente dos avanços tecnológicos, ainda são perceptíveis falhas significativas na experiência dos usuários em plataformas de investimento público (MELO, 2023; MONTEIRO, 2020). A ausência de soluções visuais intuitivas, a complexidade na apresentação das informações financeiras e a insuficiente atenção aos aspectos de acessibilidade tornam o processo de investimento pouco atrativo, sobretudo para usuários iniciantes (GOMES et al., 2015; PINHEIRO et al., 2022).

Diversos estudos destacam a importância da experiência do usuário (UX) e da acessibilidade em ambientes digitais (NIELSEN, 1994; World Wide Web Consortium, 2023; FORTES et al., 2016). Entretanto, observa-se uma lacuna quanto à aplicação efetiva desses princípios em plataformas governamentais voltadas ao investimento financeiro. Esse cenário revela uma oportunidade de pesquisa, ao considerar como o design centrado no usuário e as boas práticas de UX/UI podem aprimorar a experiência do usuário (SILVA et al., 2022).

## 1.2 Problema

Apesar da ampliação do acesso às plataformas digitais de investimento público, como o Tesouro Direto, ainda persiste a questão de se essas interfaces são, de fato, compreensíveis e utilizáveis por diferentes perfis de usuários. A experiência de navegação nesses ambientes é frequentemente associada ao uso de linguagem excessivamente técnica, organização visual confusa e estrutura informacional pouco intuitiva, fatores que podem comprometer a inclusão financeira de públicos menos experientes (SANTANA et al., 2025).

Esse cenário evidencia uma lacuna entre a disponibilidade tecnológica e a capacidade real de utilização dessas plataformas com segurança, autonomia e entendimento adequado. Conforme apontado por Nielsen 1994, sistemas digitais eficazes devem reduzir a carga cognitiva do usuário, oferecer feedback claro e adotar modelos mentais consistentes. No entanto, em plataformas financeiras públicas brasileiras, há indícios de que tais princípios nem sempre são observados de forma sistemática, o que pode resultar em fluxos confusos, ausência de orientação e dificuldades na comparação entre opções de investimento.

Além disso, a acessibilidade digital constitui um ponto crítico que precisa ser investigado com maior profundidade. Estudos como os de Fortes et al. (2016) mostram que, mesmo quando os sistemas são funcionalmente completos, a ausência de requisitos de acessibilidade — como contraste adequado, navegação por teclado e suporte a leitores de tela — pode excluir uma parcela significativa da população. As Web Content Accessibility Guidelines (World Wide Web Consortium, 2023), desenvolvidas pelo W3C 2023, estabelecem critérios técnicos e perceptuais fundamentais para garantir o acesso equitativo à informação, mas sua aplicação efetiva em plataformas financeiras públicas ainda demanda investigação.

No contexto institucional, Monteiro (2020) e Melo (2023) identificam baixa maturidade em UX nas aplicações governamentais brasileiras, marcada por ausência de diretrizes claras, falta de padronização visual e resistência à adoção de práticas centradas no usuário. Tais características podem se refletir em interfaces com fluxos pouco intuitivos e informações excessivamente complexas, exigindo do usuário esforço cognitivo adicional para interpretar dados e concluir tarefas. Isso levanta a necessidade de investigar em que medida tais barreiras também se manifestam no Tesouro Direto, especialmente em uma

seção orientada à consulta e interpretação de informações financeiras.

Por fim, há evidências de que a vulnerabilidade financeira entre populações de baixa renda está relacionada não apenas ao acesso às ferramentas de investimento, mas também à dificuldade de compreendê-las (BRASIL, ; MACHADO, 2025). Nesse sentido, investigar como aspectos de usabilidade, acessibilidade e clareza informacional se manifestam na interface do Tesouro Direto torna-se relevante para compreender se a plataforma, em sua configuração atual, favorece ou limita seu papel como instrumento de inclusão social e financeira.

## 1.3 Hipótese

Parte-se da hipótese de que a aplicação de uma análise sistemática, baseada em princípios de Experiência do Usuário (UX), heurísticas de Nielsen (NIELSEN, 1994) e diretrizes de acessibilidade digital (World Wide Web Consortium, 2023), é capaz de evidenciar barreiras de usabilidade e acessibilidade na seção de histórico e taxas do Tesouro Direto, as quais comprometem a compreensão das informações financeiras, aumentam a carga cognitiva e reduzem a eficiência e a autonomia na interação por usuários leigos e públicos vulneráveis.

## 1.4 Objetivos

Parte-se da hipótese de que a análise da seção de histórico e taxas do Tesouro Direto, estruturada a partir de princípios de Experiência do Usuário (UX), usabilidade (NIELSEN, 1994) e acessibilidade digital (World Wide Web Consortium, 2023), pode contribuir para identificar barreiras na compreensão das informações financeiras, relacionadas à sobrecarga cognitiva e às dificuldades de acesso enfrentadas por usuários leigos e públicos vulneráveis.

### 1.4.1 Objetivos Específicos

- ❑ Analisar as limitações de usabilidade e acessibilidade presentes na visualização de preços e taxas do Tesouro Direto, com base em princípios de UX, nas heurísticas de Nielsen e nas diretrizes das WCAGs (World Wide Web Consortium, 2023);
- ❑ Revisar a literatura sobre dificuldades de compreensão em plataformas de investimento e suas implicações na tomada de decisão do usuário leigo;
- ❑ Investigar, na literatura especializada, as melhores práticas de usabilidade (NIELSEN, 1994), design para web (MEMÓRIA, 2006), acessibilidade digital (World Wide Web Consortium, 2023) e visualização de informações financeiras, utilizando esse referencial para embasar a análise crítica da plataforma;

- ❑ Identificar, a partir das avaliações realizadas, as principais barreiras que afetam a compreensão das informações financeiras, a carga cognitiva e a eficiência de uso;
- ❑ Relacionar os resultados obtidos com os princípios de usabilidade e acessibilidade, verificando em que medida as barreiras identificadas impactam a autonomia de uso e a experiência do usuário.

## 1.5 Contribuições

Este trabalho busca contribuir para a compreensão de aspectos de usabilidade e acessibilidade no acesso às informações financeiras do Tesouro Direto, especificamente na seção de *Histórico de Preços e Taxas*. A pesquisa realiza uma análise sistemática da interface existente, com o objetivo de identificar barreiras que possam dificultar a interpretação dos dados apresentados na plataforma.

A partir da aplicação de princípios de IHC, diretrizes de acessibilidade das WCAGs e heurísticas de usabilidade, o estudo busca evidenciar problemas relacionados à clareza informacional, navegação e compreensão dos dados históricos dos títulos públicos.

Espera-se que os resultados obtidos contribuam para ampliar o debate sobre acessibilidade e usabilidade em plataformas financeiras públicas, oferecendo subsídios para futuras melhorias na forma como essas informações são apresentadas aos usuários.

## 1.6 Organização da Monografia

Essa monografia está organizada em 5 capítulos, descritos a seguir:

- ❑ Capítulo 2: Fundamentação teórica e Trabalhos relacionados;
- ❑ Capítulo 3: Experimentos e Resultados;
- ❑ Capítulo 4: Conclusão;
- ❑ Capítulo 5: Referências;

---

## Fundamentação Teórica e Trabalhos Relacionados

A experiência do usuário em plataformas digitais de investimento depende diretamente de fatores como usabilidade, acessibilidade e clareza informacional. Quando esses elementos não são considerados de forma adequada, o acesso e a interpretação dos dados tornam-se mais complexos, o que pode comprometer tanto a compreensão quanto o uso seguro de serviços como o Tesouro Direto.

Com a crescente digitalização do mercado financeiro, torna-se essencial compreender como práticas de design centrado no usuário e princípios de interação podem contribuir para interfaces mais intuitivas e eficientes. Da mesma forma, a adoção de diretrizes de acessibilidade é fundamental para garantir que diferentes perfis de usuários consigam navegar, interpretar e utilizar as plataformas de maneira equitativa.

Nesse contexto, este capítulo apresenta os fundamentos que orientam o desenvolvimento de interfaces mais claras, inclusivas e alinhadas às necessidades dos usuários. Inicialmente, são discutidos os conceitos centrais relacionados à usabilidade, acessibilidade e experiência do usuário, que formam a base teórica deste estudo. Em seguida, são exploradas abordagens que reforçam a importância de integrar esses princípios no aprimoramento de plataformas financeiras públicas, destacando seu papel na promoção da inclusão digital e na ampliação do acesso às informações de investimento.

Essa estrutura estabelece o alicerce conceitual necessário para compreender como técnicas de IHC podem contribuir para soluções mais seguras, acessíveis e eficazes, preparando o terreno para as análises e discussões desenvolvidas nos capítulos seguintes.

## 2.1 Fundamentação Teórica

### 2.1.1 Plataformas Governamentais e Investimento Público

As plataformas digitais governamentais têm desempenhado papel cada vez mais relevante na disponibilização de serviços financeiros ao cidadão. Segundo Monteiro (2020), a transformação digital trouxe novas possibilidades de acesso a investimentos públicos, ampliando o alcance de ferramentas como o Tesouro Direto. Contudo, a simples digitalização não assegura inclusão efetiva: é necessário garantir que os sistemas sejam claros, acessíveis e orientados às necessidades dos diferentes perfis de usuários.

Estudos recentes apontam que a maturidade em UX e UI das plataformas governamentais brasileiras ainda é limitada. Melo (2023) identificam que a ausência de padronização visual, a linguagem excessivamente técnica e os fluxos pouco intuitivos dificultam a interação. Esse cenário compromete não apenas a experiência do usuário, mas também a confiança nos serviços públicos digitais.

No caso específico do Tesouro Direto, SILVA et al. (2022) destacam que a seção de histórico de preços e taxas apresenta desafios de compreensão, com excesso de informações textuais e ausência de recursos de apoio, como visualizações claras ou explicações contextuais. Tais falhas impactam diretamente a tomada de decisão financeira, criando barreiras que desestimulam o uso da plataforma por públicos iniciantes.

Assim, os problemas observados no Tesouro Direto refletem um padrão mais amplo das aplicações digitais públicas no Brasil, onde a falta de princípios bem estabelecidos de UX/UI compromete o potencial de democratização do acesso a serviços financeiros. Uma abordagem centrada no usuário, aliada a práticas de acessibilidade e design inclusivo, torna-se indispensável para que essas plataformas cumpram seu papel de instrumentos de inclusão social e financeira (MELO, 2023; MONTEIRO, 2020; SILVA et al., 2022).

### 2.1.2 Visualização de Dados Financeiros

A visualização da informação desempenha papel fundamental na compreensão de conteúdos complexos, especialmente em contextos como o das finanças públicas, onde os dados apresentam alta densidade informacional e terminologia técnica. Segundo Memória (2006), a organização gráfica e o uso adequado de elementos visuais como cores, tipografia e disposição espacial são determinantes para reduzir a carga cognitiva e favorecer a leitura eficiente.

No caso do Tesouro Direto, gráficos e tabelas são recursos centrais para que o usuário consiga comparar taxas, prazos e rentabilidades. Entretanto, quando esses elementos são apresentados de forma confusa, sem hierarquia visual ou explicações contextuais, acabam se tornando barreiras à compreensão (SANTANA et al., 2025). A clareza informacional, portanto, é essencial para transformar dados técnicos em conhecimento acessível, possibi-

litando que até investidores iniciantes possam interpretar as informações com autonomia.

Estratégias de simplificação, como o uso de gráficos comparativos claros, microtextos explicativos e legendas intuitivas, contribuem diretamente para o engajamento do usuário e reduzem a probabilidade de erros de interpretação. Estudos recentes destacam que a ausência de tais recursos dificulta a tomada de decisão consciente e pode reforçar a exclusão de grupos com menor letramento financeiro (MACHADO, 2025; SANTANA et al., 2025).

Dessa forma, a visualização de dados financeiros deve ser compreendida não apenas como recurso estético, mas como ferramenta de inclusão. Ao transformar informações técnicas em representações visuais claras e contextualizadas, promove-se maior autonomia, reduz-se a dependência de intermediários e fortalece-se a cidadania financeira dos usuários (MEMÓRIA, 2006; MACHADO, 2025).

### 2.1.3 Usabilidade em Plataformas Digitais

A usabilidade é um dos pilares fundamentais para o sucesso de plataformas digitais, pois impacta diretamente na forma como os usuários compreendem e interagem com informações complexas (NIELSEN, 1994). Nielsen 1994 propôs dez heurísticas amplamente utilizadas, como visibilidade do status do sistema, consistência, prevenção de erros e controle do usuário, que até hoje orientam o design de interfaces. Em ambientes financeiros, essas diretrizes são especialmente relevantes, já que os usuários lidam com dados sensíveis e de alta densidade informacional. Segundo Gomes et al. 2015, o uso inadequado de linguagem técnica, sobrecarga visual e falta de feedback claro contribuem para o aumento da carga cognitiva, dificultando o processo de tomada de decisão. A literatura em IHC reforça que sistemas eficazes devem respeitar os modelos mentais dos usuários, ou seja, alinhar a interface às expectativas e conhecimentos prévios do público, de modo a evitar frustrações e abandono da plataforma (NIELSEN, 1994; GOMES et al., 2015).

No contexto das plataformas governamentais, Pinheiro et al. 2022 identificam falhas recorrentes, como inconsistências visuais, ausência de orientação durante a navegação e dificuldades na comparação de informações. Esses problemas não apenas prejudicam a experiência, mas também limitam a inclusão digital, afastando públicos menos familiarizados com o vocabulário técnico-financeiro.

Assim, aplicar as heurísticas de Nielsen 1994 em conjunto com recomendações recentes de usabilidade (GOMES et al., 2015; PINHEIRO et al., 2022) se mostra essencial para reduzir a sobrecarga cognitiva, apoiar a compreensão e democratizar o acesso às informações financeiras em plataformas digitais.

## 2.1.4 Interação Humano-Computador (IHC) e Experiência do Usuário (UX)

A Interação Humano-Computador (IHC) estuda a relação entre usuários e sistemas digitais, buscando compreender como interfaces podem ser construídas para serem mais eficientes, intuitivas e acessíveis (NIELSEN, 1994). Nielsen 1994 destaca que a usabilidade é um dos pilares centrais desse processo, fundamentada na facilidade de aprendizado, eficiência de uso, prevenção de erros e satisfação do usuário.

De acordo com Memória 2006, o design de interfaces deve reduzir a carga cognitiva por meio de organização visual clara, padronização e uso adequado da hierarquia informacional. Gomes et al. 2015 complementam que fatores como estética, consistência, responsividade e acessibilidade são componentes essenciais para a qualidade da experiência do usuário (UX).

No contexto de plataformas públicas, pesquisadores têm identificado desafios estruturais relacionados à usabilidade e experiência do usuário. Monteiro 2020 aponta a baixa maturidade em UX nas plataformas governamentais brasileiras, enquanto Melo 2023 observa ausência de padronização visual e resistência à adoção de práticas de design centrado no usuário. Em aplicações financeiras públicas, como o Tesouro Direto, tais limitações ampliam barreiras cognitivas e dificultam a compreensão de informações complexas, conforme discutido por Pinheiro et al. 2022.

Além disso, a acessibilidade digital guiada pelas *WCAG 2.2* (World Wide Web Consortium, 2023) complementa os princípios de IHC ao assegurar que usuários com diferentes necessidades consigam interpretar e interagir com as interfaces de modo eficiente. Como reforçam Fortes et al. 2016, a ausência de recursos de acessibilidade em sistemas públicos contribui para ampliar desigualdades sociais e comprometer a autonomia do cidadão em serviços essenciais.

Assim, a literatura converge ao demonstrar que a integração entre usabilidade, heurísticas, design visual e acessibilidade é fundamental para o aprimoramento de plataformas financeiras públicas. Esses princípios orientam as análises realizadas neste trabalho, servindo de base metodológica para identificar problemas de interação e servindo de base metodológica para identificar problemas estruturais e discutir caminhos para aprimoramento nos capítulos seguintes.

### 2.1.4.1 As Dez Heurísticas de Nielsen

As heurísticas de Nielsen constituem um conjunto de diretrizes amplamente reconhecidas na área de IHC para identificar problemas de usabilidade e orientar a construção de interfaces mais claras e eficientes. Elas permitem avaliar de forma sistemática a qualidade de interação, a previsibilidade dos elementos e a facilidade de navegação. As dez heurísticas são:

1. **Visibilidade do status do sistema:** O sistema deve manter os usuários informados sobre o que está acontecendo, por meio de feedback apropriado e em tempo razoável.
2. **Compatibilidade entre o sistema e o mundo real:** A interface deve empregar linguagem, metáforas e estruturas familiares ao usuário, seguindo convenções do mundo real.
3. **Controle e liberdade do usuário:** Deve haver mecanismos claros para desfazer e refazer ações, além de permitir que o usuário recupere facilmente o controle em fluxos inesperados.
4. **Consistência e padronização:** Elementos semelhantes devem manter comportamento previsível, reduzindo ambiguidades e a necessidade de reaprendizado.
5. **Prevenção de erros:** Interfaces bem projetadas devem minimizar a ocorrência de erros por meio de restrições, avisos e validações preventivas.
6. **Reconhecimento em vez de memorização:** A interface deve priorizar elementos visíveis e acessíveis, reduzindo a necessidade de o usuário memorizar passos ou informações para concluir tarefas.
7. **Eficiência e flexibilidade de uso:** Usuários experientes devem ter atalhos e recursos avançados disponíveis, enquanto usuários iniciantes devem operar facilmente com caminhos básicos.
8. **Estética e design minimalista:** Informações irrelevantes ou excessivas devem ser evitadas, mantendo o foco nas ações principais e reduzindo sobrecarga cognitiva.
9. **Ajuda no diagnóstico e recuperação de erros:** As mensagens de erro devem ser claras, indicar o problema de forma objetiva e orientar o usuário sobre como resolvê-lo.
10. **Ajuda e documentação:** Embora o ideal seja que a interface seja intuitiva, documentação e recursos de ajuda devem estar disponíveis para orientar o usuário sempre que necessário.

### 2.1.5 Acessibilidade Web e as Diretrizes WCAG

As Diretrizes de Acessibilidade para Conteúdo Web, conhecidas pelo acrônimo WCAG (Web Content Accessibility Guidelines), constituem o principal conjunto de recomendações internacionais voltadas à promoção da acessibilidade em conteúdos web. As WCAG

são desenvolvidas e mantidas pela World Wide Web Consortium (World Wide Web Consortium, 2023), organização internacional sem fins lucrativos fundada em 1994, cujo objetivo é estabelecer padrões abertos para a web, assegurando sua evolução de forma consistente, interoperável e acessível a todas as pessoas, independentemente de plataforma, dispositivo ou localização geográfica.

No âmbito da acessibilidade digital, a W3C mantém um grupo de trabalho dedicado à definição de diretrizes e boas práticas voltadas à inclusão de pessoas com necessidades especiais, abrangendo usuários com deficiências visuais, auditivas, motoras e cognitivas (World Wide Web Consortium, 2023).

As (World Wide Web Consortium, 2023) representam o principal referencial técnico adotado internacionalmente para avaliação e desenvolvimento de sistemas acessíveis. Essas diretrizes estabelecem critérios de sucesso (Success Criteria – SC) mensuráveis e objetivos, organizados em três níveis de conformidade progressivos, que indicam o grau de acessibilidade alcançado por um conteúdo web:

1. **Nível A (Mínimo)**: Compreende os critérios essenciais sem os quais muitas pessoas com deficiência não conseguirão utilizar o conteúdo. Inclui requisitos básicos como:
  - Alternativas textuais para imagens (Critério 1.1.1)
  - Controle completo por teclado (Critério 2.1.1)
  - Identificação do idioma da página (Critério 3.1.1)
2. **Nível AA (Intermediário)**: Abrange critérios que removem barreiras significativas para diferentes grupos de usuários. Inclui requisitos como:
  - Contraste mínimo de 4,5:1 para texto normal (Critério 1.4.3)
  - Navegação consistente (Critério 3.2.3)
  - Tratamento de erros em formulários (Critério 3.3.1)

Este nível é frequentemente adotado como padrão mínimo em políticas de acessibilidade institucionais.

3. **Nível AAA (Avançado)**: Compreende critérios que proporcionam o mais alto grau de acessibilidade, embora nem sempre sejam aplicáveis em todos os contextos. Inclui requisitos como:
  - Contraste reforçado de 7:1 para texto normal (Critério 1.4.6)
  - Apresentação visual de blocos de texto (Critério 1.4.8)
  - Mecanismos de ajuda contextual (Critério 3.3.5)

As WCAG estão estruturadas em quatro princípios fundamentais que fundamentam toda a arquitetura das diretrizes:

1. **Perceptível:** A informação e os componentes da interface devem ser apresentados de modo que os usuários possam percebê-los.
2. **Operável:** Os componentes de interface e navegação devem ser operáveis por todos os usuários.
3. **Compreensível:** A informação e a operação da interface devem ser compreensíveis.
4. **Robusto:** O conteúdo deve ser suficientemente robusto para ser interpretado de forma confiável por uma ampla variedade de agentes de usuário, incluindo tecnologias assistivas.

Para cada critério de sucesso, a W3C fornece documentos de suporte (*Understanding Docs*) que explicam sua intenção, aplicabilidade e implicações para diferentes usuários. Estes documentos vinculam:

- ❑ **Técnicas suficientes:** Práticas que, quando implementadas corretamente, garantem a conformidade com o critério
- ❑ **Técnicas aconselháveis:** Práticas adicionais que podem melhorar a acessibilidade
- ❑ **Falhas conhecidas:** Exemplos de implementações que violam diretamente o critério

No contexto de sistemas governamentais e financeiros, como o Tesouro Direto, a conformidade com as WCAGs assume relevância crítica, uma vez que tais plataformas constituem canais de acesso a serviços públicos essenciais. Conforme demonstrado por Fortes et al. (2016), a ausência de acessibilidade em sistemas digitais não apenas reforça desigualdades sociais, mas impede o pleno exercício da cidadania. Estudos específicos do domínio financeiro, como os de Gomes et al. (2015) e Pinheiro et al. (2022), evidenciam que a inacessibilidade compromete a confiança do usuário e a usabilidade das plataformas, dificultando processos decisórios e a autonomia na gestão financeira.

A avaliação da conformidade com as WCAG, portanto, requer uma abordagem sistemática que combine ferramentas de avaliação automática com inspeção manual minuciosa, seguindo a estrutura hierárquica de princípios, diretrizes e critérios estabelecida pela W3C. Esta fundamentação técnica fornece a base metodológica para a análise de acessibilidade que será realizada neste trabalho, permitindo a identificação objetiva de barreiras e a proposição de correções alinhadas com as melhores práticas internacionais de acessibilidade digital.

## 2.2 Trabalhos Correlatos e Síntese Crítica

Diversos estudos têm se dedicado a analisar a experiência do usuário em sistemas digitais governamentais no Brasil, ainda que de forma fragmentada. Pinheiro et al. (2022)

discutem limitações de usabilidade em portais públicos, ressaltando a dificuldade de navegação e a ausência de padrões consistentes de design. De forma semelhante, Melo (2023) identificam a baixa maturidade em UX nas aplicações digitais governamentais, com ênfase na carência de padronização visual e na falta de soluções simples e consistentes que facilitem o uso.

No campo da visualização de dados em ambientes financeiros, Santana et al. (2025) destacam a importância de representações gráficas simplificadas e contextualizadas para públicos com menor letramento financeiro, enquanto Machado (2025) demonstram que a falta de clareza informacional compromete a tomada de decisão consciente. Já no caso específico do Tesouro Direto, SILVA et al. (2022) apontam falhas significativas na seção de histórico de preços e taxas, que incluem excesso de informações textuais, ausência de recursos visuais intuitivos e falta de explicações contextuais.

Quanto à acessibilidade, Fortes et al. (2016) evidenciam que a exclusão digital provocada pela ausência de recursos como contraste adequado, navegação por teclado e suporte a leitores de tela reforça desigualdades no acesso a serviços públicos. Essas constatações se alinham às diretrizes da World Wide Web Consortium (2023), que enfatizam a necessidade de sistemas perceptíveis, operáveis, compreensíveis e robustos.

Apesar dos avanços pontuais, observa-se uma lacuna importante: poucos estudos têm aplicado simultaneamente os princípios de UX, usabilidade e acessibilidade ao caso específico do Tesouro Direto, especialmente em sua seção de visualização de preços e taxas. A literatura demonstra a relevância de cada um desses aspectos isoladamente, mas ainda carece de propostas integradas que respondam ao desafio de simplificar, democratizar e tornar inclusivo o acesso às informações financeiras em plataformas públicas.

Dessa forma, a presente pesquisa busca preencher essa lacuna ao realizar uma avaliação integrada da seção de histórico e taxas do Tesouro Direto, fundamentada em heurísticas de usabilidade (NIELSEN, 1994), diretrizes de acessibilidade digital (World Wide Web Consortium, 2023) e boas práticas de visualização da informação (MEMÓRIA, 2006). Ao articular essas dimensões, pretende-se contribuir para a identificação sistemática de barreiras e oportunidades de melhoria, promovendo maior inclusão financeira e digital no contexto de plataformas públicas.

---

## Metodologia

Para este trabalho, foi realizada uma avaliação sistemática da seção de Histórico e Taxas do Tesouro Direto, com base em princípios consolidados de usabilidade, acessibilidade e visualização da informação. O objetivo foi identificar barreiras que impactam a compreensão, a navegação e a interpretação dos dados apresentados na plataforma.

A análise empregou três abordagens complementares: (i) uma avaliação heurística baseada nas Dez Heurísticas de Nielsen; (ii) uma avaliação de acessibilidade fundamentada nos critérios de sucesso das WCAG; e (iii) uma análise da visualização da informação, considerando práticas reconhecidas de clareza, hierarquia visual e redução da carga cognitiva.

Este capítulo descreve os procedimentos adotados para a condução das avaliações realizadas, bem como a forma de organização e apresentação dos resultados obtidos. A Seção 3.1 apresenta a justificativa para a escolha da seção de Histórico e Taxas como foco da análise. A Seção 3.2 detalha o método de avaliação automática adotado. Por fim, a Seção 3.3 descreve a metodologia empregada na avaliação manual, fundamentada nas diretrizes das WCAG e nas Heurísticas de Nielsen.

### 3.1 Metodologia

#### 3.1.1 Justificativa do Foco da Análise

A seção de Histórico e Taxas do Tesouro Direto foi selecionada como foco da análise por ser uma das áreas mais relevantes da plataforma, reunindo informações essenciais sobre a dinâmica dos títulos públicos federais. Nessa página, o usuário acompanha séries históricas, variações de taxas, indicadores e comparações fundamentais para a tomada de decisões financeiras. Assim, qualquer barreira de usabilidade, acessibilidade ou clareza informacional afeta diretamente a autonomia e a capacidade interpretativa do investidor.

Para avaliar a eficácia dessa seção, foram utilizadas metodologias complementares: ferramentas automáticas de auditoria (Lighthouse e WAVE) e uma análise manual funda-

mentada nas Heurísticas de Nielsen e nos critérios de sucesso das WCAG 2023. Embora Lighthouse e WAVE permitam identificar problemas estruturais, técnicos e de acessibilidade básica, suas avaliações não contemplam todos os aspectos necessários para uma análise completa. Ferramentas automáticas não conseguem avaliar adequadamente fatores como hierarquia informacional, compreensão dos gráficos, coerência dos fluxos de navegação, carga cognitiva ou clareza das interações e elementos essenciais em uma interface financeira complexa.

As diretrizes das WCAG 2023 reforçam que a conformidade total não pode ser determinada apenas por auditorias automáticas, uma vez que muitos critérios, especialmente aqueles relacionados aos princípios “Perceptível”, “Operável” e “Compreensível”, dependem de interpretação humana, contexto de uso e avaliação qualitativa. Dessa forma, a análise manual torna-se indispensável para identificar barreiras que afetam especificamente a experiência de leitura, navegação e interpretação de dados.

A complexidade estrutural da seção, com gráficos interativos, tabelas extensas, filtros temporais e blocos explicativos, reforça sua pertinência como objeto de estudo. Esses componentes exigem atenção especial tanto para usabilidade quanto para acessibilidade, pois qualquer falha pode resultar em interpretações equivocadas ou em dificuldades de acesso para usuários iniciantes ou com limitações sensoriais e cognitivas.

Por fim, muitos padrões visuais, comportamentais e funcionais presentes nessa página também aparecem em outras áreas do Tesouro Direto. Assim, analisar profundamente essa seção permite identificar problemas recorrentes e boas práticas que refletem o comportamento geral da plataforma. Conseqüentemente, essa escolha contribui para uma avaliação representativa, consistente e alinhada aos objetivos de investigar a experiência de uso, acessibilidade e clareza informacional do sistema.

### 3.1.2 Método para a Avaliação Automática

A avaliação automática da seção de Histórico e Taxas do Tesouro Direto foi conduzida utilizando duas ferramentas amplamente empregadas na análise de acessibilidade: o Lighthouse, integrado ao navegador Google Chrome, e o WAVE Evaluation Tool. O objetivo dessa etapa foi identificar, de maneira ágil e sistematizada, possíveis barreiras técnicas de acessibilidade presentes na página analisada, bem como obter uma visão inicial sobre sua conformidade com aspectos estruturais definidos pelas diretrizes WCAG 2023.

A adoção de avaliações automáticas justifica-se pela capacidade dessas ferramentas de identificar, em poucos instantes, problemas relacionados à semântica do código, estrutura do Linguagem de Marcação de Hipertexto (HTML), uso de Aplicações Ricas para Internet Acessíveis (ARIA), contraste de cores, rotulagem de elementos e suportes básicos para tecnologias assistivas. Embora essas ferramentas não substituam a avaliação manual, recomendada pelas próprias diretrizes da W3C — elas fornecem um mapeamento inicial valioso, capaz de guiar e complementar a análise qualitativa realizada posteriormente.

O Lighthouse é uma ferramenta open-source mantida pelo Google e integrada ao Chrome, sendo amplamente utilizada para avaliar páginas web em dimensões como desempenho, Otimização para Mecanismos de Busca (SEO), boas práticas e acessibilidade. Neste trabalho, foi utilizada exclusivamente a funcionalidade de acessibilidade, considerando que esta dimensão está diretamente relacionada ao objetivo do estudo. O Lighthouse opera simulando a navegação de um usuário real, avaliando a estrutura do conteúdo, o uso de elementos semânticos, compatibilidade com leitores de tela, informações textuais alternativas, propriedades ARIA e contrastes de cor, entre outros aspectos relevantes.

A Figura 1 apresenta a execução da ferramenta no ambiente de análise, evidenciando o processo de inspeção automatizada realizado neste estudo.

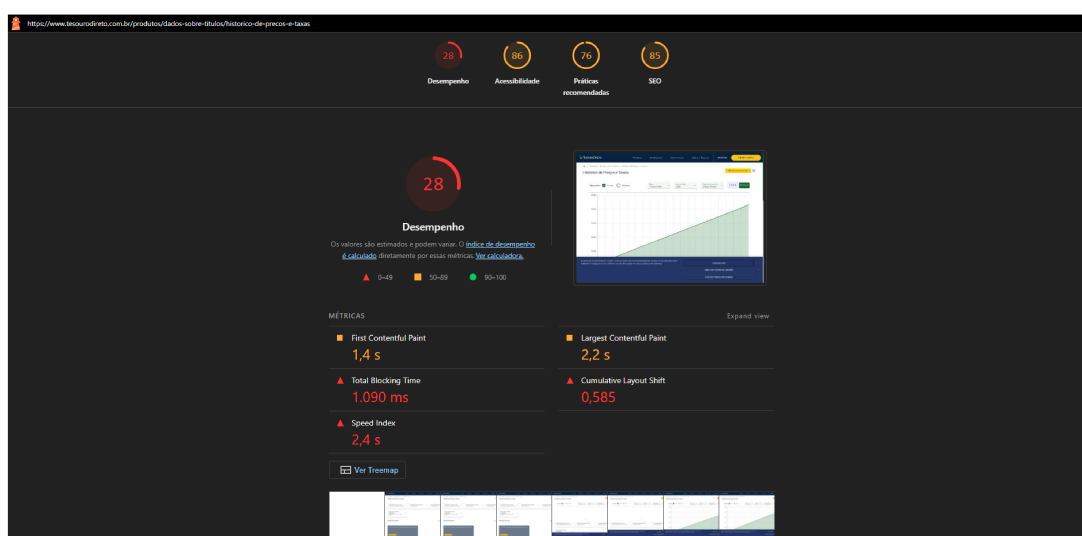


Figura 1 – Execução da ferramenta Lighthouse na análise da seção de Histórico e Taxas

Para a execução da análise, o Lighthouse foi configurado no modo “navigation”, utilizando o perfil de dispositivo “desktop”. Essa escolha se alinha à forma como a análise manual foi conduzida e reflete o cenário mais comum de uso para consultas detalhadas sobre títulos públicos, como séries históricas e gráficos de variação de taxas. Após acessar a seção de Histórico e Taxas, a ferramenta foi executada diretamente pelo Chrome Dev-Tools, gerando um relatório automático contendo a classificação dos critérios avaliados, itens bem-sucedidos e recomendações adicionais de inspeção manual.

Complementarmente, foi utilizada a ferramenta WAVE Evaluation Tool, que permite identificar aspectos estruturais e semânticos voltados especificamente para acessibilidade, como ausência de rótulos, problemas de contraste, uso inadequado de ARIA, erros de estrutura de cabeçalhos e elementos não textualizados. Seu uso visa ampliar a cobertura da análise automática, uma vez que WAVE e Lighthouse possuem abordagens complementares e, juntos, fornecem um diagnóstico mais abrangente.

A Figura 2 ilustra a execução da ferramenta WAVE, destacando os elementos identificados automaticamente na interface e os indicadores visuais de acessibilidade utilizados

na análise.

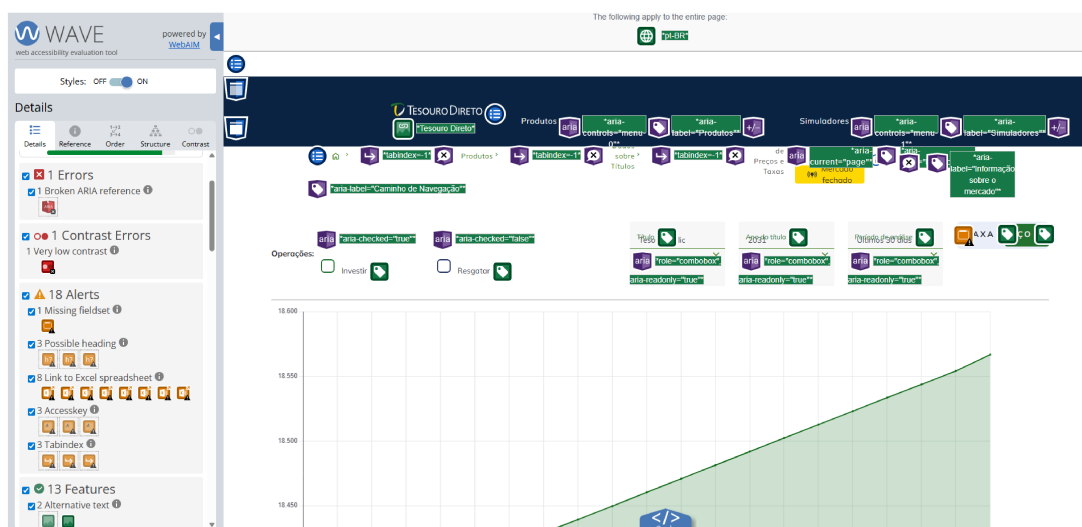


Figura 2 – Execução da ferramenta WAVE na análise de acessibilidade da página

Em ambas as ferramentas, os relatórios resultantes foram exportados e organizados conforme a estrutura apresentada pelos próprios sistemas, permitindo categorização clara dos achados. Essa etapa inicial serviu como base para orientar a avaliação manual posterior, conduzida com apoio das Heurísticas de Nielsen e das diretrizes (World Wide Web Consortium, 2023), que permitiram identificar barreiras não detectadas por métodos automáticos.

### 3.1.3 Método para a Avaliação Manual

A avaliação manual foi realizada com o objetivo de analisar aspectos de acessibilidade e usabilidade que atualmente não podem ser plenamente identificados por ferramentas automáticas. Essa etapa metodológica é fundamental, uma vez que diversos critérios das Diretrizes de Acessibilidade para Conteúdo Web exigem interpretação contextual, julgamento humano e análise qualitativa da interação, conforme recomendado pela própria World Wide Web Consortium (2023).

A avaliação manual foi conduzida a partir de duas abordagens complementares: (i) a verificação dos critérios de sucesso das Diretrizes de Acessibilidade para Conteúdo Web (WCAG 2.2) e (ii) a inspeção de usabilidade com base nas Heurísticas de Nielsen (NIELSEN, 1994). Essa combinação permite avaliar tanto a conformidade técnica da interface quanto a qualidade da experiência do usuário, abordagem amplamente adotada em estudos de Interação Humano-Computador (GOMES et al., 2015; PINHEIRO et al., 2022).

No que se refere às WCAG, foi analisados os critérios de sucesso aplicáveis à seção de Histórico e Taxas do Tesouro Direto, considerando prioritariamente os níveis de conformidade A e AA, que representam o patamar mínimo recomendado para sistemas públicos e serviços digitais essenciais (World Wide Web Consortium, 2023). A avaliação seguirá

a estrutura hierárquica proposta pela W3C, baseada nos quatro princípios fundamentais sendo Perceptível, Operável, Compreensível e Robusto, verificando, para cada critério, sua aplicação prática na interface analisada.

A inspeção manual considerou aspectos como a presença e adequação de alternativas textuais, a navegação por teclado, a clareza da estrutura semântica, a consistência da navegação, o tratamento de erros e a compreensão de elementos interativos, como gráficos, tabelas e filtros temporais. Para cada critério avaliado, serão registradas evidências de conformidade ou não conformidade, bem como observações qualitativas sobre o impacto dessas características na experiência do usuário, conforme sugerido por Fortes et al. 2016.

Complementarmente, foi realizada uma avaliação de usabilidade baseada nas dez Heurísticas de Nielsen (NIELSEN, 1994), amplamente utilizadas para inspeção de interfaces digitais. Essa etapa terá como foco a identificação de problemas relacionados à carga cognitiva, clareza informacional, consistência visual, controle do usuário e prevenção de erros, aspectos especialmente críticos em sistemas financeiros (MEMÓRIA, 2006; GOMES et al., 2015).

A avaliação manual foi realizada em ambiente desktop, utilizando um navegador web moderno, de forma consistente com a avaliação automática. Durante o processo, foram simuladas interações típicas de usuários da plataforma, como a consulta de séries históricas, comparação de taxas e interpretação de gráficos financeiros, permitindo avaliar a adequação da interface a cenários reais de uso (SILVA et al., 2022).

Os achados dessa etapa tiveram caráter analítico e descritivo, permitindo identificar barreiras que afetam a acessibilidade e a usabilidade da interface e que não são detectáveis por métodos automáticos. Esses resultados servirão de base para a organização, discussão e análise apresentados nos capítulos seguintes, bem como para a discussão crítica dos resultados à luz das boas práticas de acessibilidade digital e design centrado no usuário.

### 3.1.4 Organização e Classificação dos Resultados da Avaliação

Os resultados das avaliações realizadas foram organizados de forma estruturada, de modo a facilitar a análise e a interpretação. No que se refere à acessibilidade, os critérios de sucesso das Diretrizes de Acessibilidade para Conteúdo Web (World Wide Web Consortium, 2023) foram analisados individualmente e classificados de acordo com sua aplicabilidade e conformidade, utilizando as categorias “Passou”, “Falhou” ou “Não Aplicável” (World Wide Web Consortium, 2023). Essa classificação permitirá identificar de maneira objetiva quais aspectos da interface atendem aos requisitos mínimos de acessibilidade e quais apresentam barreiras relevantes para os usuários.

A avaliação considerará tanto a observação direta da interface quanto a análise de sua implementação técnica. Essa abordagem busca reduzir ambiguidades na interpretação dos critérios e assegurar maior consistência na classificação dos resultados. As decisões tomadas para cada critério serão acompanhadas de justificativas descritivas, fundamen-

tadas nas definições e recomendações presentes na documentação oficial das Diretrizes de Acessibilidade para Conteúdo Web.

No caso da usabilidade, os problemas identificados serão relacionados às Heurísticas de Nielsen correspondentes, permitindo associar cada achado a princípios consolidados de design de interfaces (NIELSEN, 1994). Essa organização facilita a identificação de padrões recorrentes de problemas e sua relação com a experiência do usuário, especialmente em um contexto financeiro, no qual clareza, consistência e redução da carga cognitiva são fundamentais.

Dessa forma, a organização dos resultados possibilita uma análise integrada entre acessibilidade e usabilidade, fornecendo subsídios para a discussão crítica dos achados e para a proposição de melhorias alinhadas às boas práticas de design centrado no usuário e acessibilidade digital.

---

## Resultados

Este capítulo apresenta os resultados obtidos a partir das avaliações realizadas na seção de Histórico e Taxas do site do Tesouro Direto. As análises foram conduzidas por meio de avaliações automáticas e manuais, com o objetivo de identificar aspectos relacionados à acessibilidade, usabilidade e apresentação das informações financeiras.

A Seção 4.1 apresenta os resultados das avaliações automáticas, realizadas com o auxílio das ferramentas Lighthouse e WAVE Evaluation Tool, destacando os principais achados, alertas e limitações dessas abordagens no contexto da página analisada. Esses resultados fornecem uma visão inicial sobre a conformidade técnica da interface com diretrizes de acessibilidade.

A Seção 4.2 descreve os resultados da avaliação manual, fundamentada nos critérios de sucesso das WCAG e nas Heurísticas de Nielsen, enfatizando os critérios atendidos, as falhas identificadas e os problemas de usabilidade e acessibilidade observados durante a interação com a página.

Por fim, a Seção 4.3 apresenta uma discussão dos resultados, relacionando os achados das avaliações automáticas e manuais e analisando seus impactos na compreensão das informações, na tomada de decisão financeira e na experiência de uso da plataforma.

### 4.1 Resultados da Análise Automática

A avaliação automática de acessibilidade da seção de Histórico e Taxas do site do Tesouro Direto foi realizada em 5 de janeiro de 2026, com o apoio das ferramentas Lighthouse e WAVE Evaluation Tool, amplamente utilizadas para a verificação inicial de conformidade com diretrizes de acessibilidade digital, em especial as Web Content Accessibility Guidelines (World Wide Web Consortium, 2023).

Essas ferramentas operam a partir da inspeção automatizada do código-fonte e da estrutura da página, analisando aspectos como o uso semântico de elementos HTML, a presença de atributos acessíveis, o contraste de cores, a identificação de elementos interativos e potenciais barreiras ao uso por tecnologias assistivas. A avaliação automática

permite, assim, uma identificação rápida de problemas técnicos recorrentes, fornecendo indicadores objetivos sobre o nível geral de acessibilidade da interface analisada.

Apesar de sua utilidade, as avaliações automáticas possuem limitações inerentes, uma vez que não são capazes de interpretar plenamente aspectos contextuais, cognitivos e comportamentais da interação humano-computador. Por esse motivo, os resultados obtidos por meio do Lighthouse e do WAVE foram considerados como uma etapa inicial do processo avaliativo, servindo de base para direcionar e complementar a avaliação manual descrita nas seções subsequentes.

Na sequência, são apresentados os principais achados provenientes das avaliações automáticas, organizados de acordo com os alertas, recomendações e verificações fornecidas pelas ferramentas utilizadas. Esses resultados são posteriormente confrontados com os achados da avaliação manual, permitindo uma análise mais abrangente da acessibilidade, da usabilidade e da clareza informacional da seção avaliada.

### 4.1.1 Critérios Bem-Sucedidos nas Avaliações

Esta subseção apresenta os critérios de acessibilidade considerados plenamente atendidos nas páginas de Histórico e Taxas do site do Tesouro Direto, com base nos relatórios gerados pelas ferramentas de avaliação automática Lighthouse e WAVE. Os resultados indicam aderência a boas práticas de acessibilidade digital estabelecidas pelas Diretrizes de Acessibilidade para Conteúdo Web (WCAG), evidenciando aspectos positivos da implementação atual da interface.

As ferramentas utilizadas possuem abordagens complementares: enquanto o Lighthouse realiza verificações técnicas estruturadas com base em regras automatizadas, o WAVE enfatiza a análise semântica e visual dos elementos da página. A convergência dos resultados reforça a confiabilidade dos critérios aqui apresentados.

#### 1. Uso adequado de atributos ARIA

Os elementos que utilizam atributos ARIA apresentam associação correta entre funções (roles) e atributos `[aria-*)`, com valores válidos e sem erros de nomenclatura. As análises automáticas confirmaram que não há uso de funções ARIA descontinuadas e que os atributos são empregados conforme especificado pelas normas. Essa implementação garante que tecnologias assistivas interpretem corretamente a função, o estado e o propósito dos componentes da interface.

Também foi identificado que o atributo `[aria-hidden="true"]` não é aplicado ao elemento `<body>` e que elementos ocultos não contêm descendentes focalizáveis, evitando a ocultação indevida de informações relevantes para usuários de leitores de tela.

#### 2. Elementos interativos com nomes acessíveis

Os elementos interativos, como botões, links e itens de menu, possuem nomes acessíveis

adequados e compreensíveis. Essa prática permite que leitores de tela anunciem corretamente a função de cada componente, favorecendo a navegação assistida e reduzindo ambiguidades no uso da interface.

### **3. Imagens com texto alternativo definido**

As imagens presentes nas páginas analisadas possuem atributos `alt` devidamente definidos. O texto alternativo descreve o conteúdo ou a função da imagem, inclusive nos casos em que imagens são utilizadas como links. Essa abordagem assegura a equivalência informacional entre usuários que visualizam as imagens e aqueles que dependem de tecnologias assistivas.

### **4. Campos de formulário com rótulos associados**

Os elementos de formulário analisados apresentam rótulos corretamente associados aos respectivos campos de entrada. Essa associação garante que leitores de tela anunciem de forma clara a finalidade de cada campo e contribui para a melhoria da usabilidade geral da interface, ao permitir a ativação do campo por meio do clique no rótulo.

### **5. Identificação correta do idioma da página**

As páginas avaliadas especificam corretamente o idioma do conteúdo por meio do atributo `lang` no elemento `<html>`, utilizando valores válidos conforme o padrão BCP 47. Essa configuração permite que leitores de tela utilizem a pronúncia adequada ao idioma do texto, evitando interpretações incorretas durante a leitura.

### **6. Estrutura semântica consistente**

Os itens de lista (`<li>`) encontram-se corretamente inseridos em elementos pais apropriados, como `<ul>` e `<ol>`, garantindo a interpretação adequada da estrutura do conteúdo por tecnologias assistivas. Além disso, os elementos de cabeçalho seguem uma ordem hierárquica sequencial, sem saltos de nível, o que facilita a compreensão da organização da informação e a navegação estrutural da página.

### **7. Contraste adequado entre texto e plano de fundo**

Foi identificado que as cores de primeiro plano e de fundo apresentam contraste suficiente para garantir a legibilidade do conteúdo. Esse critério é essencial para usuários com baixa visão ou daltonismo e atende às recomendações mínimas estabelecidas pelas WCAG para contraste visual.

### **8. Facilidade de navegação e interação**

Os elementos interativos possuem áreas de toque com tamanho e espaçamento adequados, facilitando a interação por usuários com limitações motoras ou que utilizam dispositivos de entrada menos precisos. Além disso, a página não restringe o uso de zoom por meio da meta tag `viewport`, permitindo a ampliação do conteúdo conforme as necessidades do usuário.

## 9. Identificação e orientação da página

As páginas analisadas possuem o elemento <title> devidamente definido, fornecendo uma identificação clara do conteúdo apresentado. Também foi verificada a presença de um ponto de referência principal (main landmark), que possibilita o acesso direto ao conteúdo central da página por meio de tecnologias assistivas, melhorando a orientação e a eficiência da navegação.

### 4.1.2 Falhas e Alertas Identificados nas Avaliações

Esta subseção apresenta as principais falhas e alertas de acessibilidade identificados nas páginas de Histórico e Taxas do site do Tesouro Direto, a partir das avaliações automáticas realizadas com as ferramentas Lighthouse e WAVE. Os problemas descritos representam barreiras potenciais ao acesso pleno ao conteúdo digital e indicam pontos que necessitam de correção ou aprimoramento para garantir maior conformidade com as Diretrizes de Acessibilidade para Conteúdo Web (WCAG).

Assim como na subseção anterior, os resultados refletem a convergência entre análises técnicas e semânticas conduzidas pelas ferramentas utilizadas, permitindo identificar inconsistências estruturais, falhas de marcação e problemas que afetam diretamente a experiência de usuários de tecnologias assistivas.

#### 1. Referências ARIA inexistentes ou inválidas

Foram identificadas referências ARIA quebradas, nas quais atributos como `aria-labelledby` e `aria-describedby` apontam para elementos inexistentes no documento. Essa falha compromete a associação entre componentes interativos e seus respectivos rótulos ou descrições, dificultando a interpretação correta da interface por leitores de tela.

Esse problema afeta o critério **4.1.2 – Nome, Função e Valor (Level A)** das WCAG, uma vez que impede que tecnologias assistivas obtenham informações completas sobre a função e o contexto dos elementos. A correção envolve a verificação da existência dos elementos referenciados ou a remoção das associações ARIA inválidas.

#### 2. Uso incompleto ou inadequado de atributos obrigatórios

Foram detectados elementos com funções ARIA definidas que não apresentam todos os atributos obrigatórios exigidos por essas funções, bem como campos de entrada sem nomes acessíveis associados. Nessas situações, leitores de tela podem anunciar os elementos de forma genérica ou incompleta, prejudicando a compreensão de sua finalidade.

Essa condição viola o critério **4.1.2 – Nome, Função e Valor (Level A)**, pois compromete a identificação clara dos componentes interativos. A correção requer a inclusão dos atributos ARIA obrigatórios e a definição adequada de nomes acessíveis.

### 3. Contraste insuficiente entre texto e plano de fundo

Foram identificados trechos de texto com contraste muito baixo em relação ao plano de fundo, o que compromete a legibilidade do conteúdo. Esse problema afeta principalmente usuários com baixa visão, daltonismo ou que utilizam dispositivos em ambientes com iluminação desfavorável.

Essa falha está relacionada ao critério **1.4.3 – Contraste (Mínimo) (Level AA)** das WCAG, que estabelece valores mínimos de contraste para garantir a leitura adequada do texto. A correção envolve o ajuste das cores de primeiro plano e de fundo para atender às taxas recomendadas.

### 4. Estrutura inadequada de listas

Foram identificadas listas que não utilizam exclusivamente elementos `<li>` como filhos diretos de `<ul>` ou `<ol>`, contendo elementos estruturais inadequados, como `<div>` e `<p>`. Essa prática compromete a semântica da página e interfere na forma como leitores de tela interpretam e anunciam listas.

Esse problema impacta o critério **1.3.1 – Informações e Relações (Level A)** das WCAG, que exige que a estrutura e os relacionamentos do conteúdo sejam determinados programaticamente. A correção envolve a reestruturação adequada das listas conforme a marcação semântica correta.

### 5. Uso de elementos que aparentam ser títulos sem marcação semântica apropriada

Foram identificados textos visualmente destacados que desempenham a função de títulos, mas que não utilizam elementos semânticos de cabeçalho (`<h1>` a `<h6>`). A ausência dessa marcação prejudica a navegação por estrutura, amplamente utilizada por usuários de leitores de tela.

Essa falha está associada aos critérios **1.3.1 – Informações e Relações (Level A)** e **2.4.6 – Cabeçalhos e Rótulos (Level AA)** das WCAG. A correção consiste na substituição de elementos estilizados por cabeçalhos semanticamente adequados.

### 6. Uso de atributos `accesskey` em elementos de navegação

Foi identificada a utilização do atributo `accesskey` para navegação rápida na página. Embora esse recurso possa facilitar o acesso em alguns contextos, seu uso inadequado pode gerar conflitos com atalhos nativos do navegador ou de tecnologias assistivas, resultando em experiências inconsistentes.

Esse alerta está relacionado ao critério **2.1.4 – Atalhos de Teclado (Level A)** das WCAG. Recomenda-se evitar o uso desse atributo ou implementá-lo com cautela, assegurando compatibilidade com diferentes tecnologias assistivas.

### 7. Uso de valores positivos de `tabindex`

Foram identificados elementos com valores positivos de `tabindex`, alterando a ordem

natural de navegação por teclado. Essa prática pode causar confusão e reduzir a previsibilidade da navegação para usuários que dependem exclusivamente do teclado. Esse problema afeta o critério **2.4.3 – Ordem do Foco (Level A)** das WCAG. A solução recomendada é manter a ordem natural do Modelo de Objetos do Documento (DOM) ou reorganizar a estrutura da página para eliminar a necessidade de valores positivos de `tabindex`.

## 8. Ausência de `fieldset` em grupos de campos relacionados

Foi identificada a ausência do elemento `<fieldset>` em grupos de campos do tipo `checkbox` ou `radio button` que compartilham o mesmo propósito. Essa falha dificulta a identificação do contexto do grupo por usuários de leitores de tela, que dependem do elemento `<legend>` para compreender a relação entre os campos.

Esse problema está associado ao critério **1.3.1 – Informações e Relações (Level A)** das WCAG. A correção envolve o agrupamento adequado dos campos dentro de um `<fieldset>` acompanhado de um `<legend>` descritivo.

## 4.1.3 Recomendações Complementares de Acessibilidade e Segurança

Além das falhas de acessibilidade já identificadas e discutidas nas subseções anteriores, as ferramentas de avaliação automática também indicaram um conjunto de recomendações classificadas como não pontuadas (*Unscored*). Esses achados não caracterizam violações diretas das diretrizes WCAG nem comprometem a funcionalidade essencial da interface, mas representam oportunidades de aprimoramento relacionadas à qualidade semântica, à previsibilidade da navegação e à adoção de boas práticas de segurança.

Por esse motivo, tais recomendações são apresentadas de forma consolidada, com caráter orientativo, não sendo consideradas como barreiras de acessibilidade, mas como potenciais melhorias para versões futuras da aplicação.

### 1. Uso adequado de papéis ARIA

Foi observado o uso de papéis ARIA aplicados a elementos que já possuem semântica nativa, como cabeçalhos (`<h2>`) com `role="link"`. Embora essa prática não resulte em erro automático, recomenda-se que papéis ARIA sejam utilizados apenas quando estritamente necessários, priorizando o uso de elementos HTML nativos para preservar a clareza semântica e evitar ambiguidades na interpretação por tecnologias assistivas.

### 2. Padronização descritiva de links com o mesmo destino

A análise indicou a presença de links distintos que direcionam para o mesmo recurso, utilizando descrições idênticas. Apesar de funcional, essa prática pode dificultar a

compreensão contextual para usuários que navegam por listas de links em leitores de tela. Recomenda-se a adoção de descrições mais específicas, de modo a tornar explícita a finalidade de cada link.

### 3. Adoção de Política de Segurança de Conteúdo Política de Segurança de Conteúdo (CSP)

Não foi identificada a implementação de uma Política de Segurança de Conteúdo em modo restritivo. A adoção de uma CSP contribui para a mitigação de ataques de Cross-Site Scripting Cross-Site Scripting (XSS), ao restringir a execução de scripts e o carregamento de recursos a origens confiáveis.

### 4. Fortalecimento da política Segurança Estrita de Transporte HTTP (HSTS)

Embora o uso de Protocolo de Transferência de Hipertexto (HTTP) esteja presente, não foi identificada a diretiva `preload` associada ao cabeçalho HTTP Strict Transport Security (HSTS). A configuração adequada desse mecanismo pode aumentar a proteção contra ataques de downgrade de protocolo e interceptação de tráfego.

### 5. Isolamento de contexto com Cross-Origin-Opener-Policy (Política de Abertura de Origem Cruzada (COOP))

A ausência do cabeçalho COOP indica que a janela principal da aplicação não está isolada de documentos de outras origens. A implementação desse mecanismo pode reduzir riscos relacionados à interação entre janelas e à exploração de contextos compartilhados.

### 6. Mitigação de XSS baseado em DOM com Tipos Confiáveis

Não foi identificada a utilização da diretiva `require-trusted-types-for` associada à Política de Segurança de Conteúdo. Esse recurso contribui para o controle de dados injetados em Interface de Programação de Aplicações (APIs) sensíveis do DOM, reduzindo a superfície de ataque relacionada a vulnerabilidades de XSS baseadas em manipulação dinâmica de conteúdo.

De modo geral, as recomendações apresentadas nesta subseção não impactam diretamente os resultados centrais da avaliação automática, mas indicam caminhos para o fortalecimento da robustez, da segurança e da qualidade técnica da aplicação analisada.

## 4.1.4 Resultados de desempenho

A avaliação de desempenho foi realizada utilizando a ferramenta Google Lighthouse, que analisa métricas relacionadas ao carregamento, estabilidade visual e responsividade da página. Os principais resultados obtidos são apresentados a seguir:

1. **First Contentful Paint (Primeira Pintura de Conteúdo (FCP)):** apresentou o valor de **1,4 s**, indicando o tempo necessário para que o primeiro conteúdo visível

seja renderizado na tela. Esse resultado sugere que o site começa a fornecer feedback visual ao usuário de forma relativamente rápida.

2. **Largest Contentful Paint (Maior Pintura de Conteúdo (LCP))**: registrou **2,5 s**, métrica que representa o tempo de carregamento do maior elemento visível da página. O valor obtido indica que o conteúdo principal é exibido em um intervalo considerado aceitável, embora próximo ao limite recomendado.
3. **Total Blocking Time (Tempo Total de Bloqueio (TBT))**: apresentou o valor de **760 ms**, indicando a existência de períodos em que a execução de scripts bloqueou a thread principal do navegador, o que pode afetar a responsividade da página durante o carregamento.
4. **Cumulative Layout Shift (Mudança Cumulativa de Layout (CLS))**: obteve o valor de **0,433**, caracterizando uma quantidade significativa de mudanças inesperadas no layout ao longo do carregamento da página, o que pode comprometer a estabilidade visual percebida pelo usuário.
5. **Speed Index**: resultou em **2,6 s**, métrica que indica a velocidade com que o conteúdo visual da página é exibido ao usuário, refletindo um tempo intermediário para a renderização completa da interface.

De forma geral, os resultados de desempenho indicam que o site apresenta tempos iniciais de carregamento adequados, porém com limitações relacionadas à estabilidade visual e à execução de scripts, fatores que podem impactar negativamente a experiência do usuário em determinados contextos de uso.

## 4.2 Resultados da Análise Manual

A subseção a seguir apresenta os aspectos que demandaram verificação manual, conforme sinalizado pelas ferramentas Lighthouse e WAVE. Esses pontos não configuram, necessariamente, falhas de acessibilidade, mas correspondem a critérios que não podem ser avaliados de forma conclusiva por métodos automatizados, exigindo análise humana, contextual e interpretativa.

A avaliação manual foi conduzida entre 7 e 20 de janeiro de 2026, envolvendo inspeção direta do código-fonte, navegação por teclado e observação do comportamento da interface sob diferentes condições de uso. Essa etapa foi fundamentada tanto nos critérios de sucesso das Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) quanto nas Heurísticas de Usabilidade de Nielsen, permitindo uma análise combinada de acessibilidade e usabilidade.

A partir dessa abordagem, foi possível identificar barreiras relacionadas à semântica da interface, à interação com os componentes e à compreensão das informações apresentadas, aspectos que dependem da experiência real de uso e da interpretação do contexto

de interação. As heurísticas de Nielsen (NIELSEN, 1994) contribuíram, em especial, para a análise de problemas associados à consistência, à previsibilidade da navegação, à visibilidade do estado do sistema e à prevenção de erros, complementando a avaliação técnica baseada nas WCAG.

A inclusão dessa etapa é fundamental para reconhecer as limitações inerentes às avaliações automáticas e para garantir uma análise mais abrangente da acessibilidade da plataforma, considerando tanto os requisitos normativos das diretrizes WCAG quanto os princípios de usabilidade que impactam diretamente a experiência de usuários, especialmente aqueles que dependem de tecnologias assistivas.

### 4.2.1 Critérios Bem-Sucedidos na Análise

A análise manual foi conduzida com base na inspeção direta do código-fonte da aplicação, na navegação por teclado e na observação da estrutura semântica da interface, sendo complementada pelos resultados das ferramentas Lighthouse e WAVE. Foram considerados como bem-sucedidos apenas os critérios cuja conformidade pôde ser verificada de forma objetiva, de acordo com as diretrizes WCAG 2.1 e princípios de usabilidade de Nielsen.

#### 1. Critério 1.3.1 – Informação e Relações (WCAG – Nível A)

A estrutura da página utiliza corretamente elementos semânticos do HTML, como cabeçalhos hierárquicos (<h1>, <h2>), listas (<ul> e <li>) e seções bem definidas, permitindo que as relações entre os conteúdos sejam interpretadas adequadamente por tecnologias assistivas.

Do ponto de vista das heurísticas de Nielsen, essa implementação atende ao princípio de “correspondência entre o sistema e o mundo real”, ao organizar as informações de forma lógica e previsível, além de contribuir para a consistência e padrões, facilitando a compreensão estrutural da interface por diferentes perfis de usuários.

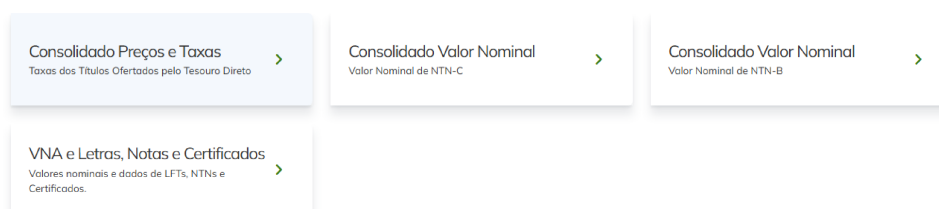


Figura 3 – Estrutura visual de cartões organizada em listas.

A análise manual foi conduzida com base na inspeção direta do código-fonte da aplicação, na navegação por teclado e na observação da estrutura semântica da interface, sendo complementada pelos resultados das ferramentas Lighthouse e WAVE. Foram

```
<div class="historico-cards">
  <div class="historico-cards_container">
    <ul class="historico-card_list">
      <li class="historico-cards_item">
        <div class="historico-cards_item-content" tabindex="0" data-href="https://www.tesourotransparente.gov.br/ckan/dataset/taxas-dos-titulos-of-ertados-pelo-tesouro-direto/resource/796d2859-14e9-44e3-80c9-2d9e38b405c1?_gl=1*07plyu*_gc1_au*MDEyNTYNTkYtLjE3NDgzNTIwMDk*_ga*MjEyNTkxNjUxODQ4NzQwMTQ5NDky*_ga_95FH8RQ7W0*_czE3NTE1NDE0NjIkbzc0TGcxJHQxNzUxNTQxNDcwJG01MjRzMCRoMA..*">
        </div>
      </li>
      <li class="historico-cards_item">
      </li>
      <li class="historico-cards_item">
      </li>
    </ul>
  </div>
</div>
```

Figura 4 – Identificação textual da estrutura dos cartões.

considerados como bem-sucedidos apenas os critérios cuja conformidade pôde ser verificada de forma objetiva, de acordo com as diretrizes WCAG 2.1 e em consonância com as Heurísticas de Usabilidade de Nielsen, especialmente aquelas relacionadas à consistência, visibilidade do estado do sistema, compatibilidade com o mundo real e prevenção de erros.

## 2. Critério 1.3.2 – Sequência Significativa (WCAG – Nível A)

A ordem do conteúdo no DOM segue uma sequência lógica e coerente com a apresentação visual da interface, garantindo que usuários de leitores de tela recebam as informações na mesma ordem percebida visualmente.

Sob a ótica das Heurísticas de Nielsen, esse critério está alinhado à heurística de “Consistência e padrões”, pois mantém correspondência entre a ordem visual e a ordem de leitura da interface, favorecendo também a “Correspondência entre o sistema e o mundo real”.

## 3. Critério 1.4.3 – Contraste Mínimo (WCAG – Nível AA)

Os textos apresentados na interface possuem contraste adequado em relação ao plano de fundo, atendendo à taxa mínima recomendada pelas WCAG.

Sob a ótica das heurísticas de Nielsen, esse critério reforça a visibilidade do estado do sistema, pois garante que as informações estejam sempre perceptíveis, além de contribuir para a flexibilidade e eficiência de uso, especialmente para usuários com baixa visão.

## 4. Critério 1.4.4 – Redimensionamento de Texto (WCAG – Nível AA)

Durante a análise manual, foi verificado que o conteúdo mantém sua legibilidade e estrutura ao ser redimensionado em até 200%, sem perda de funcionalidade ou sobreposição de elementos.

## 5. Critério 2.1.1 – Teclado (WCAG – Nível A)

Todos os componentes interativos essenciais podem ser acessados e operados exclusivamente por meio do teclado, sem a necessidade do uso do mouse, atendendo aos requisitos de operabilidade.

### 6. Critério 2.4.3 – Ordem do Foco (WCAG – Nível A)

A ordem de navegação por foco segue uma progressão lógica e previsível, acompanhando a estrutura visual da página e evitando saltos inesperados entre elementos.

### 7. Critério 3.1.1 – Idioma da Página (WCAG – Nível A)

O idioma principal da página está corretamente definido por meio do atributo `lang` no elemento `<html>`, permitindo que leitores de tela utilizem a pronúncia adequada ao idioma português.

*Evidência:* Presença do atributo `lang="pt-BR"` no código-fonte. **Código:** `<html lang="pt-BR">`

### 8. Critério 4.1.2 – Nome, Função e Valor (WCAG – Nível A)

Os componentes da interface expõem corretamente seus nomes, funções e estados para tecnologias assistivas, seja por meio da semântica nativa do HTML ou por atributos acessíveis adequados.

Esse critério está fortemente relacionado à heurística de “visibilidade do estado do sistema”, pois permite que usuários compreendam claramente o papel e o comportamento dos elementos interativos durante a navegação.

```
<li class="td-header__nav-menu-item">
  <button class="td-header__nav-menu-item-button" aria-label="Produtos" aria-expanded="false" aria-controls="menu-0"> Produtos
</button>
<ul class="td-header__nav-second-level" role="dialog" id="menu-0">
```

Figura 5 – Identificação textual o Button.

```
<div class="dropdown">
  <div class="b3_form-select is-focused" id="div_treasuryBond">
    ::before
    <label for="treasuryBond">Título</label>
    <input role="combobox" class="form-control b3-ga-select-input" autocomplete="off" readonly placeholder id="treasuryBond" aria-
    readonly="true" aria-expanded="true"> == $0
    ::after
  </div>
  <div role="listbox" tabindex="-1" class="dropdown-menu show" style="width: 192px !important; min-width: 192px !important; heigh
```

Figura 6 – Identificação textual um Input.

De modo geral, os critérios bem-sucedidos identificados nesta análise manual demonstram que a aplicação apresenta uma base sólida em termos de acessibilidade e usabilidade, alinhando-se aos princípios fundamentais das WCAG e às heurísticas de Nielsen, especialmente no que se refere à consistência, previsibilidade e flexibilidade de uso.

## 4.2.2 Falhas e Alertas Identificados nas Avaliações

A seguir, apresentam-se os critérios de sucesso que não foram atendidos na avaliação manual, acompanhados de justificativa técnica, impacto para usuários, falhas oficiais (quando aplicável) e técnicas recomendadas. Também se relacionam os achados com as

Heurísticas de Usabilidade de Nielsen, pois parte das barreiras observadas não afeta apenas conformidade normativa, mas também a previsibilidade, a eficiência e a compreensão durante a interação.

### 1. Critério 1.1.1: *Non-text Content* (WCAG – Nível A)

O conteúdo central da página é o gráfico de histórico, implementado como `<canvas id="chart">`. Esse componente não apresenta alternativa textual equivalente: não há `aria-label`, `aria-describedby`, estrutura `<figure>/<figcaption>`, descrição do conteúdo, nem uma representação alternativa (por exemplo, tabela com os valores do gráfico ou resumo textual dos principais pontos). Assim, usuários de leitores de tela não conseguem acessar a informação principal representada visualmente, tornando o objetivo da página parcialmente inacessível.

*Impacto prático:* a ausência de alternativa textual impede que usuários com deficiência visual consultem tendências, variações e valores históricos que são essenciais para comparar títulos e apoiar tomada de decisão.

Esse cenário caracteriza a falha **F65** (*Failure of Success Criterion 1.1.1 due to omitting text alternatives*). Técnicas recomendadas incluem **G95** (fornecer alternativas textuais), **ARIA15** (descrições com `aria-describedby`) e, principalmente, disponibilizar os dados do gráfico em formato equivalente (ex.: tabela estruturada ou exportação em CSV).

A relação com Nielsen: viola diretamente a heurística de *visibilidade do estado do sistema*, pois a informação mais importante permanece invisível para uma classe de usuários, e também compromete *ajuda e documentação*, já que não há suporte alternativo para compreender o conteúdo.

### 2. Critério 1.3.1: *Info and Relationships* (WCAG – Nível A)

Foi identificado o uso de um componente de seleção customizado (*combobox*) que mantém um `<select>` oculto (por exemplo, `aria-hidden="true"` e/ou `style="display:none"`) enquanto a interação ocorre em uma `<div role="combobox">`. Apesar de existir `<label for="yearSelect">`, o controle efetivamente focável e operável é a `div`, o que pode quebrar a associação semântica esperada entre rótulo e controle de formulário, especialmente em tecnologias assistivas.

*Impacto prático:* o leitor de tela pode anunciar o componente de forma incompleta ou sem o contexto do rótulo, dificultando compreender que a seleção altera o período/ano analisado.

Esse padrão compromete as relações semânticas do formulário e indica não conformidade com técnicas como **H44** (*Using label elements to associate text labels with form controls*) e com as boas práticas de ARIA para *combobox*. Recomenda-se adotar um padrão ARIA completo (por exemplo, `aria-labelledby`, `aria-controls`,

`aria-expanded`, `role="listbox"` no popup, além de gerenciamento consistente de foco).

*Relação com Nielsen:* viola *consistência e padrões*, pois um controle customizado não reproduz o comportamento esperado de elementos nativos, e também afeta *reconhecimento em vez de memorização*, pois o usuário pode precisar inferir o que o componente faz sem receber a rotulagem correta.

### 3. Critério 3.3.2: *Labels or Instructions* (WCAG – Nível A)

Pelo mesmo motivo descrito no item anterior, a rotulagem programática do controle de seleção (Ano) torna-se inconsistente: o `label` aponta para um elemento oculto, enquanto o elemento efetivamente interativo pode não herdar nome acessível equivalente. Isso prejudica usuários de leitores de tela, que podem navegar até o *combobox* sem receber a instrução/rotulagem de forma clara.

*Impacto prático:* aumenta a chance de seleção incorreta (ano errado) e torna o fluxo de análise menos previsível, principalmente quando há múltiplos filtros na interface.

Técnicas recomendadas: **H44** e **G131** (*Providing descriptive labels*), assegurando que o nome acessível esteja associado ao elemento focável (ex.: `aria-labelledby` apontando para o rótulo visível, ou uso de componente nativo quando possível).

*Relação com Nielsen:* compromete *prevenção de erros* (o usuário pode operar filtros sem ter certeza do contexto) e reduz *controle e liberdade do usuário*, pois a interface não deixa claro o que está sendo manipulado.

### 4. Critério 4.1.2: *Name, Role, Value* (WCAG – Nível A)

Alguns controles interativos são implementados por elementos genéricos com ARIA parcial (por exemplo, `role="combobox"`), sem evidência de nome acessível completo e/ou vínculo correto com rótulo e estado. Além disso, em controles customizados é comum haver inconsistência entre estado visual e estado exposto via ARIA (ex.: componente aparenta aberto, mas `aria-expanded` não reflete isso). Esse tipo de lacuna causa interpretação incompleta por leitores de tela.

*Impacto prático:* leitores de tela podem anunciar o componente sem informar corretamente se está expandido, qual item está selecionado ou como navegar pela lista, tornando a interação mais lenta e sujeita a erro.

A correção exige aderência ao padrão WAI-ARIA para *combobox*, garantindo nome acessível, estados coerentes (`aria-expanded`, `aria-activedescendant`) e suporte adequado à navegação por teclado.

*Relação com Nielsen:* afeta *visibilidade do estado do sistema* (estado não é comunicado), *consistência e padrões* (comportamento inesperado) e *flexibilidade e eficiência de uso* (interação mais demorada para usuários de teclado/leitores de tela).

### 5. Critério 3.2.5: *Change on Request* (WCAG – Nível A)

Os links de download utilizam `target="_blank"` (abertura em nova aba), porém os rótulos acessíveis (por exemplo, “*Fazer download...*”) não indicam que o link abrirá em nova guia, nem há aviso textual visível. Isso altera o contexto de navegação sem comunicação adequada ao usuário, podendo causar desorientação, especialmente em usuários com deficiência cognitiva e usuários de leitores de tela.

Esse comportamento se enquadra na falha **F22** (*Failure of Success Criterion 3.2.5 due to opening windows that are not requested by the user*). Uma mitigação recomendada é incluir no texto visível e/ou no nome acessível algo como “*(abre em nova aba)*”.

*Relação com Nielsen:* viola *consistência e padrões* e, principalmente, *controle e liberdade do usuário*, pois a mudança de contexto ocorre sem aviso, retirando previsibilidade do fluxo de navegação.

### 6. Critério 2.4.1: *Bypass Blocks* (WCAG – Nível A)

A página contém áreas repetitivas de navegação (menus, rodapé e elementos de cabeçalho). Apesar da presença de *landmarks* em parte da estrutura, não foi identificado link explícito de “*pular para conteúdo principal*” (*skip link*) para usuários de teclado. Assim, usuários que dependem do Tab precisam atravessar blocos repetitivos antes de alcançar o conteúdo central.

*Impacto prático:* aumenta significativamente o tempo de navegação para usuários de teclado e pode gerar frustração, especialmente em acessos recorrentes.

Esse cenário evidencia ausência das técnicas **G1** (*Adding a link at the top of each page that goes directly to the main content area*), **G123** e **G124**, recomendadas nos *Understanding Docs*.

*Relação com Nielsen:* compromete *flexibilidade e eficiência de uso*, pois usuários experientes não conseguem “atalhar” até o conteúdo, e também reduz *controle e liberdade do usuário* ao obrigar um fluxo de navegação rígido.

### 7. Impacto transversal: barreira estrutural no objetivo da página

Diferentemente de falhas pontuais, a ausência de alternativa ao gráfico (<canvas>) impacta diretamente o objetivo da seção: analisar histórico de preços e taxas. Dessa forma, a barreira não é apenas um detalhe de implementação, mas uma limitação estrutural de acesso à informação essencial do serviço.

*Relação com Nielsen:* afeta simultaneamente *visibilidade do estado do sistema* e *ajuda e documentação*, pois não há mecanismo alternativo que permita compreender o conteúdo central quando a visualização gráfica não é acessível.

### 4.2.3 Resultados Métricos das Avaliações Manual

Com base na avaliação manual realizada na seção de Histórico e Taxas, foi possível consolidar quantitativamente os critérios WCAG inspecionados, classificando-os em **atendidos**, **falharam** e **parcialmente atendidos**. O objetivo dessa análise métrica é apresentar uma visão sintética da conformidade do sistema dentro do **escopo efetivamente verificado nesta etapa manual**, complementando a discussão qualitativa dos itens anteriores.

Considerando o conjunto de critérios selecionados como aplicáveis ao contexto e ao comportamento observado durante a inspeção (incluindo navegação por teclado e verificação semântica dos principais componentes), foram contabilizados **12 critérios**. Desses:

- ❑ **6 critérios (50,0%)** foram atendidos plenamente;
- ❑ **4 critérios (33,3%)** falharam;
- ❑ **2 critérios (16,7%)** foram parcialmente atendidos, por apresentarem conformidade em partes da interface, mas falhas em componentes específicos, especialmente controles customizados.

A Figura 7 apresenta a distribuição percentual desses resultados, permitindo uma visualização mais clara do nível de conformidade da interface avaliada.

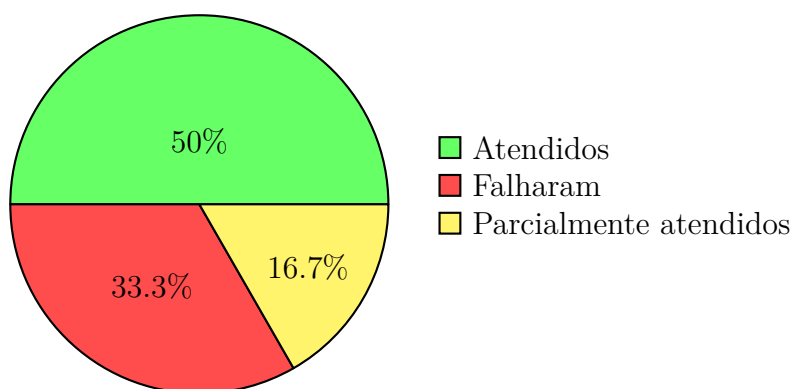


Figura 7 – Distribuição dos critérios WCAG avaliados na análise manual

Observa-se que, embora metade dos critérios avaliados tenha sido atendida, a proporção de falhas (33,3%) é significativa e indica a presença de barreiras relevantes de acessibilidade. Além disso, os critérios parcialmente atendidos (16,7%) evidenciam inconsistências na implementação, sobretudo em componentes interativos customizados, que não seguem integralmente os padrões esperados.

Do ponto de vista qualitativo, esses resultados demonstram que a interface apresenta uma base estrutural parcialmente adequada, especialmente em aspectos relacionados à navegação e organização semântica. No entanto, as falhas identificadas, principalmente

em critérios de nível A, comprometem o acesso ao conteúdo central da página e impactam diretamente a compreensão das informações financeiras, a eficiência na execução de tarefas e a autonomia de uso por parte dos usuários.

#### 4.2.3.1 Distribuição por nível de conformidade (A e AA)

A avaliação manual concentrou-se principalmente em critérios **Nível A** e **Nível AA**, por representarem requisitos mínimos e intermediários de acessibilidade frequentemente exigidos em contextos institucionais.

❑ **Nível A:** 9 critérios avaliados

- 4 atendidos, 3 falharam, 2 parcialmente atendidos

❑ **Nível AA:** 3 critérios avaliados

- 2 atendidos, 1 falhou

Em termos práticos, observa-se que, embora a interface apresente uma base positiva em critérios essenciais de navegação e estrutura, há falhas críticas no **nível A** que impedem o acesso igualitário ao conteúdo principal, reduzindo de forma relevante a conformidade geral dentro do escopo analisado.

#### 4.2.3.2 Distribuição por princípios das WCAG

Ao agrupar os critérios avaliados pelos quatro princípios das WCAG (Perceptível, Operável, Compreensível e Robusto), obtém-se a seguinte distribuição:

❑ **Perceptível (5 critérios):**

- 3 atendidos, 1 falhou, 1 parcial
- destaque negativo para o Critério 1.1.1, pois afeta diretamente o conteúdo central (gráfico em <canvas> sem alternativa textual).

❑ **Operável (3 critérios):**

- 2 atendidos, 1 falhou
- a falha em 2.4.1 (Bypass Blocks) reduz eficiência de navegação para usuários de teclado.

❑ **Compreensível (3 critérios):**

- 1 atendido, 2 falharam
- falhas relacionadas à rotulagem programática e mudança de contexto sem aviso aumentam a carga cognitiva e o risco de desorientação.

❑ **Robusto (1 critério):**

- 1 parcial
- o atendimento parcial em 4.1.2 ocorre porque elementos nativos expõem corretamente nome/função/valor, porém componentes customizados (*combobox*) não demonstram aderência plena ao padrão ARIA.

#### 4.2.3.3 Síntese numérica dos critérios avaliados

A Tabela 1 sintetiza os critérios contabilizados nesta avaliação manual e sua classificação.

Tabela 1 – Síntese dos resultados da avaliação manual (escopo inspecionado)

Classificação	Critérios	Quantidade
Atendidos plenamente	1.3.2, 1.4.3, 1.4.4, 2.1.1, 2.4.3, 3.1.1	6
Falharam	1.1.1, 2.4.1, 3.2.5, 3.3.2	4
Parcialmente atendidos	1.3.1, 4.1.2	2

#### 4.2.3.4 Relação com problemas de usabilidade (Heurísticas de Nielsen)

Além das inconformidades WCAG, as falhas identificadas se conectam diretamente a problemas clássicos de usabilidade descritos por Nielsen:

- ❑ **Mudança de contexto sem aviso (3.2.5):** compromete *Controle e liberdade do usuário* e *Visibilidade do estado do sistema*, pois abrir nova aba sem comunicação tende a desorientar o usuário.
- ❑ **Ausência/fragilidade de bypass (2.4.1):** compromete *Eficiência e flexibilidade de uso*, aumentando o custo de navegação para usuários de teclado e leitores de tela.
- ❑ **Componente de seleção customizado com rotulagem inconsistente (1.3.1 / 3.3.2 / 4.1.2):** compromete *Consistência e padrões* e *Reconhecimento em vez de memorização*, pois o controle aparenta um *select*, mas não garante o mesmo comportamento acessível esperado.

## 4.3 Interpretação dos resultados

Os dados métricos evidenciam que a seção avaliada apresenta um conjunto de acertos importantes em estrutura e navegação básica, porém sofre com falhas críticas em requisitos fundamentais. Em especial, o não atendimento do Critério 1.1.1 tem impacto desproporcional, pois impede o acesso ao conteúdo central da página (histórico em gráfico), reduzindo a utilidade do sistema para usuários cegos ou com baixa visão.

---

Da mesma forma, as inconsistências associadas a componentes customizados indicam que, embora a interface utilize atributos ARIA e estrutura semântica em diversas partes, a conformidade não é uniforme: elementos nativos tendem a ser interpretados corretamente, enquanto componentes customizados exigem implementação rigorosa para garantir equivalência de interação e interpretação por tecnologias assistivas.

---

## Conclusão

Este trabalho teve como objetivo analisar a acessibilidade da seção de Histórico e Taxas do site do Tesouro Direto, utilizando uma abordagem combinada de avaliação automática e manual, fundamentada nas Diretrizes de Acessibilidade para Conteúdo Web (World Wide Web Consortium, 2023) e nas Heurísticas de Usabilidade de Nielsen. A motivação central da pesquisa partiu da hipótese de que avaliações automáticas, embora úteis como etapa inicial, não são suficientes para identificar barreiras críticas de acessibilidade em interfaces complexas, especialmente aquelas que apresentam visualizações gráficas e componentes interativos customizados.

Ao longo do desenvolvimento do trabalho, foi possível verificar que o objetivo geral foi plenamente alcançado. A aplicação sistemática das ferramentas Lighthouse e WAVE permitiu identificar problemas técnicos recorrentes e fornecer uma visão inicial da conformidade da interface. Em seguida, a avaliação manual aprofundada evidenciou barreiras que não foram detectadas ou sequer sinalizadas pelas ferramentas automáticas, confirmando a necessidade de inspeção humana para a identificação de problemas semânticos, cognitivos e de interação.

Os objetivos específicos também foram atingidos. A análise automática possibilitou caracterizar o desempenho inicial da página e levantar alertas técnicos relevantes, enquanto a avaliação manual permitiu mapear critérios WCAG atendidos, falhos e parcialmente atendidos, bem como relacionar essas falhas às heurísticas de Nielsen. Essa combinação de métodos possibilitou uma visão abrangente da acessibilidade da interface, evidenciando não apenas problemas normativos, mas também impactos práticos na experiência de uso, especialmente para usuários que dependem de tecnologias assistivas.

Os resultados demonstraram que, embora a interface apresente uma base positiva em critérios como navegação por teclado, estrutura semântica básica e redimensionamento de texto, há falhas críticas em critérios de nível A, como a ausência de alternativas textuais para o conteúdo gráfico central e problemas de rotulagem em componentes customizados. Essas falhas comprometem diretamente o acesso à informação essencial da página, impactando a tomada de decisão financeira e a autonomia do usuário.

Dessa forma, a pesquisa permitiu concluir que a hipótese inicial foi validada: avaliações automáticas, quando utilizadas isoladamente, tendem a superestimar o nível de acessibilidade de uma interface, enquanto a avaliação manual revelou-se indispensável para a identificação de barreiras estruturais e de alto impacto. A combinação entre métodos mostrou-se mais eficaz para a obtenção de resultados confiáveis e alinhados às reais necessidades dos usuários.

## 5.1 Principais Contribuições

As principais contribuições deste trabalho concentram-se em três aspectos fundamentais. Primeiramente, o estudo apresentou uma aplicação prática e detalhada das WCAG em um contexto real de sistema financeiro governamental, evidenciando como falhas de acessibilidade afetam diretamente o acesso a serviços públicos essenciais.

Em segundo lugar, o trabalho demonstrou, de forma empírica, as limitações das avaliações automáticas de acessibilidade, reforçando a importância da análise manual baseada em critérios normativos e heurísticas de usabilidade. Os experimentos realizados mostraram que diversas falhas críticas, especialmente relacionadas a conteúdo não textual, rotulagem programática e mudanças de contexto não foram adequadamente identificadas pelas ferramentas automáticas.

Por fim, a associação sistemática entre critérios das World Wide Web Consortium (2023) e as Heurísticas de Nielsen contribuiu para uma análise mais rica e interdisciplinar, permitindo compreender não apenas se a interface é acessível do ponto de vista normativo, mas também se é previsível, compreensível e eficiente do ponto de vista da experiência do usuário. Essa abordagem reforça a relevância do trabalho tanto no campo da acessibilidade quanto da usabilidade.

## 5.2 Trabalhos Futuros

Como trabalhos futuros, destaca-se inicialmente a possibilidade de expandir o método de avaliação manual proposto para outras seções do site do Tesouro Direto ou para plataformas financeiras semelhantes, permitindo comparações entre diferentes sistemas públicos e privados. Essa ampliação poderia contribuir para a definição de padrões de acessibilidade mais consistentes no domínio financeiro.

Outra possibilidade consiste na proposição e implementação de soluções práticas para as falhas identificadas, como a criação de alternativas textuais completas para gráficos em <canvas>, a reformulação de componentes interativos customizados com aderência plena ao padrão WAI-ARIA e a introdução de mecanismos de navegação mais eficientes para usuários de teclado. A validação dessas soluções com usuários reais de tecnologias assistivas também representa uma linha relevante de pesquisa futura.

Adicionalmente, trabalhos futuros podem explorar o uso de métodos de avaliação baseados em testes com usuários, complementando a análise normativa com dados empíricos sobre desempenho, satisfação e carga cognitiva. Outra vertente promissora envolve a investigação de ferramentas automáticas mais avançadas ou baseadas em inteligência artificial, avaliando em que medida essas soluções conseguem reduzir a lacuna atualmente existente entre avaliações automáticas e manuais.

### 5.3 Contribuições em Produção Bibliográfica

Até o momento da finalização deste trabalho, não houve produção bibliográfica formal derivada diretamente da pesquisa. No entanto, os resultados obtidos apresentam potencial para a elaboração de artigos científicos, especialmente voltados às áreas de acessibilidade digital, usabilidade e sistemas financeiros, bem como para submissão em eventos e periódicos da área de Computação e Interação Humano-Computador.

---

## Referências

- BRASIL, R. N. Vulnerabilidade financeira e poupança nas populações de baixa. Citado na página 14.
- FORTES, R. P. M. et al. Avaliação de acessibilidade e usabilidade em ria. **Sociedade Brasileira de Computação**, 2016. Citado 6 vezes nas páginas 12, 13, 19, 22, 23 e 28.
- GOMES, F. C. et al. Elementos que influenciam a experiência do usuário na utilização de web sites. **Intercom–Sociedade Brasileira de Estudos Interdisciplinares da Comunicação**, v. 38, 2015. Citado 6 vezes nas páginas 12, 18, 19, 22, 27 e 28.
- MACHADO, K. G. Análise da relação entre investimentos financeiros pessoais e o acesso à internet. **Gestão Contemporânea**, v. 15, n. 1, p. 1–22, 2025. Citado 3 vezes nas páginas 14, 18 e 23.
- MELO, D. N. A. d. Ux.br: um modelo de maturidade de experiência de usuário para aplicações governamentais. 2023. Citado 6 vezes nas páginas 5, 12, 13, 17, 19 e 23.
- MEMÓRIA, F. **Design para a internet**. [S.l.]: Elsevier Brasil, 2006. Citado 6 vezes nas páginas 14, 17, 18, 19, 23 e 28.
- MONTEIRO, L. F. Desafios para a transformação digital no setor público brasileiro. **Revista do TCU**, n. 145, p. 4–8, 2020. Citado 4 vezes nas páginas 12, 13, 17 e 19.
- NIELSEN, J. **Usability engineering**. [S.l.]: Morgan Kaufmann, 1994. Citado 11 vezes nas páginas 5, 12, 13, 14, 18, 19, 23, 27, 28, 29 e 38.
- PINHEIRO, G. d. S. S. et al. Análise da experiência do usuário (ux) no uso do sistema de rotulagem dos repositórios institucionais. Universidade Federal de Minas Gerais, 2022. Citado 5 vezes nas páginas 12, 18, 19, 22 e 27.
- SANTANA, F. M. d. et al. Perfis de investidor: Como cultura e educação financeira moldam as preferências de investimento no brasil e em países desenvolvido. Florianópolis, SC., 2025. Citado 4 vezes nas páginas 13, 17, 18 e 23.
- SILVA, N. G. d. et al. Análise de user experience e user interface em web sites e perfis em serviços de rede sociais online de arquivos estaduais brasileiros. 2022. Citado 4 vezes nas páginas 13, 17, 23 e 28.

---

World Wide Web Consortium. **Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.2**. [S.l.], 2023. Disponível em: <<https://www.w3.org/TR/WCAG22/>>. Citado 13 vezes nas páginas 5, 12, 13, 14, 19, 21, 23, 25, 27, 28, 30, 48 e 49.