

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE INFORMÁTICA  
BACHARELADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO**

**FILIPPE FRANCHINI HRUBA**

**DESENVOLVIMENTO DE INTERFACES WEB ADAPTADO PARA  
PORTADORES DE DALTONISMO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**PONTA GROSSA  
2018**

**FILIFE FRANCHINI HRUBA**

**DESENVOLVIMENTO DE INTERFACES WEB ADAPTADO PARA  
PORTADORES DE DALTONISMO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Ciência da Computação, do Departamento Acadêmico de Informática, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. MSc. Geraldo Ranthum

**PONTA GROSSA**

**2018**

Dedico esse trabalho à minha família,  
amigos. Em especial à Anileda, minha  
mãe, que nas minhas maiores  
tempestades, foi meu farol e meu porto  
seguro. Me ensinou a sempre sorrir,  
seguir em frente e fazer o sempre o bem.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente à Deus, por ter me dado forças, sabedoria e ter iluminado meu caminho para que pudesse chegar até aqui.

À minha família, por me guiar e ter me dado apoio em todos os momentos. Em especial, minha mãe, Anileda, que mesmo distante, sempre me protegeu da solidão e da vontade de desistir. Sempre sendo meu porto seguro, nunca poupou esforços para me ver feliz e me ajudar a chegar onde hoje cheguei.

À Bianca, por compartilhar seus dias comigo, que me permite me tornar uma pessoa cada dia melhor, por alegrar os meus dias, por me incentivar e me apoiar nos meus momentos de crise e ser a melhor amiga que uma pessoa pode ter.

Aos meus amigos, pela força e por sempre e companhia em todos os momentos, tornando a vida muito melhor de se viver e o tempo de curso muito menos difícil.

Aos professores que fizeram parte da minha formação, em especial o Prof. Msc. Geraldo Ranthum, meu orientador, pelo conhecimento e suporte para a conclusão deste trabalho.

Por fim, agradeço a todos aqueles que passaram pela minha vida e contribuíram com ela de alguma forma, formando a pessoa que sou hoje.



Ministério da Educação  
**Universidade Tecnológica Federal do Paraná**  
Câmpus Ponta Grossa

Diretoria de Graduação e Educação Profissional  
Departamento Acadêmico de Informática  
Bacharelado em Ciência da Computação



---

## TERMO DE APROVAÇÃO

### DESENVOLVIMENTO DE INTERFACES WEB ADAPTADO PARA PORTADORES DE DALTONISMO

por

FILIPPE FRANCHINI HRUBA

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado às 8h30min de 01 de Novembro de 2018 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Ciência da Computação. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Prof. MSc. Geraldo Ranthum  
Orientador(a)

---

Prof. Dr Augusto Foronda  
Membro titular

---

Prof. MSc. Vinícius Camargo Andrade  
Membro titular

---

Profa. Dra. Helyane Bronoski Borges  
Responsável pelo Trabalho de Conclusão  
de Curso

---

Prof. MSc. Saulo Jorge Beltrão de  
Queiroz  
Coordenador do curso

## RESUMO

HRUBA, Filipe Franchini. **Desenvolvimento de Interfaces Web Adaptado para Portadores de Daltonismo**. 2018. 54 f. Trabalho de Conclusão de Curso para Bacharelado em Ciência da Computação - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2018.

Com a grande disponibilidade do acesso à Internet, uma parcela dos usuários pode apresentar alguma limitação que pode dificultar o acesso à informação, como por exemplo, deficiências visuais. Assim, a acessibilidade na *Web* se torna cada vez mais relevante e fundamental para que todos possam ter acesso à informação da mesma maneira. Como o uso de cores se faz muito presente em interfaces *Web*, usuários portadores da condição de daltonismo podem apresentar dificuldades para compreender e interagir com essas interfaces de forma eficiente. Tendo em vista essas dificuldades, este trabalho tem como objetivo elaborar heurísticas de acessibilidade para portadores de daltonismo baseando-se em conceitos e diretrizes conceituadas de desenvolvimento *Web* acessível. Em seguida, aplicar essas heurísticas em uma ferramenta para auxiliar no desenvolvimento de interfaces *Web* que se adaptem à cada condição de daltonismo. Para o desenvolvimento dessa ferramenta, foi utilizado o código-fonte do *framework* de desenvolvimento *Web Materialize*. Como resultado este trabalho, foi elaborada uma ferramenta aberta e adaptável, que visa auxiliar no desenvolvimento de interfaces *Web* com capacidade de se adaptar em tempo real à diferentes condições de daltonismo.

**Palavras-chave:** Acessibilidade na Web. Desenvolvimento Web. Heurísticas de Acessibilidade. Daltonismo.

## ABSTRACT

HRUBA, Filipe Franchini. **Web Interface Design Adapted for Colorblind Users**. 2018. 54 p. Final Course Assignment for Graduation in Computer Science – Federal University of Technology - Paraná. Ponta Grossa, 2018.

With the great availability of Internet access, a portion of users may present some limitations that may hinder access to information, such as visual impairments. Thus, Web accessibility becomes increasingly relevant and fundamental so that everyone can access information in the same way. As the use of colors is very present in Web interfaces, users with color blindness may have difficulties in understanding and interacting with these interfaces efficiently. In view of these difficulties, this study aims to develop accessible web development heuristics for the colorblind based on regarded accessible Web development concepts and guidelines. Then, apply these heuristics in a tool to assist in the development of Web interfaces that adapt to each condition of color blindness. For the tool's development, it was used the source code of the Web development framework Materialize. As the result of this work, an open and adaptable tool was developed, which aims to assist in the development of Web interfaces capable of adapting itself in real time to different condition of color blindness.

**Keywords:** Web Aecessibility. Web Development. Aecessibility Heuristics. Colorblindness.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Modelo de três fases da Interação Humano-Computador de Mayhew.....	15
Figura 2 - Modelo de atributos de aceitabilidade do sistema de Nielsen .....	18
Figura 3 - Versões responsivas do Website "Transport for London".....	21
Figura 4 - Simulação de Daltonismo no aplicativo Google Traffic.....	26
Figura 5 – Simulação das condições de daltonismo em um semáforo .....	26
Figura 6 - Exemplo de formulário não acessível visualizado por daltônicos .....	27
Figura 7 - Exemplo de formulário acessível visualizado por daltônicos .....	27
Figura 8 – Ilustração de como cores são vistas por daltônicos.....	30
Figura 9 - Exemplo de como um portador de deuteranopia visualiza mensagens de estado coloridas .....	34
Figura 10 - Exemplo de como um daltônico visualiza mensagens de alerta com ícones .....	35
Figura 11 - Demonstração do <i>Sim Daltonism</i> com um filtro de Deuteranopia .....	38
Figura 12 - Demonstração das cores primárias e secundárias em botões .....	40
Figura 13 - Demonstração de link acessível com interação.....	41
Figura 14 - Exemplos de interação em <i>link</i> do menu de navegação .....	41
Figura 15 - Demonstração da interação <i>hover</i> em um botão .....	42
Figura 16 - Demonstração da propriedade <i>focus</i> em um formulário .....	42
Figura 17 - Exemplo de como uma validação baseada em cores é vista por um daltônico .....	43
Figura 18 - Exemplo de como uma validação adaptada é vista por daltônico .....	43
Figura 19 - Demonstração do menu de seleção de tema .....	45
Figura 20 - Demonstração das versões dos componentes adaptados .....	47
Quadro 1 - Relação entre as cores usadas para cada versão dos componentes ....	40

## LISTA DE SIGLAS

CSS	<i>Cascading Style Sheets</i>
HTML	<i>Hypertext Markup Language</i>
IHC	Interação Humano-Computador
SASS	<i>Syntactically Awesome Style Sheets</i>
W3C	<i>World Wide Web Consortium</i>

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>9</b>
1.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS	9
1.2	OBJETIVOS	10
1.2.1	Objetivo Geral:	10
1.2.2	Objetivos Específicos:	11
1.3	JUSTIFICATIVA	11
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO	12
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>14</b>
2.1	INTERAÇÃO HUMANO COMPUTADOR	14
2.2	INTERAÇÃO E INTERFACE	16
2.3	USABILIDADE	17
2.4	ACESSIBILIDADE	19
2.4.1	<i>Web Design</i> Responsivo	20
2.5	MATERIAL DESIGN	22
2.6	DALTONISMO	23
2.6.1	Tipos de Daltonismo	24
2.6.2	Sintomas do Daltonismo no Cotidiano	25
<b>3</b>	<b>DESENVOLVIMENTO</b>	<b>29</b>
3.1	DALTONISMO NAS INTERFACES	29
3.2	HEURÍSTICAS DE ACESSIBILIDADE PARA DALTONISMO	31
3.2.1	Uso Consistente de Cores:	31
3.2.2	Evitar Combinações de Cores Inadequadas à Condição do Daltonismo:	32
3.2.3	Garantir que Elementos Interativos Sejam Fáceis de se Identificar	33
3.2.4	Providenciar <i>Feedback</i> Fácil de ser Identificado	33
3.2.5	Utilizar Outras Dicas Visuais para Transmitir Informações	34
<b>4</b>	<b>APLICAÇÃO DAS HEURÍSTICAS</b>	<b>36</b>
4.1	FERRAMENTAS UTILIZADAS	36
4.1.1	O FRAMEWORK MATERIALIZE	36
4.1.2	Sass e SCSS	37
4.1.3	SIM DALTONISM	37
4.2	APLICAÇÃO DAS HEURÍSTICAS	38
4.2.1	Uso de Cores e Combinações de Cores	39
4.2.2	Garantir que Elementos Interativos Sejam Fáceis de se Identificar	40
4.2.3	Providenciar <i>Feedback</i> Fácil de ser Identificado	43
4.2.4	Utilizar Outras Dicas Visuais para Transmitir Informações	44
4.3	IMPLEMENTAÇÃO DA CAPACIDADE DA INTERFACE DE SE ADAPTAR	44
4.4	RESULTADOS	46
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	<b>48</b>
5.1	CONSIDERAÇÕES FINAIS	48
5.2	TRABALHOS FUTUROS	49
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>50</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Este capítulo explana inicialmente os aspectos introdutórios do estudo, abrangendo os seguintes tópicos: Considerações Iniciais, Objetivos, Justificativa e Estrutura do Trabalho.

### 1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A área de estudos em Interação Humano-Computador (HCI ou IHC) objetiva desenvolver e avaliar uso de interfaces de software. Uma interface é representada como o local em que duas entidades se comunicam ou interagem. Um exemplo de interface entre o usuário seria a tela apresentada por um programa, ou seja, os elementos de interação do software. Normalmente, esta tela é constituída por imagens, ícones, campos de texto e demais ferramentas que auxiliam o usuário a desempenhar suas tarefas. E, como nem todos os usuários desses sistemas possuem as mesmas condições físicas ou intelectuais, as interfaces precisam possuir bons aspectos de usabilidade e condições que garantam a acessibilidade dos mesmos (ROCHA; BARANAUSKAS, 2003).

Usabilidade é um atributo relacionado à facilidade de uso, refere-se à rapidez com que usuários utilizam um sistema, a eficiência envolvida, o grau de propensão a erros e quão boa é sua experiência ao utilizá-lo (NIELSEN, 2007). Em contrapartida, a ideia de acessibilidade vem do conceito de que pessoas com algum tipo de limitação possam usar produtos ou serviços (ROCHA; BARANAUSKAS, 2003).

Ambos os conceitos, têm como foco o usuário, garantindo que todos possam ter acesso e oportunidades para utilizar um sistema ou aplicativo com facilidade (ROCHA; BARANAUSKAS, 2003).

No contexto da Web, desenvolver um sistema acessível, significa que pessoas com deficiência podem perceber, entender, navegar, interagir e contribuir para a Web, beneficiando também outros tipos de pessoas, incluindo pessoas idosas com capacidades em mudança devido ao avanço da idade. Assim, o conceito de acessibilidade para Web, pressupõe à ideia de disponibilidade, com segurança e autonomia de serviços, de sistemas e aplicações para pessoas portadoras de algum tipo de deficiência ou limitação (W3C, 2008).

Existem diversos tipos de usuários com necessidades ou condições especiais que precisam ser incluídos nos grandes grupos de usuários de sistemas computacionais (no caso, na Internet). Dentre eles existem os usuários que são portadores de daltonismo, condição que afeta cerca de 10% da população mundial, que ao contrário do conceito popular, no qual se crê ser uma redução ao ver cores, é na verdade uma “incapacidade total de enxergar uma ou mais cores” (BRUNI; CRUZ, 2006). Assim, representando uma grande parcela de usuários da *Web*, os daltônicos frequentemente passam por algumas dificuldades ao interagir com interfaces que não são projetadas considerando suas capacidades, podendo tornar suas experiências desconfortáveis.

Baseando-se no acima exposto, este trabalho propõe elaborar heurísticas de desenvolvimento que visam garantir a acessibilidade de portadores de daltonismo na *Web*. Para isso, utilizar conceitos e diretrizes de desenvolvimento acessível junto de um estudo das condições do daltonismo e seus sintomas na visualização de cores. Em seguida, aplicar essas heurísticas e os conhecimentos obtidos em uma ferramenta de desenvolvimento de interfaces *Web*, no caso, o *framework Materialize*, que possui seu código-fonte aberto e disponível para adaptações. Essa ferramenta também permitirá alternar entre diferentes temas, os quais buscam se adequar individualmente à cada condição de daltonismo.

## 1.2 OBJETIVOS

Neste tópico serão abordados o Objetivo Geral e os Objetivos Específicos deste trabalho.

### 1.2.1 Objetivo Geral:

Adaptar uma ferramenta desenvolvimento de interfaces *Web* para que seja acessível à usuários portadores de daltonismo.

### 1.2.2 Objetivos Específicos:

- Estudar conceitos de usabilidade, acessibilidade na *Web* e desenvolvimento *Web* acessível;
- Compreender características do daltonismo e seus sintomas ao visualizar cores;
- Elaborar heurísticas de desenvolvimento visando a acessibilidade de usuários daltônicos;
- Aplicar as heurísticas elaboradas no *framework* de desenvolvimento *Front-End* “*Materialize*”.

## 1.3 JUSTIFICATIVA

Com o crescimento do acesso à Internet, são cada vez mais comuns casos de usuários portadores de necessidades ou condições especiais, que não são supridas, tornando difícil a utilização de diversos sistemas ou aplicações.

Dentre os usuários que necessitam de adaptações que garantam a sua acessibilidade, estão usuários portadores da condição de daltonismo, que é uma deficiência visual que afeta a capacidade dos seus portadores de enxergarem certos espectros de cor, causando dificuldade em reconhecer ou identificar cores presentes em aplicações (MELO; GALON; FONTANELLA, 2014).

De acordo com Bruni e Cruz (2006), entre 8 e 10% da população masculina e 0.5% da população feminina possuem algum tipo de daltonismo. Logo, aproximadamente 1 em cada 10 homens, e 1 em cada 200 mulheres sofrem de algum tipo de daltonismo. Quando se observa a nível mundial, 4,5% da população sofre de alguma deficiência quanto a visão de cores.

As estatísticas aumentam em alguns países com comunidades isoladas onde há um número maior de pessoas caucasianas entre seus habitantes, como por exemplo, áreas rurais Escandinavas, onde a incidência dos genes chega a 12% dos homens. Por outro lado, na região da África subsaariana as estatísticas de portadores de genes do daltonismo são reduzidas. Dessa forma, países como Índia e Brasil, onde

existem grandes índices de miscigenação, possuem também grande incidência de pessoas com algum tipo de daltonismo devido à difusão dos genes ao longo do tempo (MELO; GALON; FONTANELLA, 2014).

Relacionando essa parcela da população com usuários da *Web*, aproximadamente 1 a cada 10 usuários pode apresentar alguma condição de daltonismo, e considerando o fato de que interfaces *Web* frequentemente usam de cores para transmitir informação, a acessibilidade dos usuários daltônicos ao conteúdo pode estar comprometida.

Para que a acessibilidade de portadores de daltonismo seja garantida, alguns cuidados devem ser tomados no desenvolvimento da interface, os quais podem ser representados em forma de heurísticas de desenvolvimento. Também, como existem diversas condições diferentes de daltonismo, uma solução seria uma interface que se adaptasse individualmente à cada condição.

Para o desenvolvimento de interfaces *Web*, comumente se usam *frameworks* de desenvolvimento, os quais possuem diversos recursos e componentes já estilizados, reduzindo a complexidade e tempo de codificação.

Nesse contexto, o *framework Materialize* se mostra uma boa opção, pois se mostra simples de utilizar, seu código-fonte é aberto e disponível, e possui uma documentação completa. Assim, busca-se elaborar heurísticas que garantam a acessibilidade de portadores de daltonismo e aplicá-las no *framework Materialize*, de forma que exista a possibilidade da interface se adaptar à cada condição de daltonismo.

#### 1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este documento se encontra dividido em 5 capítulos. O primeiro Capítulo é destinado à introdução deste trabalho. O segundo Capítulo apresenta a Fundamentação Teórica sobre conceitos de usabilidade, acessibilidade, acessibilidade na *Web* e a condição do daltonismo. O terceiro Capítulo descreve o processo de elaboração das Heurísticas de Acessibilidade para Daltônicos. O quarto capítulo refere-se à aplicação das heurísticas e adaptação dos componentes do

*framework Materialize*. Por último, o quinto capítulo apresenta as considerações finais sobre o desenvolvimento do trabalho e trabalhos futuros.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo apresenta os tópicos abordados no trabalho a partir da revisão literária de autores da área de IHC, suas subáreas como usabilidade e acessibilidade e também definições e literatura sobre daltonismo e seus efeitos no cotidiano dos portadores.

### 2.1 INTERAÇÃO HUMANO COMPUTADOR

O termo “Interação Humano-Computador” (ou “Interface Humano-Computador”) começou a se popularizar nos anos 80, sendo uma forma nova de estudo e pesquisa que além do *design* de interfaces de sistemas computacionais visa também as interações com os usuários. Assim, estudar interfaces se tornou uma prática cada vez mais comum com o passar dos anos (ROCHA; BARANAUSKAS, 2003).

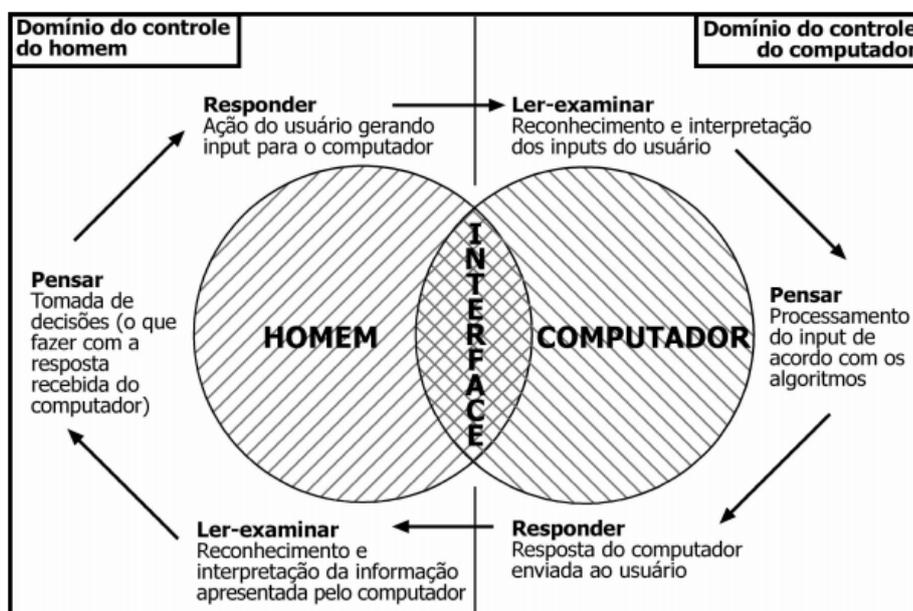
A área de Interação Humano-Computador foca em compreender, projetar, desenvolver e avaliar sistemas computacionais interativos utilizados por humanos, junto de suas práticas e fenômenos de utilização, e objetiva facilitar o acesso do homem às tecnologias que se atualizam constantemente e interferem no cotidiano das pessoas (BITES; ALMEIDA, 2009).

Desta maneira, IHC objetiva produzir sistemas usáveis, seguros e funcionais, assim, esses objetivos podem ser resumidos em como desenvolver ou aprimorar a usabilidade, utilidade, segurança e efetividade de sistemas computacionais, não só hardware e software, mas todo ambiente que utilize ou seja afetado por tecnologias que são relacionadas ao uso de computadores (ROCHA; BARANAUSKAS, 2003).

Segundo Mayhew (1992), IHC se forma por uma “espécie de revezamento do domínio do controle da situação”, em que as interações entre o usuário e computador têm iniciativa alternada e possuem três fases: ler-examinar, pensar e responder. Também afirma que nesse sistema, tanto o usuário quanto a máquina possuem forças e fraquezas no processo, logo, os computadores precisam ser desenvolvidos para suportarem as fraquezas humanas.

Esse processo é representado pelo modelo de Mayhew (1992), apresentado Figura 1.

Figura 1 - Modelo de três fases da Interação Humano-Computador de Mayhew



Fonte: Mayhew (1992)

Segundo Mayhew (1992), uma das principais causas de problemas na IHC é o fato de que os desenvolvedores consideram o que foi desenvolvido como uma “unidade independente”, quando na realidade é necessário considerá-lo parte de um sistema maior, com vários usuários e outros subsistemas.

Até meados dos anos 90, o foco de IHC era no projeto de interfaces que seriam utilizadas por somente um usuário, porém, esse conceito foi sendo modificado progressivamente, principalmente com a popularização da Internet. Dessa forma, nasceu a necessidade de proporcionar a interação entre múltiplos indivíduos que trabalhavam em conjunto, assim, surgiu a demanda por um campo interdisciplinar com foco em trabalho cooperativo (BITES; ALMEIDA, 2009).

De forma similar, Preece et al. (2005) afirmam que a questão principal do *design* de interação são produtos interativos, utilizáveis, fáceis de aprender, eficazes e que proporcionem uma experiência agradável ao usuário, e para isso, é necessário considerar certos aspectos, como quem irá utilizar e onde será utilizado.

Por outro lado, outros campos também relacionados à IHC e *design* de interfaces devem ser considerados e incluídos, como fatores humanos, ergonomia e

engenharia cognitiva, visam o projeto de sistemas que tencionam os objetivos de quem usa, mesmo que com focos e métodos distintos (BITES; ALMEIDA, 2009).

Para isso, existem alguns processos iterativos de importância que precisam ser seguidos, como identificar necessidades e estabelecer requisitos, desenvolver *design* que preencha esses requisitos e construir versões interativas dos *designs* e avaliar os passos e fases do que se está sendo construído (PREECE et al., 2005).

## 2.2 INTERAÇÃO E INTERFACE

Para serem aplicados esses conceitos e aumentar a qualidade do uso dos sistemas interativos, precisa-se inicialmente compreender os elementos iniciais envolvidos na interação humano-computador ou usuário-sistema. Assim é necessário compreender os conceitos de **interação** e **interface** (CARD; MORAN; NEWELL, 1983).

A definição geral de interação usuário-sistema evoluiu junto aos avanços tecnológicos ao longo dos anos. Inicialmente, se tratava basicamente de uma sequência de estímulos e respostas, como uma interação básica entre dois corpos. Essa definição evoluiu com o surgimento de novas pesquisas de base cognitiva e passou a destacar a interação como a comunicação com máquinas, em vez da operação de máquinas (CARD; MORAN; NEWELL, 1983).

Segundo Norman (1986), a interação é um processo por meio do qual o usuário formula uma intenção, planeja suas ações, atua sobre a interface, percebe e interpreta a resposta do sistema e avalia se seu objetivo foi alcançado. Em outras palavras, uma interação usuário-sistema pode ser tudo o que acontece quando uma pessoa e um sistema computacional são unidos visando realizar tarefas ou um objetivo.

Posteriormente, se enfatizou o conceito de interação como um processo de comunicação entre pessoas, mediada por sistemas computacionais. Ou seja, pode-se considerar a interação usuário-sistema como um processo de manipulação, comunicação, conversa, troca, influência, entre outros (BARBOSA; SILVA, 2010).

Quando surgiu o conceito de interface, a mesma era compreendida como o hardware e o software com os quais era feita a comunicação entre o homem e o computador. Com a evolução desse conceito, foram inclusos novos aspectos, como

levar em consideração aspectos cognitivos e emocionais dos usuários (ROCHA; BARANAUSKAS, 2003).

A interface é vista como um lugar em que o contato entre duas entidades ocorre (por exemplo, a tela de um computador). Existem diversos exemplos simples de interfaces no nosso cotidiano, como a maçaneta de uma porta, uma torneira, a direção de um carro, etc. O formato dessas interfaces reflete as qualidades físicas das partes na interação. A maçaneta de uma porta é projetada para se adequar à natureza da mão que irá usá-la, a alavanca de câmbio de um automóvel e tesouras de dois tipos uma para pessoas destros e outra para pessoas canhotas (ROCHA, BARANAUSKAS; 2003).

Segundo Norman (1988), a forma da interface também reflete o que pode ser feito com ela, como por exemplo, uma maçaneta. As maçanetas possuem diversos formatos, que informam como a porta deve ser aberta, se deve ser puxada ou empurrada, por exemplo. O mesmo acontece com a forma das torneiras, em que se deve girar, empurrar ou levantar uma alavanca. Portanto, pode-se ter como uma definição base, que uma interface é um meio de contato que reflete as propriedades das partes que interagem, as funções a serem executadas e o balanço entre poder e controle.

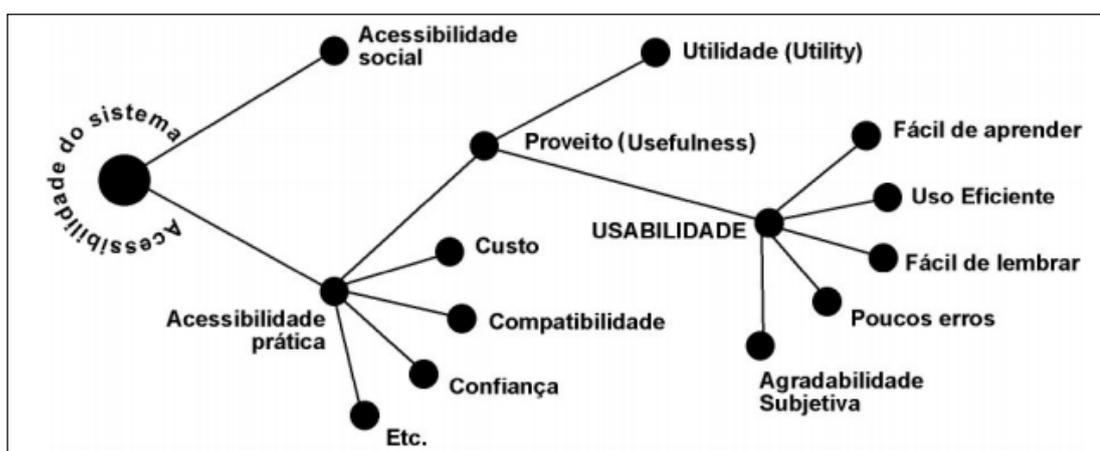
## 2.3 USABILIDADE

Segundo Nielsen (1993), a usabilidade é um atributo que avalia o quão fácil uma interface é de se usar ou a “medida de qualidade da experiência de um usuário ao interagir com um produto ou sistema”. A usabilidade é formada pela facilidade de uso e aprendizado, memorização e execução de tarefas e prevenção, visando redução de erros e satisfação do usuário.

Nielsen (1993) também destacava o conceito de usabilidade em conjunto com utilidade como **atributos de qualidade**, ambos igualmente importantes dentro de um atributo ainda maior, no caso, o atributo **proveito** (ou *usefulness*) do sistema. Assim, questiona a funcionalidade do sistema, com a resposta sendo o quão útil ao usuário o sistema é, ou o quão fácil é de se usar.

Também destaca como esses atributos se conectam, representando de forma visual em seu “Modelo de atributos de aceitabilidade do sistema”, apresentado na Figura 2.

Figura 2 - Modelo de atributos de aceitabilidade do sistema de Nielsen



Fonte: Nielsen (1993)

Um grupo de princípios de *design* é envolvido no conceito de usabilidade, como a visibilidade de recursos, modelo conceitual de qualidade, informações, mecanismos de *feedback* de usuário, entre outros (NORMAN, 1988).

Para Shneiderman *et al.* (2017), para um sistema de IHC conquistar a qualidade de “fácil uso”, é de extrema importância considerar as diferenças individuais de cada categoria de usuário. Dessa forma, o conceito de usabilidade se une à ideia de acessibilidade. Também, o conceito de usabilidade pode ser definido como o estudo ou a aplicação de técnicas que proporcionem a facilidade de uso de um dado objeto, por exemplo, um *site*. Usabilidade busca assegurar que qualquer pessoa consiga usar o *site* e que este funcione da forma esperada pela pessoa (SCHEIDERMAN *et al.*, 2017).

No geral, a usabilidade focaliza em como a utilização de um sistema interativo no ambiente é afetada pelas características do usuário, ou seja, suas capacidades cognitivas, suas capacidades de ação sobre a interface e de perceber as respostas vindas do sistema. Posteriormente o conceito passou a também englobar emoções e sentimentos dos usuários. Preece *et al.* (2007), denominam esse relacionamento com emoções e sentimentos de “experiência do usuário”. Como, em alguns casos, o

usuário possui alguma capacidade física ou cognitiva afetada, começou-se a se considerar a “acessibilidade”.

## 2.4 ACESSIBILIDADE

O termo “acessibilidade” representa a inclusão de pessoas com alguma limitação física ou cognitiva na participação de atividades, interpretar informações e na utilização de produtos ou ferramentas, como por exemplo, prédios com rampas de acesso para cadeira de rodas e banheiros adaptados para portadores de deficiência física. Entretanto, o conceito de acessibilidade no espaço digital firma disponibilizar toda informação disponível ao usuário de forma autônoma e sem prejudicar o conteúdo, independentemente de suas características físicas (BARBOSA; SILVA, 2010).

Na interação com interfaces de sistemas computacionais, são aplicadas uma gama de fatores como habilidade motora, sentidos, capacidades perceptivas e cognitivas, interpretação e raciocínio para compreender as informações providas pelo sistema, de forma que a interface não poderá apresentar dificuldades ou problemas ao indivíduo que está utilizando o sistema, senão, a IHC será prejudicada (BARBOSA; SILVA, 2010).

Segundo Farias *et al.* (2016), acessibilidade virtual é compreendida como uma maneira de garantir a mobilidade e usabilidade de recursos computacionais, auxiliando e eliminando obstáculos que possam atrapalhar o uso do computador. A mesma se caracteriza por possibilitar o acesso a serviços ou informações em ambientes virtuais, de maneira justa e igualitária a todos que tenham acesso a elas, incluindo pessoas com deficiência, idosos, ou aqueles que não possuem nenhum tipo de limitação. Logo, os meios e produtos devem se adaptar a uma grande variedade de usuários, principalmente aqueles que possuem algum tipo de deficiência.

A acessibilidade dos usuários pode ser garantida ao combinar a disposição da informação de múltiplas formas, desde redundâncias simples até sistemas de transcrição de mídia para o uso de ajudas técnicas, como leitura de tela, sistemas de reconhecimento, simuladores virtuais de teclado, entre outros (FARIAS *et al.*, 2016).

De acordo com Farias *et al.* (2016), quando se diz que um site é “acessível”, quer dizer que o conteúdo está disponível para, *literalmente*, qualquer pessoa. Assim,

é necessário sempre lembrar que nem todos os usuários conseguem interagir com o conteúdo da página da mesma maneira. Caso contrário, pode gerar não só uma experiência desconfortável para algumas pessoas, mas também outras situações desagradáveis que vão desde simples aborrecimentos a obstáculos intransponíveis para outras.

O termo “Acessibilidade na *Web*” refere-se então à experiência de usuários que possam estar fora do grupo de usuário “típico”, que podem acessar e interagir com os elementos de uma interface de maneira diferente do esperado, referindo-se especificamente a usuários que experimentam algum tipo de incapacidade ou deficiência, podendo ser não-físicas ou temporárias. Dessa forma, à medida em que um grupo de indivíduos com deficiência consegue navegar sem obstáculos, a *Web* se torna cada vez mais acessível. Por conseguinte, tornando a acessibilidade na *Web* cada vez mais importante para que seus usuários possam interagir, navegar, compreender e tirar todo o proveito que a Internet pode oferecer (FARIAS *et al.*, 2016).

A adaptação e flexibilidade favorecem não só pessoas com deficiência, mas também as que possuem limitações na utilização de tecnologias, de forma que qualquer usuário possa ser capaz de interagir com a interface, acessar informações e realizar suas atividades e tarefas. Logo, numa época que o acesso à Internet está presente em dispositivos diferentes do “computador comum”, como *smartphones*, *tablets*, relógios, aparelhos de televisão e uma infinidade de outros aparelhos com proporções e dimensões das mais variadas, é necessário garantir que todos possam acessar o conteúdo igualmente. Esse conceito é conhecido como “*Web Design Responsivo*” (MARCOTTE, 2010).

#### 2.4.1 *Web Design Responsivo*

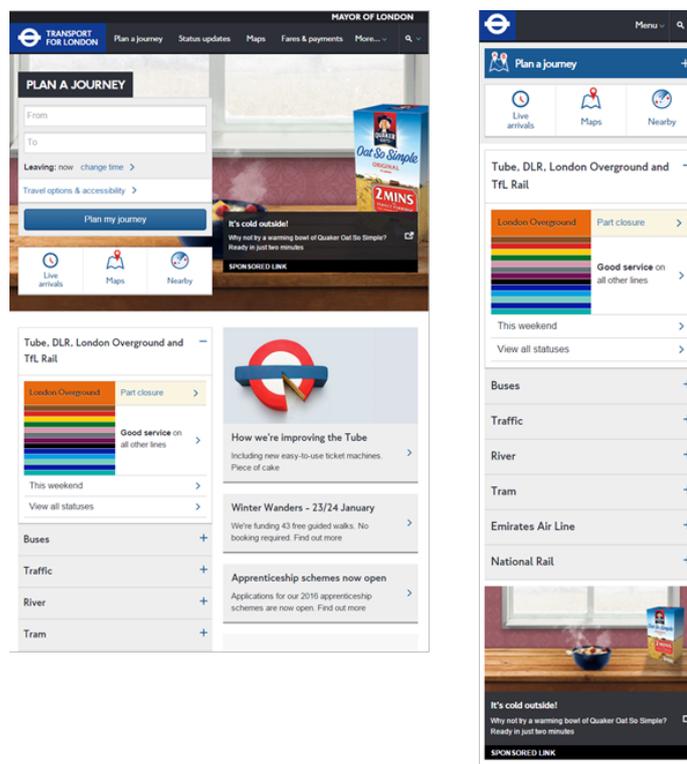
Definido originalmente por Marcotte (2010), o conceito de *Web Design Responsivo* surgiu da necessidade de adequar páginas *Web* ao crescimento da gama de formas e plataformas disponíveis para se acessar a Internet além dos computadores tradicionais, dispositivos em novos formatos, definições e tamanhos diferentes para apresentação de conteúdo, em especial dispositivos móveis como *smartphones* e *tablets*. Projetar uma versão da página diferente para se adaptar para as infinitas possibilidades de dimensões e telas seria impossível, então seria

necessário que a página e seus componentes se adaptem ao contexto em que estão sendo utilizados (MARCOTTE, 2010). Dessa forma, nasceu o conceito de “*Web Design Responsivo*”, ou “*Responsividade*”.

De acordo com Budiu (2016), “*Web Design Responsivo*” é uma abordagem de desenvolvimento que proporciona mudanças dinâmicas na aparência de um *Website*, dependendo do tamanho da tela e orientação do dispositivo que está sendo usado para acessá-lo. Essa abordagem é uma das soluções para projetar *Websites* responsivos para a infinidade de dispositivos utilizados pelos usuários da Internet.

Em páginas responsivas, os elementos se adaptam e/ou reorganizam a medida que a janela é redimensionada. Por exemplo, uma página estruturada com três colunas numa dimensão *Desktop* pode se reorganizar para duas colunas para caso visualizada em um *tablet* ou uma só coluna se aberta em um *smartphone* (BUDIU, 2016). Um exemplo de *website* responsivo é demonstrado na Figura 3.

**Figura 3 - Versões responsivas do Website "Transport for London".**



**Fonte: Budiu (2016)**

Enquadrado no conceito de Responsividade, existe a abordagem de “*Design Adaptativo*”, a qual o conteúdo e características podem não ser disponibilizados ao cliente caso possam não ser mostrados apropriadamente no dispositivo requisitado

(BUDIU, 2016). Dessa forma, caso o dispositivo não possua recursos para receber, por exemplo, algumas propriedades CSS ou *JavaScript*. Também, nessa abordagem são levadas em consideração questões como conexão e capacidade de dispositivos móveis, possibilitando páginas mais “leves” e funcionais.

Existe também a opção de se desenvolver “*mobile-only*”, ou seja, com o foco de desenvolvimento voltado ao conteúdo ser exibido apenas em dispositivos móveis, que estão organizados em outro diretório paralelo ao principal, voltado ao *desktop*. Nessa opção, o *design* era elaborado considerando o tamanho e formato dos elementos aos dispositivos móveis. Essa abordagem perdeu força com o tempo pelo fato de que criar um *site* separado (em vez de *designs* diferentes ou adaptativos) requer muito mais manutenção, já que novos recursos precisam ser implementados duas vezes, gerando inconsistências e falta de homogeneidade (BUDIU, 2016).

Das opções apresentadas, segundo Budiu (2016), o *Design Responsivo* é a opção mais viável, pois é mais fácil e requer menos trabalho de se implementar, visto que exige menos controle sobre o *design* para cada tamanho de tela disponível.

Quando o *site* é acessado em dispositivos diferentes, como ir do *laptop* ao *tablet*, a página irá se modificar automaticamente para acomodar as capacidades e recursos fornecidos para tal resolução. Para que esse objetivo seja alcançado, são usados *grids* (grades) e *layouts* flexíveis e um recurso CSS denominado “*Media Queries*” (derivado do *Media Types* do CSS2), que são expressões que envolvem interpretar características do dispositivo e tipo de mídia para aplicar classes CSS ou propriedades específicas para certos elementos quando visualizados em determinados dispositivos. Assim, em vez de se aplicar propriedades baseado no tipo do dispositivo, se aplica baseado nas capacidades do mesmo, como por exemplo, altura e largura da janela do navegador ou dispositivo, sua orientação e resolução. Dessa forma, se facilita o acesso à informação de todos os usuários, independente da situação ou do meio em que o mesmo acessa o *Website* (BUDIU, 2016).

## 2.5 MATERIAL DESIGN

O *Material Design* é uma linguagem-conceito visual elaborada pela *Google*, que visa sintetizar princípios clássicos de *design* e *boas práticas* com melhorias na experiência dos usuários. É descrita como “uma união entre princípios clássicos do

bom *design* com a inovação e a possibilidade da tecnologia e ciência”. Visa desenvolver um sistema fundamental que permite uma experiência unificada para proporcionar uma interação de qualidade mesmo em diferentes dispositivos (MATERIAL DESIGN, 2018).

O conceito geral do *Material Design* envolve a aplicação de “materiais” e “leis naturais” do mundo real, principalmente **movimento e luz**. A ideia é de que ao imitar o mundo real, se reduz a carga cognitiva dos usuários, aumentando a naturalidade, e eliminando a ambiguidade de ações e informações. Seguindo essas premissas, as interfaces elaboradas utilizando o *Material Design* buscam oferecer maior familiaridade aos usuários, tornando camadas, ações e interações mais fáceis de se reconhecer e serem visualizadas. (MATERIAL DESIGN, 2018).

Por considerar a proposta de que para oferecer usabilidade excelente dos usuários, é necessária também a acessibilidade dos mesmos, orientando como projetar *layouts* claros com componentes distintos, específicos e robustos para todos os usuários, especialmente usuários que possuem problemas de visão, como os daltônicos.

## 2.6 DALTONISMO

Daltonismo, sinônimo popular para “Discromatopsia”, é o termo científico correto para qualquer tipo de defeito de visão de cores. A expressão “daltonismo” é um sinônimo popularmente usado para se tratar da discromatopsia e surgiu em referência ao químico John Dalton, (1766-1844), que possuía um tipo de discromatopsia chamada “protanopia” e foi o primeiro cientista a estudar sobre o assunto (BRUNI; CRUZ, 2006).

As discromatopsias podem ser congênitas, resultado de alterações genéticas, ou decorrentes de doenças sistêmicas ou oculares. Na população geral, estima-se que as discromatopsias congênitas acometem 6% a 10% dos homens e 0,4% a 0,7% das mulheres (MELO; GALON; FONTANELLA, 2014).

O daltonismo também pode ser causado por outros diversos fatores além de falhas genéticas, como a doença de Alzheimer, diabetes, glaucoma, leucemia, alcoolismo, esclerose múltipla, entre outras. Além dessas condições, o daltonismo também pode ser causado por acidentes ou derrames que possam causar danos à

retina ou em áreas particulares dos olhos ou do cérebro, alguns tipos de medicação e produtos químicos e também idade avançada, tornando assim ainda maior a incidência de casos de portadores de daltonismo mundialmente (MELO; GALON; FONTANELLA, 2014).

Segundo Bruni e Cruz (2006), a ocorrência da discromatopsia faz com que o indivíduo não consiga enxergar cores normalmente, prejudicando a habilidade de distingui-las, geralmente entre tons de verde e vermelho, e ocasionalmente, azul. A capacidade de ver cores é um fenômeno peculiar e complexo, que envolve células fotossensíveis especiais na retina humana, chamadas de “cones” (BRUNI; CRUZ, 2006).

A retina humana interpreta as cores em uma espécie de padrão tricromático, ou seja, apesar de não corresponderem exatamente à sensibilidade real dos cones, é tipificado formado por **vermelho**, **verde** e **azul** (MELO; GALON; FONTANELLA, 2014). Assim, todos os tons de variam dessas três cores, similar ao sistema usado em monitores modernos.

### 2.6.1 Tipos de Daltonismo

Segundo Melo, Galon e Fontanella (2014), daltonismo possui sete tipos de manifestação, divididos em três grupos: **monocromacia**, **dicromacias** e **tricromacias anómalas**:

- **Monocromacia:** Um tipo raro de daltonismo, o qual afeta os três receptores de cores, também chamada de “visão acromática”, restringindo seus portadores à visão de preto, branco e tons de cinza, ou seja, percebem apenas a presença de luminosidade.
  
- **Dicromacias:** Dicromacias são a redução ou deficiência total de um ou dois dos receptores de cor e pode se apresentar como **protanopia**, **deuteranopia** e **protanopia**:
  - **Protanopia:** é o tipo mais comum de daltonismo, causado pela ausência dos receptores de tons de vermelho e seus derivados. O portador enxerga em

tons de bege, marrom e cinza, tendo dificuldade para distinguir entre vermelho e verde. Também, as cores tendem a ser mais escuras do que são;

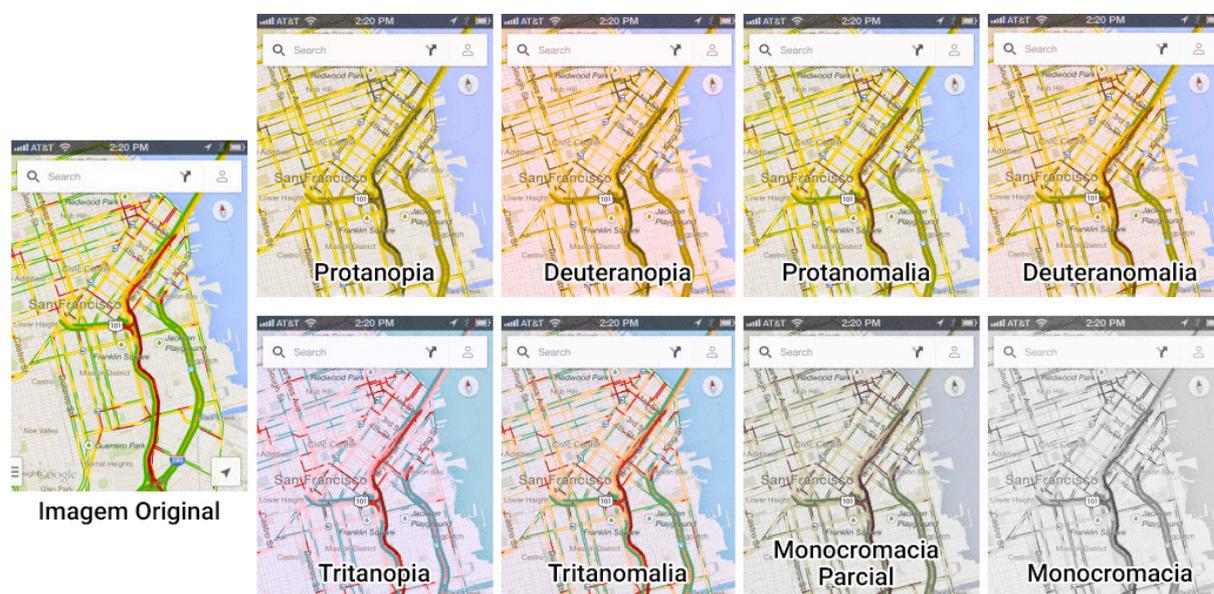
- Deuteranopia: ausência dos receptores que identificam tons de verde. Similar à protanopia, o portador também enxerga em tons de amarelo, marrom e azul;
  - Tritanopia: é o tipo mais incomum entre as dicromacias, sendo a falha no cone azul. Nesse caso, os daltônicos veem as cores em tons de vermelho, rosa, azul e ciano.
- Tricomacia anômala: a Tricomacia anômala é a redução parcial da capacidade de um dos receptores de cor, fazendo com que o portador enxergue as cores, mas, com contraste e saturação diferentes. A tricomacia anômala pode se apresentar das seguintes formas:
    - Protanomalia: é a deficiência parcial dos receptores vermelhos. Embora ainda seja possível distinguir entre tons de vermelho e verde, a protanomalia resulta numa sensibilidade menor e no escurecimento dessa cor e suas derivações. Pode gerar confusão entre o vermelho e o preto;
    - Deuteranomalia: é a deficiência parcial dos cones verdes. É responsável por grande parte dos casos de daltonismo e resulta na redução da capacidade de reconhecer tons de verde e seus derivados;
    - Tritanomalia: é a deficiência parcial dos cones receptores de azul, o que prejudica na identificação de cores na faixa do azul e do amarelo.

### 2.6.2 Sintomas do Daltonismo no Cotidiano

Em alguns casos, como os de redução parcial da percepção de cores, os sintomas podem ser imperceptíveis e não afetam de forma notável no cotidiano dos daltônicos, mas, em geral, podem apresentar algumas limitações ou passar por situações como dificuldade escolher roupas ou frutas (MELO; GALON; FONTANELLA, 2014). Contudo, os portadores podem também passar por situações mais críticas, como por exemplo decodificar e compreender a informação de mapas e

gráficos, que precisam de cores para serem interpretados, como apresentado na Figura 4.

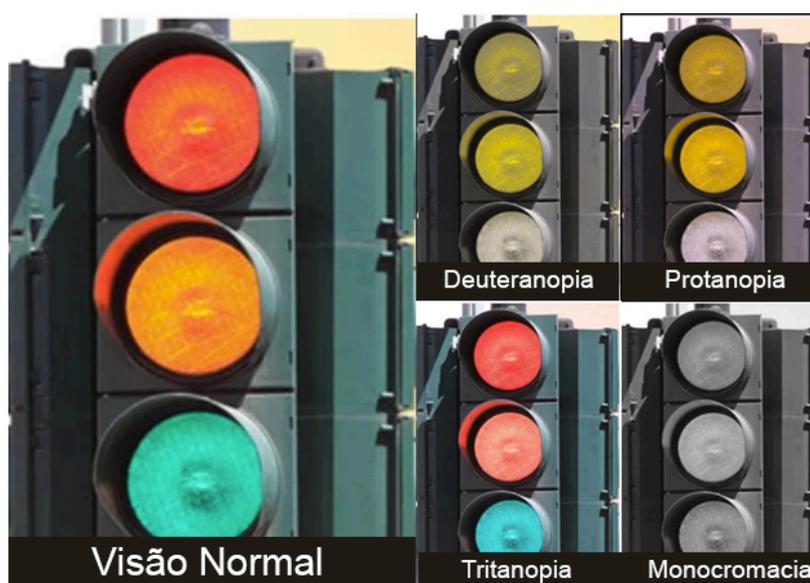
**Figura 4 - Simulação de Daltonismo no aplicativo Google Traffic**



Fonte: Adaptado de Werby (2013)

Semáforos de trânsito são projetados de forma que quem o visualize decodifique a mensagem transmitida não só por meio das cores, mas também a posição da luz, como apresentado na Figura 5.

**Figura 5 – Simulação das condições de daltonismo em um semáforo**

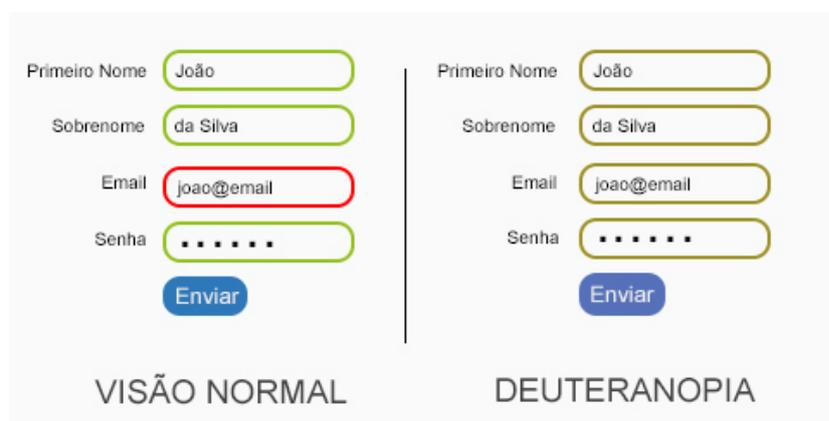


Fonte: Autoria própria

Similar às situações cotidianas, diversos *designs* de interfaces, por mais que sejam visualmente belos e bem organizados, podem refletir em dificuldades ou aborrecimento de usuários daltônicos por não serem pensados para incluir esse grupo de pessoas e respeitar suas limitações (W3C, 2008).

Isso se reflete, por exemplo, na sinalização de erros em formulários, que se destacam caso não tenham sido preenchidos corretamente. Assim, se a cor do contorno é a única forma de comunicar que um campo está incorreto, significa que o formulário não é acessível para usuários daltônicos, como apresentado na Figura 6.

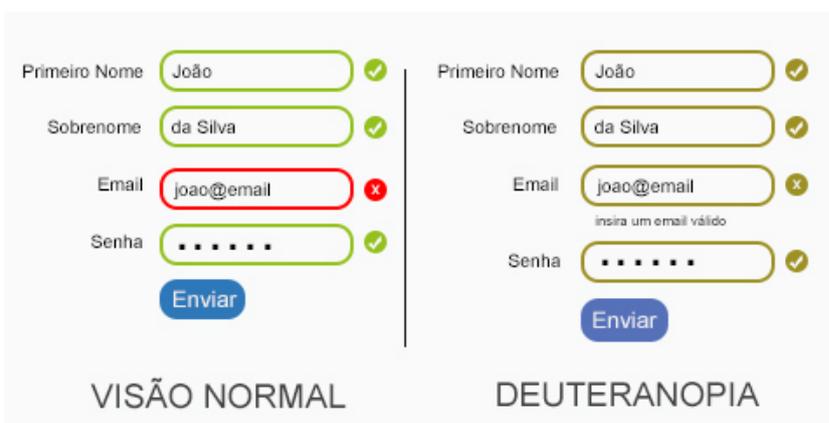
**Figura 6 - Exemplo de formulário não acessível visualizado por daltônicos**



Fonte: Adaptado de Gustafson (2015)

Dessa forma, o uso de mensagens ou símbolos são necessários para a acessibilidade de daltônicos na validação de formulários. Um exemplo de como isso pode ser visualizado é apresentado na Figura 7.

**Figura 7 - Exemplo de formulário acessível visualizado por daltônicos**



Fonte: Adaptado de Gustafson (2015)

Dessa maneira, para se garantir a acessibilidade de portadores de daltonismo nas interfaces, é necessário considerar algumas regras e boas práticas de desenvolvimento. Essas práticas podem ser elaboradas como heurísticas de desenvolvimento.

### 3 DESENVOLVIMENTO

No presente Capítulo, será apresentado o processo do desenvolvimento de heurísticas de acessibilidade para portadores de daltonismo, que serão posteriormente aplicadas na ferramenta de desenvolvimento de interfaces *Web* adaptativas.

Inicialmente, serão demonstradas algumas situações que possam afetar a acessibilidade de portadores de daltonismo em interfaces *Web*, relacionando com as informações apresentadas por Bruni e Cruz (2006) e Melo, Galon e Fontanella (2014). Em seguida apresentar meios de se contornar essas situações seguindo as heurísticas de usabilidade de Nielsen (1993) e as diretrizes sobre acessibilidade na *Web* apresentadas pelo *Material Design* (2018) e o *W3C* (2008 e 2018).

Posteriormente, será demonstrado como esses métodos serão aplicados em forma de heurísticas para solucionar falhas de acessibilidade para cada tipo de daltonismo.

#### 3.1 DALTONISMO NAS INTERFACES

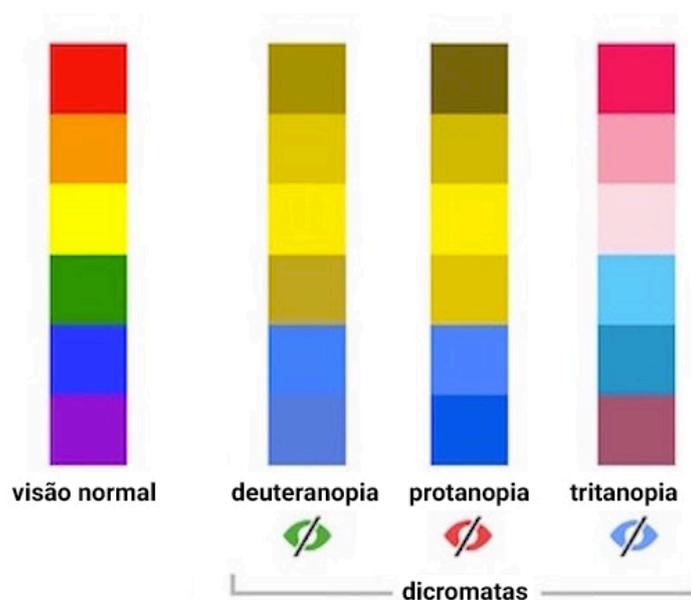
Grande parte dos portadores de daltonismo conseguem enxergar claramente o suficiente como o restante da população, a maior diferença é a dificuldade em diferenciar algumas cores, como verde e vermelho, tons de azul e roxo, dentre outros. (BRUNI; CRUZ, 2006).

Dos três grupos de daltonismo, o primeiro, denominado “tricromacias anômalas”, representam falhas parciais nos cones que percebem as cores. As tricromacias anômalas resultam em uma leve redução na capacidade de compreender as cores as quais os respectivos cones foram afetados, não resultando em graves consequências no cotidiano e na visibilidade do portador (BRUNI; CRUZ, 2006).

Por sequência, um segundo grupo classificatório das condições causadas pelo daltonismo, denominado “dicromacias”, que representam falhas totais em algum dos cones de cor. Desse grupo, os gêneros mais comuns são a protanopia e deuteranopia, que são as falhas nos cones vermelho e verde, respectivamente. De forma similar, existe também a tritanopia, que é a falha do cone que enxerga tons de

azul, transformando as cores próximas ao amarelo em tons de rosa e outras cores em tons de ciano e azul. A relação entre esses tipos de daltonismo é apresentada abaixo na Figura 8:

**Figura 8 – Ilustração de como cores são vistas por daltônicos.**



**Fonte: Collinge (2017)**

Por fim, a espécie mais rara de daltonismo, a “monocromacia” que é a falha total dos 3 cones de cor, fazendo com que o portador possa enxergar somente a luz branca vinda dos objetos, ou seja, somente em tons de cinza (BRUNI; CRUZ, 2006).

Sabe-se que grande maioria portadores de daltonismo podem sim enxergar e diferenciar certas cores igual uma pessoa comum, mas cada tipo de portador enxerga as cores de forma diferente (MELO; GALON; FONTANELLA, 2014). Como em interfaces *Web* contemporâneas, é comum o uso de cores para a transmissão de informação, falhas de acessibilidade são recorrentes em casos em que o usuário possui alguma condição de daltonismo. Dessa forma, é necessário elaborar soluções para sanar falhas de acessibilidade, realizando análises em forma de heurísticas.

## 3.2 HEURÍSTICAS DE ACESSIBILIDADE PARA DALTONISMO

De acordo com Nielsen (1990), existem basicamente 4 maneiras de se avaliar uma interface de usuário:

- 1) Formalmente, com análises técnicas;
- 2) Automaticamente, com procedimentos computadorizados;
- 3) Empiricamente, com experimentos com usuários-teste;
- 4) Heuristicamente, simplesmente olhando a interface e julgando de acordo com conceitos e opiniões pré-estabelecidas.

Avaliações automáticas são consideradas inviáveis exceto por algumas verificações muito primitivas, portanto, se uma boa avaliação for necessária, as atuais práticas são as avaliações empíricas da interface. Infelizmente, na maioria das situações práticas, não se fazem avaliações empíricas, haja vista a falta de tempo, conhecimento, ou a simples falta de hábito de não realizar nenhum tipo de avaliação. No mundo real, a maioria das avaliações de interfaces são feitas a partir de avaliações heurísticas e acredita-se que essa é uma excelente estratégia para se melhorar a usabilidade em diversas situações (NIELSEN, 1990).

Em suma, avaliações heurísticas são basicamente feitas “olhando-se” uma interface e formando uma opinião sobre o que está certo ou errado sobre ela, idealmente, seguindo algumas regras e conceitos (Nielsen, 1990). Assim, esse trabalho objetiva estudar e elaborar heurísticas específicas para a acessibilidade de daltônicos em interfaces *Web*.

Seguindo as diretrizes do W3C (2008) e os princípios sobre acessibilidade do *Material Design*, considerando tópicos que possam auxiliar na acessibilidade de interfaces *Web* para portadores de daltonismo, foram elaboradas as seguintes heurísticas:

### 3.2.1 Uso Consistente de Cores:

De acordo com Nielsen e Loranger (2007), quanto maior a quantidade de informações na interface, maior será a quantidade de decisões a serem tomadas, assim, aumentando a carga mental do usuário, tornando a interface menos eficiente.

De forma similar, Shneiderman (2017) afirma que para um *design* eficiente, as sequências consistentes de ações devem se repetir em situações semelhantes, como por exemplo, uso consistente de cores nos elementos da página.

Segundo o *Material Design* (2018), cores podem comunicar humores, tons e informações críticas. O uso de cores de forma inteligente é fundamental para o *design* acessível. Foque na escolha de uma cor primária e uma secundária, e use de suas acentuações. Garantindo também que usuários com problemas de visão possam visualizar melhor a interface.

Como daltônicos enxergam uma gama limitada de cores, o uso de cores bem distintas torna-se mais amigável ao usuário. Caso seja necessário diversificar ou sinalizar interação (ex.: a cor de um botão se alterar ao ter o cursor posicionado sobre ele), basta utilizar tons mais claros ou escuros da mesma cor.

Também, como portadores da condição de monocromacia não enxergam em cores, mas sim em escala de cinza, então diferenciam as cores pela intensidade de branco.

### 3.2.2 Evitar Combinações de Cores Inadequadas à Condição do Daltonismo:

Algumas combinações de cores são já conhecidas por causarem confusão entre daltônicos, como por exemplo, verde e vermelho. Mas, como existem diferentes intensidades e gêneros de daltonismo, diversas cores possuem tonalidades que são facilmente confundidas (BRUNI; CRUZ, 2006). Considerando essa afirmação, para garantir a acessibilidade de daltônicos na *Web*, deve-se evitar combinações de cores que podem causar confusão ou dificuldade de reconhecimento por daltônicos como:

- Verde e Vermelho;
- Verde e Marrom;
- Azul e Roxo;
- Verde e Azul;
- Verde Claro e Amarelo;
- Azul e Cinza;
- Verde e Cinza;
- Verde e Preto;

### 3.2.3 Garantir que Elementos Interativos Sejam Fáceis de se Identificar

Determinar diferenças apenas com o uso de cor introduz um esforço mental a mais em usuários daltônicos, pois mesmo que consigam distinguir entre duas cores muito similares, pode ser cansativo para o usuário (W3C, 2008). Dessa forma, é necessário providenciar estilos diferentes para elementos interativos, como *links* ou botões, para torná-los mais fáceis de serem identificados. Como exemplo, sublinhar *links* e/ou fazer com que a aparência dos mesmos altere com interações com o cursor do *mouse*, foco do teclado ou toque na tela. Para realçar os efeitos de interação, são usadas frequentemente as propriedades CSS *hover* e *focus*.

A pseudo-classe *hover*, é uma propriedade CSS a qual representa a ação de quando o usuário designa o cursor sobre um elemento, mas não necessariamente o ativa, ou seja, uma interação sem um clique. O uso dessa propriedade é de grande utilidade quando se quer indicar visualmente que o elemento pode receber interações.

Similar ao *hover*, a propriedade *focus* é uma pseudo-classe CSS que tem como função aplicar um estilo a um elemento que está selecionado, recebeu ou está recebendo algum tipo de interação, como um clique do *mouse*, toque ou inserções via teclado, como por exemplo, campos de um formulário. A classe *focus* é aplicada somente ao componente que está sendo focado, diferenciando o elemento que está recebendo interação dos outros.

Dessa forma, essas propriedades são essenciais para a usabilidade de todos os usuários da *Web*, em especial, usuários que possuem algum tipo de limitação, já que facilitam no reconhecimento de elementos que podem ser interagidos. Em suma, o elemento que pode receber interação deve se destacar visualmente dos componentes ao seu redor e também ter seu estado ou estilo modificados indicando interações e reforçando a navegabilidade da interface.

### 3.2.4 Providenciar *Feedback* Fácil de ser Identificado

Segundo Nielsen e Loranger (2007), é de extrema importância que a interface ajude o usuário a diagnosticar, reconhecer e se recuperar dos seus erros. Um exemplo

disso, está na validação de formulários, que é um problema quando se trata da acessibilidade de daltônicos, pois é comum o uso da associação de cores para diferenciar os campos corretos e incorretos, geralmente, verde para “correto” e vermelho para “incorreto”. Como a grande maioria dos daltônicos possuem dificuldade na distinção dessas cores, transmitir uma mensagem somente com o uso das mesmas sem nenhum outro indicativo visual faz com que seja difícil para o usuário compreender qual dos campos está retornando uma mensagem de erro.

Sendo assim, reforçando a ideia de incluir outras dicas visuais, essa situação pode ser contornada não só associando cores que podem ser melhor visualizadas para cada gênero de daltonismo, como também, exibir uma mensagem escrita próxima à cada campo incorreto ou algum outro método visual de diferenciar os campos incorretos.

### 3.2.5 Utilizar Outras Dicas Visuais para Transmitir Informações

Como costuma-se empregar o uso de cores para representar alguns estados, como mensagens ou alertas, conseqüentemente, portadores da condição de daltonismo podem ter dificuldade na distinção de cores ou interpretações errôneas da mensagem. Considerando que a gama de cores acaba sendo limitada pelas capacidades da visão, se torna difícil representar vários estados diferentes e associá-los a cores. Essa situação é exemplificada na Figura 9.

**Figura 9 - Exemplo de como um portador de deuteranopia visualiza mensagens de estado coloridas**



Fonte: Autoria Própria

Mesmo com a mensagem sendo representada em texto, a associação entre cores e estado não é efetiva, já que para o usuário, os estados possuem cor muito similar. Dessa forma, recomenda-se o uso de outras dicas ou informações que reforcem a mensagem transmitida, não dependendo somente da cor associada, como por exemplo, ícones, imagens ou texto, caso conveniente. Um exemplo de aplicação dessa heurística é demonstrado na Figura 10:

**Figura 10 - Exemplo de como um daltônico visualiza mensagens de alerta com ícones**



**Fonte: Autoria Própria**

Com o uso de ícones, a associação entre cor e estado não é mais tão relevante ou crítica, já que os ícones reforçam a mensagem transmitida, independente da cor visualizada pelo usuário.

## 4 APLICAÇÃO DAS HEURÍSTICAS

Neste capítulo será demonstrado o processo de desenvolvimento da ferramenta, implementando as heurísticas elaboradas no *framework Materialize*.

Inicialmente, serão descritas as ferramentas utilizadas para o desenvolvimento desta etapa. Em seguida, demonstrações de como as heurísticas foram aplicadas nos componentes, exemplificando resultados.

### 4.1 FERRAMENTAS UTILIZADAS

Considerando que este trabalho se baseia - dentre outras referências - nas práticas e princípios do *Material Design*, foi selecionado o *framework* de desenvolvimento *Front-End Materialize*. Para auxiliar no desenvolvimento e reconhecer as cores pela perspectiva de um portador de daltonismo, utilizou-se o software “*Sim Daltonism*”.

#### 4.1.1 O FRAMEWORK MATERIALIZE

O *Materialize* é um *framework* responsivo de desenvolvimento *Front-End* similar ao *Bootstrap*. Foi projetado como um recurso para acelerar o desenvolvimento de *websites* e sistemas *Web*, oferecendo componentes estilizados personalizáveis, com recursos que possibilitam o *design* responsivo de forma facilitada e eficiente, visando também proporcionar uma experiência de qualidade aos usuários (MATERIALIZE, 2018).

Por ter sido elaborado usando princípios herdados do *Material Design*, foi desenvolvido um *framework* que incorpora componentes que fornecem maior *feedback* aos usuários. Visa disponibilizar recursos fáceis de serem utilizados e uma documentação de qualidade, simples e compreensível, buscando reduzir o tempo e a complexidade da codificação.

Também, a facilidade de ser incluído e utilizado em um projeto, possibilitando desenvolver interfaces que seguem os princípios do *Material Design* sem

conhecimento avançado de CSS e *JavaScript*, tornando-se muito popular desde desenvolvedores iniciantes, até os com conhecimento superior das linguagens. Seu código-fonte é escrito em Sass/SCSS e é disponibilizado para ser usado ou modificado dependendo das necessidades do usuário (MATERIALIZE, 2018).

#### 4.1.2 Sass e SCSS

*Syntactically Awesome Style Sheets* (Folhas de Estilo Sintaticamente Incríveis) ou “Sass”, é um pré-processador CSS que é interpretado e compilado como uma folha CSS. Sua sintaxe é similar ao CSS comum, mas sua linguagem permite o uso de variáveis, regras e seletores aninhados, uso de funções pré-definidas ou criar suas próprias, importar blocos de código *inline*, dentre outras diversas funcionalidades.

Existem duas sintaxes disponíveis para o seu uso, a sintaxe padrão do Sass, conhecida como “sintaxe indentada”, que diferente do CSS comum, seus blocos são formados apenas por indentação no código e regras são separadas por novas linhas. Já o SCSS (*Sassy CSS*), é uma extensão da sintaxe comum do CSS, sendo formada de forma idêntica, mas com diversas funcionalidades adicionais.

Folhas Sass não são interpretadas por navegadores contemporâneos, logo, precisam antes serem compiladas como uma folha CSS padrão para serem importadas pelo navegador.

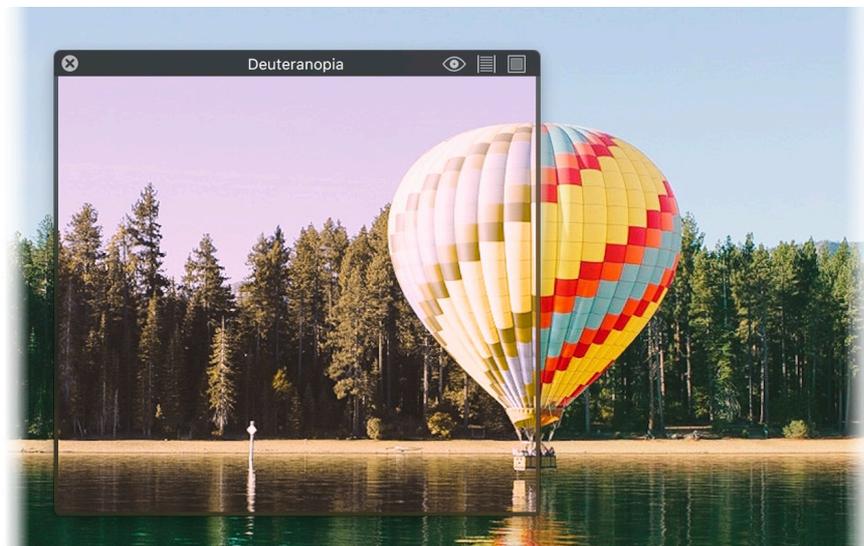
#### 4.1.3 SIM DALTONISM

O software “*Sim Daltonism*” é uma aplicação desenvolvida por Michael Fortin, disponível para MacOS e iOS. Com essa ferramenta, é possível conferir como as cores são percebidas por daltônicos, auxiliando na conferência de acessibilidade em interfaces e *websites*.

A janela do *Sim Daltonism* se comporta como um filtro de cores, que aplica no conteúdo que se encontra abaixo da janela do aplicativo. Esse filtro simula uma forma aproximada de como as cores são percebidas por vários tipos de daltonismo (FORTIN, 2018).

Um exemplo de funcionamento da aplicação aplicando um filtro de Deuteranopia é apresentado na Figura 11.

**Figura 11 - Demonstração do *Sim Daltonism* com um filtro de Deuteranopia**



**Fonte: Fortin (2018)**

Dessa forma, essa ferramenta se tornou um recurso essencial para a elaboração desse trabalho, pois possibilitou aproximar como as cores são visualizadas em cada condição de daltonismo, viabilizando realizar análises e testes com o uso de cores na interface e compreendendo melhor como as mesmas são visualizadas pelo usuário portador da condição.

## 4.2 APLICAÇÃO DAS HEURÍSTICAS

Para o desenvolvimento da ferramenta, buscou-se aplicar as heurísticas especificadas no Capítulo 3 aos componentes oferecidos pelo *framework* de desenvolvimento *Front-End Materialize*, adaptando os elementos os quais as heurísticas podem ser aplicadas, tendo seu estilo sobreposto pelas adaptações. A seguir serão demonstrados alguns exemplos de como as heurísticas foram aplicadas nos componentes.

#### 4.2.1 Uso de Cores e Combinações de Cores.

Para a primeira etapa da implementação da ferramenta, foram consideradas duas heurísticas: “Uso consistente de Cores” e “Evitar combinações de cores inadequadas à condição do daltonismo”. Ou seja, é importante o uso consistente e inteligente de cores, de forma que também se evitem combinações cores difíceis de se distinguir quando vistas por portadores de daltonismo. Essa heurística é considerada em grande maioria dos componentes, já que apresentam o uso de cor de alguma maneira, fazendo com que todos recebessem algum tipo de adaptação em suas cores ou estrutura.

Sabe-se que grande maioria dos portadores de daltonismo podem sim enxergar e diferenciar certas cores igual uma pessoa comum, mas cada tipo de portador enxerga as cores de forma diferente (MELO; GALON; FONTANELLA, 2014). Dessa forma, uma combinação de cores que seja visível e agradável para não só usuários comuns, mas também para todos os tipos de daltonismo é impraticável.

Sendo assim, foi necessário realizar uma análise de como as cores são visualizadas para cada gênero de daltonismo, visando encontrar cores que funcionem quando combinadas e sejam contrastantes entre si para elaborar sistemas que sejam acessíveis de forma independente em “temas” adaptados para cada tipo de daltonismo. Para que isso fosse possível, foi realizada uma análise na paleta disponibilizada pelo *Material Design* junto do uso do software *Sim Daltonism*. Após essa análise, foram selecionadas uma cor base primária e uma secundária para cada “tema”.

Como condições de deuteranopia e protanopia apresentam resultados similares em como as cores são visualizadas, no caso em tons de amarelo, azul e marrom, foram selecionadas duas cores base, um tom de azul como cor primária, e para contraste, como cor complementar, um amarelo âmbar como cor secundária. Para usuários tritanopos, os quais enxergam as cores em tons de vermelho e azul, foram selecionados um tom de ciano e um vermelho rosé, para as cores primária e secundária respectivamente.

Para o caso dos usuários monocromatas, foram usados tons de cinza com considerável diferença de luminosidade entre si. Para usuários “comuns” foram selecionados tons de verde diferentes apenas por questão estética. A relação entre

as cores selecionadas e seus códigos Hexadecimais (*Hex*) são demonstradas no Quadro 1.

**Quadro 1 - Relação entre as cores usadas para cada versão dos componentes**

Condição	Cor Primária (Hex)	Cor Secundária (Hex)
Base	Verde Limão (#8BC34A)	Verde azulado (#26A96A)
Deuteranopia/Protanopia	Azul (#2196F3)	Âmbar (#FFB300)
Tritanopia	Ciano (#00E5FF)	Vermelho Rosé (#EA454B)
Monocromacia	Cinza Claro (#9E9E9E)	Cinza-Escuro (#616161)

Fonte: Autoria Própria

O uso das cores primárias e secundárias é demonstrado na Figura 12, com o uso de botões onde cada coluna representa uma versão do esquema de cores, a linha superior a versão primária de cada botão e a linha inferior, a secundária.

**Figura 12 - Demonstração das cores primárias e secundárias em botões**



Fonte: Autoria Própria

A seguir, será demonstrado como essas cores são aplicadas nos elementos interativos, de forma que garanta que os mesmos sejam identificáveis e sinalizem que possam receber interações.

#### 4.2.2 Garantir que Elementos Interativos Sejam Fáceis de se Identificar

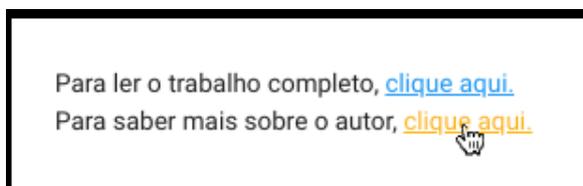
Como já ressaltado, é necessário providenciar estilos diferentes para elementos interativos, de forma que sua identificação não dependa apenas do uso de cores. Assim, é necessário sinalizar não só a existência do elemento, mas também a

possibilidade de interação de alguma maneira, como por exemplo, estando sob o apontador do *mouse* ou que está sendo clicado.

Na aplicação dessa heurística, visa-se estilizar componentes interativos que passam despercebidos entre outros elementos ou não serem compreendidos como uma possível interação, como por exemplo, *links* no corpo do texto e em outros elementos de navegação, como menus e abas, reforçando a capacidade de interação dos elementos e por consequência melhorando a navegabilidade da interface.

Para os *links* em texto - os quais podem ser facilmente confundidos com texto comum ao seu redor - em seu estilo é adicionada a propriedade de texto sublinhado, destacando o *link* dos demais elementos, se adaptando também para cada cor primária do tema. Por exemplo, em caso de apontamento com o cursor - o *hover* - o elemento tem sua cor alterada para a cor secundária, de forma que os dois estados tenham cores reconhecíveis pelo usuário portador de daltonismo, como apresentado na Figura 13.

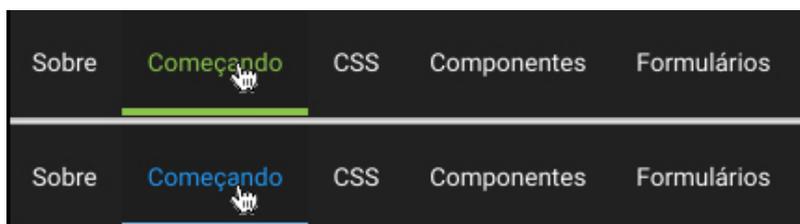
**Figura 13 - Demonstração de link acessível com interação**



**Fonte: Autoria Própria**

De forma similar, exemplificando essa heurística também nos *links* na barra de navegação, ao apontar em algum dos *links* com o cursor do mouse, uma borda inferior é adicionada ao bloco do elemento, associando a interatividade do mesmo. O estilo da interação também se adapta às cores para cada condição de daltonismo aplicada, como apresentado na Figura 14.

**Figura 14 - Exemplos de interação em *link* do menu de navegação**



**Fonte: Autoria Própria**

Em um outro exemplo, aplicando à classe de botões, os quais possuem todo o seu bloco com uma cor de fundo e um sombreado, já garantindo destaque do restante dos elementos, mas também precisam indicar sua capacidade de interação de forma visual, para isso, novamente com o uso da pseudo-classe *hover*. Levando em consideração a heurística “Uso consistente de Cores”, a propriedade *hover* irá estilizar o elemento com uma cor com intensidade de brilho diferente (assegurando que a cor continue sendo compreendida pela condição de daltonismo do portador) junto de um aumento no sombreado do elemento, produzindo diferença de profundidade entre o elemento e seu redor. Essa interação é demonstrada na Figura 15.

**Figura 15 - Demonstração da interação *hover* em um botão**



**Fonte: Autorial Própria**

Em campos de formulários, o elemento que está recebendo interação se destaca com uma borda inferior da cor principal de cada condição de daltonismo. Essa interação é feita estilizando a propriedade *focus*, garantindo que o usuário saiba qual campo está sendo preenchido. Essa interação é apresentada na Figura 16.

**Figura 16 - Demonstração da propriedade *focus* em um formulário**

Nome Completo  
João da Silva

---

Email  
joasilva@|

---

Senha

---

**Fonte: Autorial Própria.**

### 4.2.3 Providenciar *Feedback* Fácil de ser Identificado

Dado que retornos na validação de formulários costumam ser realizados com o uso de cores para sinalizar quais campos estão corretos ou incorretos, pode-se causar confusão e frustrações ao usuário, que podem ser facilmente confundidas pela maioria das condições de daltonismo, como demonstrado na Figura 17.

**Figura 17 - Exemplo de como uma validação baseada em cores é vista por um daltônico**

A imagem mostra dois exemplos de formulários de login lado a lado. O formulário à esquerda, rotulado 'Visão Normal', mostra campos de texto com bordas coloridas: verde para campos corretos e vermelho para campos incorretos. O formulário à direita, rotulado 'Deuteranopia', mostra os mesmos campos com bordas em tons de marrom e amarelo, que são menos distinguíveis para quem tem daltonismo. Os campos contêm: Nome Completo (João da Silva), Email (joaosilva@utfpr.edu.br) e Senha (mascarada com pontos).

Fonte: Autoria Própria

Uma solução elaborada para esse problema foi associar as cores que podem ser visualizadas corretamente pelos usuários daltônicos e também sinalizar o campo inválido com uma borda inferior tracejada e utilizar do recurso de mensagens de validação para formulários do *Materialize* (a classe *“helper-text”*), o qual apresenta uma mensagem abaixo do campo validado, indicando se foi preenchido corretamente ou não. Um exemplo de como são vistas essas adaptações por um portador de Daltonismo são demonstradas na Figura 18.

**Figura 18 - Exemplo de como uma validação adaptada é vista por daltônico**

A imagem mostra dois exemplos de formulários de login lado a lado, adaptados para daltonismo. O formulário à esquerda, rotulado 'Visão Normal', mostra campos com bordas azuis e mensagens de feedback: 'Ok!' em azul para campos corretos e 'Valor inválido' em amarelo para campos incorretos. O formulário à direita, rotulado 'Deuteranopia', mostra os mesmos campos com bordas em tons de azul e amarelo, e mensagens de feedback em tons de azul e amarelo, mantendo a legibilidade. Os campos contêm: Nome Completo (João da Silva), Email (joaosilva@utfpr.edu.br) e Senha (mascarada com pontos).

Fonte: Autoria Própria.

A aplicação dessa heurística também considera o uso da anterior “Utilizar outras dicas visuais para transmitir informações”, a qual é apresentada a seguir.

#### 4.2.4 Utilizar Outras Dicas Visuais para Transmitir Informações

Essa heurística sugere o uso de textos, símbolos, imagens ou ícones para reforçar a mensagem transmitida ao usuário portador de daltonismo, de forma que a compreensão da mesma não seja afetada pela dificuldade do usuário de diferenciar cores que representam estados diferentes.

O *Materialize* proporciona por padrão uma variedade enorme de ícones (mais de 900) de fácil uso, que representam diversos estados e objetos, sendo efetivos para a aplicação dessa heurística.

### 4.3 IMPLEMENTAÇÃO DA CAPACIDADE DA INTERFACE DE SE ADAPTAR

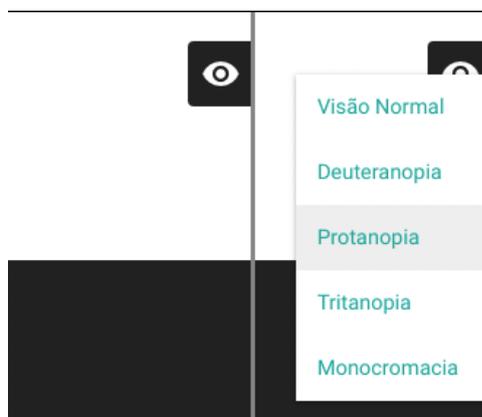
Como elaborou-se diversas versões para incluir cada gênero de daltonismo independentemente, é necessário que a interface se adapte à versão selecionada pelo usuário. Para isso, foi necessário o uso de um recurso que permita a integração do usuário com a composição do HTML, como o *JavaScript*. No caso, utilizou-se uma biblioteca *JavaScript*, o *jQuery*.

Para estilizar os componentes para cada condição de daltonismo individualmente, elaborou-se classes CSS individuais para cada condição, sendo seus seletores de classe padronizados com o prefixo “dalt-”. São elas as classes “dalt-deuprot” (para deuteranopia e protanopia), “dalt-trit” (para tritanopia) e “dalt-monocrom” (para a versão monocromática). Dessa forma, quando essas classes são aplicadas juntos aos componentes, é aplicado o estilo referente de cada gênero de daltonismo.

Para a seleção de qual versão da interface ou tipo de daltonismo o usuário deseja aplicar, desenvolveu-se um menu de seleções a partir de um botão flutuante na lateral da página, com um ícone que representa um olho.

Criado com o uso de HTML, CSS e o recurso *dropdown* do *Materialize*, basta o usuário clicar no ícone que serão apresentadas as opções de seleção disponíveis. Essa interação é demonstrada na Figura 19.

**Figura 19 - Demonstração do menu de seleção de tema**



**Fonte: Autoria Própria**

Quando selecionada uma opção, dispara - com o uso de *jQuery* – duas funções, uma para remover qualquer outro estilo adaptativo, visando evitar conflitos, outra, para inserir a classe selecionada. Esse procedimento é apresentado no Algoritmo 1.

**Algoritmo 1 - Procedimento de adição de classe nos componentes usando jQuery**

```
$(document).ready(function(){
  $('#selectNormal').click(function(){
    removeAllDalt();
  })

  $('#selectDeuterano').click(function(){
    removeAllDalt();
    addTipoDalt('dalt-deuprot');
  })

  $('#selectProtano').click(function(){
    removeAllDalt();
    addTipoDalt('dalt-deuprot');
  })

  $('#selectTritano').click(function(){
    removeAllDalt();
    addTipoDalt('dalt-trit');
  })

  $('#selectMonocrom').click(function(){
    removeAllDalt();
    addTipoDalt('dalt-monocrom');
  })
});
```

**Fonte: Autoria Própria**

Caso alguma outra opção seja selecionada no menu, a classe atual é removida e a nova é adicionada em todos os componentes adaptativos. Se selecionada a opção “Visão Normal”, apenas a função de remoção é chamada. Dessa forma, os usuários podem selecionar livremente qual opção mais lhes convém. As funções de remoção e adição das classes aos componentes são demonstradas no Algoritmo 2.

**Algoritmo 2 - Procedimentos de remoção e inserção das classes adaptativas utilizando jQuery**

```
function removeAllDalt(){
    $('*').removeClass('dalt-deuprot');
    $('*').removeClass('dalt-trit');
    $('*').removeClass('dalt-monocrom');
}

function addTipoDalt(tipo){
    $('.daltonize-switch').addClass(tipo);
    $('nav').addClass(tipo);
    $('.page-footer').addClass(tipo);
    $('.btn').addClass(tipo);
    $('.btn-large').addClass(tipo);
    $('a').addClass(tipo);
    $('.input-field').addClass(tipo);
    $('.input-field input').addClass(tipo);
    $('.input-field textarea').addClass(tipo);
    $('.input-field label').addClass(tipo);
    $('.input-field .helper-text').addClass(tipo);
    $('input[type="checkbox"]').addClass(tipo);
    $('input[type="radio"]').addClass(tipo);
    $('.select-wrapper').addClass(tipo);
    $('.select-wrapper .dropdown-content').addClass(tipo);
    $('.collection').addClass(tipo);
    $('.badge').addClass(tipo);
    $('.card').addClass(tipo);
}
```

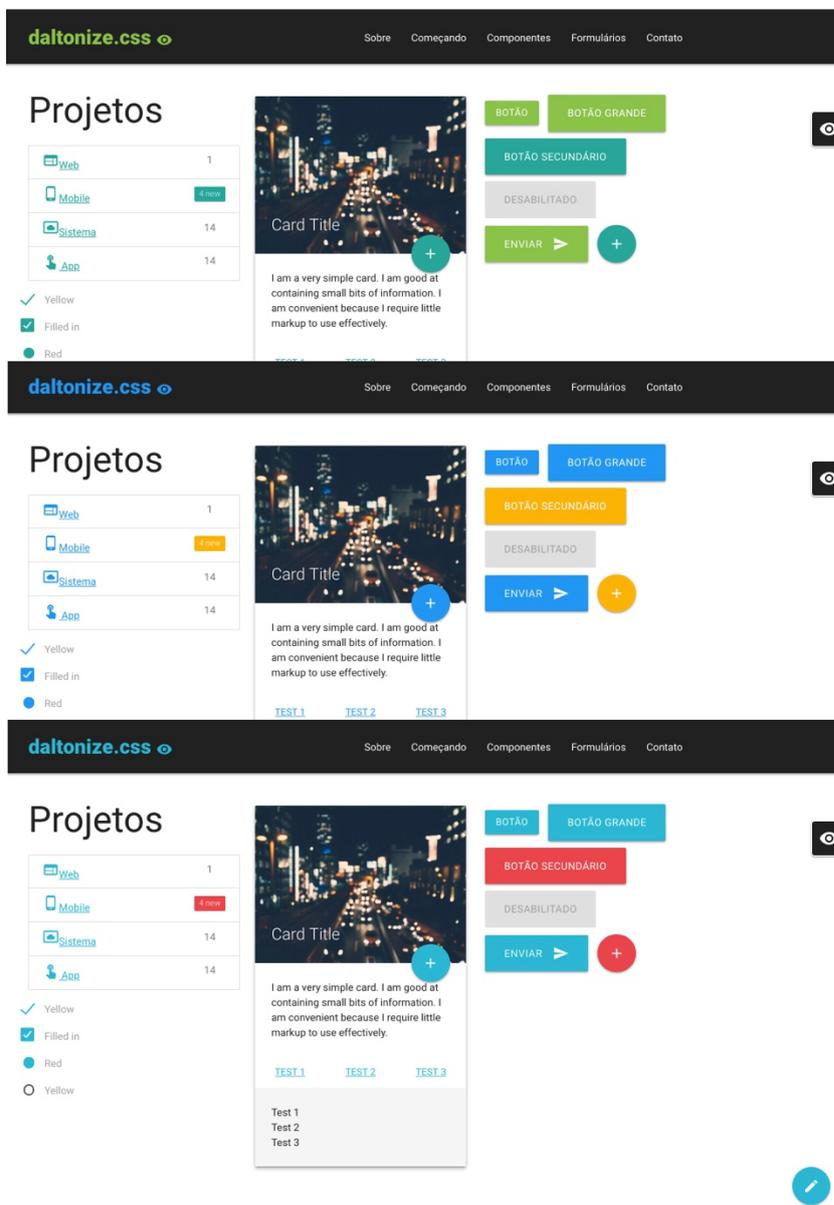
Fonte: Aatoria Própria

#### 4.4 RESULTADOS

Como resultado final, foi adaptado o *framework Materialize* para que seus componentes sejam naturalmente mais acessíveis à portadores da condição de daltonismo e que se adaptam em tempo real à seleção do usuário, o qual pode selecionar pelo menu flutuante na lateral da tela o tema que seja mais adequado à

sua condição. Um exemplo de uma interface se adaptando aos temas seleccionados é demonstrado na Figura 19.

**Figura 20 - Demonstração das versões dos componentes adaptados**



**Fonte: Autoria Própria**

## 5 CONCLUSÃO

Neste capítulo, são apresentadas algumas considerações, perspectivas e entendimentos obtidos no desenvolvimento deste trabalho, seguidas de sugestões para trabalhos futuros

### 5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste trabalho foi desenvolver uma ferramenta que auxilie no desenvolvimento de interfaces *Web* acessíveis a não só usuários da interface, mas também desenvolvedores portadores da condição de daltonismo.

Por meio da fundamentação teórica foi possível compreender características e conceitos essenciais, como usabilidade, acessibilidade na *Web*, condição do daltonismo, seus gêneros, características e reflexos no cotidiano do portador. Dessa forma, relacionando o conhecimento obtido, foram buscadas características comuns em interfaces modernas que pudessem criar obstáculos na acessibilidade de daltônicos e conseqüentemente como contorná-las. E com o estudo de diretrizes e guias de desenvolvimento *Web* acessível, foi possível elaborar heurísticas aplicáveis ao desenvolvimento de interfaces *Web* que considerem a acessibilidade de daltônicos.

Com essas heurísticas definidas, foi realizada uma análise dos componentes disponibilizados pelo *Materialize*, para desenvolver versões de cada componente que fossem visualmente agradáveis e acessíveis para condições de daltonismo, aplicando as heurísticas elaboradas. Alguns componentes foram modificados por questões estéticas e conceitos do *Material Design*.

Foi implementada também a capacidade da interface se adaptar, bastando o usuário selecionar a versão por um botão flutuante (também implementado), realizando a troca com facilidade em tempo real para que os componentes se adequem ao seu gênero de daltonismo.

Além disso, o estudo do código-fonte do *framework Materialize*, estimulou a curiosidade pela linguagem *Sass/SCSS*, que com isso, também foi utilizada na elaboração dos estilos adaptados dos componentes, resultando em uma grande obtenção de conhecimento da linguagem.

Considerando as heurísticas elaboradas e o desenvolvimento da ferramenta por intermédio da fundamentação teórica sobre acessibilidade, desenvolvimento acessível e compreensão das características do daltonismo e os obstáculos dos seus portadores, os objetivos específicos desse trabalho foram concluídos, por conseguinte, o objetivo geral foi cumprido.

## 5.2 TRABALHOS FUTUROS

Para os trabalhos futuros, sugere-se a implementação de novos recursos à ferramenta de desenvolvimento.

Primeiro, uma possível documentação elaborada de como aplicar as heurísticas junto dos componentes disponibilizados pela ferramenta e também de forma independente.

Segundo, expandir o escopo da ferramenta para incluir outros problemas de visão, como por exemplo, um modo de alto contraste e um recurso para que o usuário possa aumentar ou diminuir o tamanho das fontes dos textos dinamicamente.

Existem diversos quesitos que podem ser aprimorados ou implementados para garantir a acessibilidade de cada vez mais pessoas com limitações, fazendo com que a tecnologia quebre cada vez mais barreiras.

## REFERÊNCIAS

- BARBOSA, S. D. J; SILVA, B. S. S. **Interação Humano-Computador**. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010. 384 p.
- BITES, P. G; ALMEIDA, O. C. S. **Design de Interação para WEB com ênfase em Pessoas com Deficiência**. Universidade de Brasília – CEAD, maio de 2009.
- BRUNI, L. F.; CRUZ, A. A. V. **Sentido cromático: tipos de defeitos e testes de avaliação clínica**. Arq. Bras. Oftalmol., São Paulo, v. 69, n. 5, p. 766-775, 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/abo/v69n5/a28v69n5.pdf>> Acesso em: 19 nov. 2017.
- BUDIU, Raluca. **Mobile Websites: Mobile-Dedicated, Responsive, Adaptive, or Desktop Site?** 2016. Nielsen Norman Group. Disponível em: <<https://www.nngroup.com/articles/mobile-vs-responsive/>>. Acesso em: 23 ago. 2018.
- CARD, S.; MORAN, T.P.; NEWELL, A. **The Psychology of Human-Computer Interaction**. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1983.
- COLLINGE, Robyn. **How to Design for Color Blindness**. 2017. Usabilla. Disponível em: <<https://usabilla.com/blog/how-to-design-for-color-blindness/>>. Acesso em: 22 set. 2018.
- FARIAS, A. L; BRITO R. R; SILVA A. A; ALMEIDA L. R; NETO M. C. **Avaliação de Acessibilidade nos Ambientes Virtuais de Aprendizagem Utilizando o Método Automático de Avaliação**. Campo Grande, 2016
- FORTIN, Michael. **Sim Daltonism: 2**. 2018. Disponível em: <<https://michelf.ca/projects/sim-daltonism/>>. Acesso em: 18 set. 2018.
- GUSTAFSON, Annette. **Understanding Color Blindness: a guide to Accessible Design**. 2015. Crux Collaborative. Disponível em: <<http://cruxcollaborative.com/insights/understanding-color-blindness-guide-to-accessible-design>>. Acesso em: 27 out. 2017.

MATERIAL DESIGN. 2018. Material.io. Disponível em: <<https://material.io/design/>>. Acesso em: 27 jul. 2018.

MATERIALIZE. 2018. Disponível em: <<https://materializecss.com>>. Acesso em: 30 jul. 2018.

MELO, Débora Gusmão; GALON, José Eduardo Vitorino; FONTANELLA, Bruno José Barcellos. Os “daltônicos” e suas dificuldades: condição negligenciada no Brasil?. **Physis: Revista de Saúde Coletiva**, [s.l.], v. 24, n. 4, p.1229-1253, dez. 2014. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-73312014000400011>.

MARCOTTE, Ethan. **Responsive Web Design**. 2010. A List Apart. Disponível em: <<https://alistapart.com/article/responsive-web-design/>>. Acesso em: 23 ago. 2018.

MAYHEW, D. J. **Princípios e Diretrizes em Design de Interface de Usuário de Software**. Englewood Cliffs (New Jersey), PTR Prentice Hall. 1992. 619p

NIELSEN, J. LORANGER, H. **Usabilidade na Web: Projetando sites com qualidade**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

NIELSEN, Jakob; MOLICH, Rolf. Heuristic evaluation of user interfaces. **Proceedings Of The Sigchi Conference On Human Factors In Computing Systems Empowering People - Chi '90**, Seattle, p.249-256, 01 de maio 1990. ACM Press. Disponível em: <<https://dl.acm.org/citation.cfm?doid=97243.97281>>. Acesso em: 06 nov. 2017.

NIELSEN, J. **Usability Engineering**. Boston: Academic Press, Cambridge, MA, 1993.

NORMAN, D. A. **The Design of Everyday Things**. **Basic Books**, New York, 1988

ROCHA, H.V; BARANAUSKAS, M. C C. **Design e avaliação de interfaces humano-computador**. Unicamp, 2003.

SHARP, H.; ROGERS, Y.; PREECE, J. **Interaction design: beyond human-computer interaction**, 2a edição. New York, NY: John Wiley & Sons, 2007.

SHNEIDERMAN, Ben et al. **Designing the User Interface: Strategies for Effective Human-Computer Interaction**. 6. ed. Boston, Ma: Pearson, 2017. 624 p.

WERBY, Olga. **Colorblindness Test on iPhone Google Traffic Map**.

*Interfaces.com*. Disponível em:

<<http://www.interfaces.com/blog/2013/08/colorblindness-test-on-iphone-google-traffic-map/>>. Acesso em: 22 nov. 2017.

World Wide Web Consortium. **Web Content Accessibility Guidelines 2.0**. W3.

2008. Disponível em: <<https://www.w3.org/TR/WCAG20/>> Acesso em 23 ago. 2018.

World Wide Web Consortium. **Tips for Getting Started Designing for Web**

**Accessibility**: Web Aecessibility Initiative. 2018. Web Aecessibility Initiative. Disponível em: <<https://www.w3.org/WAI/tips/designing/>>. Acesso em: 22 jul. 2018.