

Revisão do Projeto

Disciplina: Trabalho de Conclusão de Curso I – BCC

Caro orientando,

segue abaixo a tabela de cálculo da média das notas obtidas no Pré-Projeto e Projeto, as DUAS revisões do seu projeto contendo a avaliação do professor “avaliador” e professor “TCC1”. Lembro que os ajustes indicados nestas revisões não precisam ser feitos no projeto, mas sim quando levarem o conteúdo do projeto para o artigo (se for o caso). Este material contendo todo o histórico das revisões é encaminhado para o professor de TCC2.

Atenciosamente,

Nome	PreProjeto									Projeto														Média
	TCC1				Avaliador					Banca			TCC1				Avaliador							
	A	P	N	Nota	A	P	N	Nota	Ori.	Esp.	Nota	A	P	N	Nota	A	P	N	Nota					
OtavioAugustoPassosCoelho	13	3	0	16	9,38	12	3	0	15	9,33	9,50	9,50	9,50	15	1	0	16	9,79	15	0	0	15	10,00	9,7

CURSO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO – TCC		
() PRÉ-PROJETO	(X) PROJETO	ANO/SEMESTRE: 2021/2

FACILITANDO ACESSIBILIDADE DE DALTÔNICOS NA NAVEGAÇÃO WEB

Otávio Augusto Passos Coelho

Profa. Luciana Pereira de Araújo Kohler – Orientadora

1 INTRODUÇÃO

Existem no Brasil mais de 45 milhões de pessoas portadoras de alguma deficiência (IBGE, 2017). Ainda segundo o IBGE (2017), da população total do Brasil, 18,8% possuem alguma dificuldade para enxergar. No cenário atual em que qualquer pessoa virtualmente necessita de acesso à internet para exercer plenamente seus direitos essas pessoas estão em desvantagem. Sabe-se que é comum que o acesso à educação, informação e ferramentas de trabalho sejam através de websites, que tem como principal meio de interação uma interface visual e na qual estão dispostas informações essenciais. Sem ferramentas adequadas, uma interface dessas torna-se excludente em relação aos deficientes visuais.

Frente a isso, iniciativas surgiram com a finalidade de melhorar o nível de acessibilidade presente na internet. Ações como a criação da Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) (W3C, 2008) que explicita diretrizes e recomendações para a criação de uma Web mais inclusiva.

Apesar de afetar em torno de 4,5% da população, a discromatopsia, conhecida popularmente como daltonismo, se encontra ausente tanto nas considerações da WCAG, quanto nas pesquisas do IBGE. Discromatopsia é uma anomalia que se manifesta na incapacidade de perceber todas as cores. Ela está associada ao cromossomo X, e por isso possui uma incidência muito maior na população masculina (em torno de 8%) do que na feminina (menos de 1%) (SPALDING, 1999).

Um ser humano que não possui discromatopsia e que enxerga cores normalmente possui nos olhos três tipos de cones que são células capazes de reconhecer cores. Essas células funcionam reagindo a uma faixa específica de comprimento de onda, cada uma responsável por uma cor. O primeiro tipo, denominada de *Large* (L) reage a comprimentos de ondas de 564 a 580 nanômetros, sendo responsável pela cor vermelha. O segundo tipo, responsável pela cor verde, atua em comprimentos de onda de 534 a 545 nanômetros e é denominado *Medium* (M). O terceiro tipo, *Short* (S), reage de 420 a 440 nanômetros e é responsável pela cor azul (COLOR; VISION DATABASE, 2008 apud FOTI; SANTUCCI, 2009).

Existem diversos tipos de discromatopsia que podem ser classificados em três grupos: monocrômias, em que apenas percebe-se níveis de luminosidade, resultando em uma visão “preto e branco”; dicromacias e tricromacias anômalas, que se caracterizam pela ausência de algum tipo de cone ou uma anomalia no mesmo, respectivamente (MERIN, 2005).

Anomalias, ou ausência, podem ocorrer em cada tipo de cone. A forma mais comum, ocorre em 5% dos homens e 1% nas mulheres, é a Deuteranomia, que ocorre nos cones tipo M, sendo sua ausência denominada Deuteranopia, e resulta em dificuldade na distinção de vermelho/verde e roxo/azul. Protanomia é quando a anomalia se encontra nos cones tipo L, e dificulta a distinção de azul/verde e vermelho/verde, e total ausência desses cones é denominada Protanopia. Anomalias nos cones tipo S são a forma mais rara, afetando cerca de 0,01% da população (MERIN, 2005).

O que isso essencialmente acarreta para pessoas portadores de discromatopsia é uma dificuldade na leitura e interação de websites, que muitas vezes podem ter informações e ações invisíveis para o daltônico por serem fornecidas com um contraste de duas cores que para o daltônico são a mesma cor. Dessa forma, salvo a utilização de ferramentas que podem não atender plenamente o grau específico de discromatopsia, daltônicos têm sido excluídos de acesso a informações presentes na internet de forma arbitrária, por não conseguir distinguir a informação de seu contexto visual.

Diante deste cenário, este trabalho propõe uma solução para a adequação de sites de forma a atenderem usuários portadores de discromatopsia, garantindo a eles acesso à informação de toda a página web a ser utilizada.

1.1 OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é disponibilizar uma extensão para navegador web para a acessibilidade de portadores de discromatopsia na navegação de websites.

Os objetivos específicos são:

- a) possibilitar que as pessoas com as três diferentes formas de discromatopsia tenham acesso aos textos e imagens presentes nas páginas;
- b) tornar a solução acessível, utilizando as Diretrizes de Acessibilidade para o Conteúdo Web (WCAG);
- c) tornar possível o usuário diagnosticar seu tipo de discromatopsia.

2 TRABALHOS CORRELATOS

Foram selecionados três trabalhos correlatos cuja proposta se assemelha ou se tangência a este. A seção 2.1 descreve um módulo do Vis-A-Wis que permite pessoas daltônicas selecionarem cores distintas para melhorar a navegação web. A seção 2.2 relata o desenvolvimento de um modelo computacional utilizado em um aplicativo para reconhecimento de cores para auxiliar pessoas com discromatopsia. A seção 2.3 relata um trabalho cujo objetivo é a criação de um algoritmo para re-colorização de imagens, mantendo detalhes visuais para pessoas daltônicas

2.1 INCREASING WEB ACCESSIBILITY THROUGH AN ASSISTED COLOR SPECIFICATION INTERFACE FOR COLORBLIND PEOPLE

Foti e Santucci (2009) desenvolveram um módulo para o sistema Vis-A-Wis (sistema de acessibilidade para Interfaces Web) cujo propósito é tornar interfaces mais acessíveis para pessoas portadoras de discromatopsia. O módulo alcança este propósito ao deixar que o usuário consiga selecionar cores para diferentes partes da interface, de forma com que se recupere informações que possam ter sido perdidas devido à falta de contraste advinda da discromatopsia.

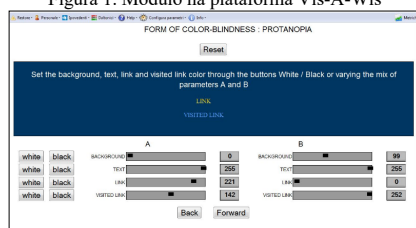
Antes de especificar como o módulo é utilizado, os autores Foti e Santucci (2009) descrevem as diversas formas de discromatopsia, e de que maneira elas afetam a visão do portador. Para isso, eles explicitam de que forma o distúrbio afeta o organismo, que se traduz em uma ausência de um tipo específico de cones (células responsáveis por reconhecer as cores).

A estratégia proposta no trabalho para a implementação do módulo é primeiramente identificar o tipo de discromatopsia do usuário aplicando o teste Ishihara (ISHIHARA, 1987), uma vez que para o dia a dia a identificação de cores é necessária apenas quando informações são codificadas por cores (como o vermelho e verde em um semáforo de trânsito), resultando em uma descoberta tardia da condição pela maioria dos portadores (FOTI; SANTUCCI, 2009).

Em seguida o usuário seleciona cores para background, textos, links e links já visitados, sendo essas informações essenciais para um ambiente Web. Essas cores serão ajustadas seguindo as definições do usuário e o mapeamento de cores será feito utilizando um espaço tridimensional *Long*, *Medium*, *Short* (LMS) reduzido, que representa as cores de cada tipo de cone, com valores fixos para cores não percebidas pelo usuário.

O último passo é a simulação do distúrbio na percepção de cores para pessoas sem discromatopsia. Esse passo é utilizado para que designers consigam aferir a acessibilidade de websites (FOTI; SANTUCCI, 2009). A Figura 1 ilustra o módulo para um usuário portador de Protanopia. Pode-se observar dois conjuntos de *sliders*, que serão utilizados pelo usuário, posicionados abaixo do parâmetro que configuram (na figura sendo A e B, equivalentes aos cones M e S, respectivamente). Cada *slider* está à direita do nome do componente do website ao qual atribui o valor para configuração. Na parte superior do módulo está qual o tipo de discromatopsia que está sendo considerada para a correção, assim como um botão para resetar o tipo e refazer o teste. Abaixo disso fica a amostra de website com uma amostra de cada componente. O módulo foi demonstrado na Handymatica (2008) na Itália, com uma recepção positiva.

Figura 1. Módulo na plataforma Vis-A-Wis



Fonte: Foti e Santucci (2009).

2.2 MODELO COMPUTACIONAL PARA AUXÍLIO DE RECONHECIMENTO DE CORES

O trabalho de Mergulhão, Andrade e do Nascimento (2019) relata o desenvolvimento de um aplicativo móvel que ajuda portadores de discromatopsia a identificar cores. Mergulhão, Andrade e do Nascimento (2019) justificam o desenvolvimento do trabalho, pois muitas informações vitais são utilizadas para notificar transeuntes,

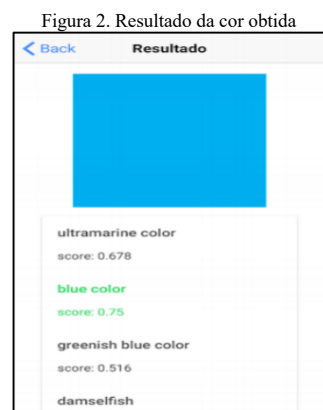
Comentado [MHI]: Estava correto sem acento:

- tangência é substantivo
- tangencia é a flexão do verbo tangenciar

como por exemplo as cores de alertas de segurança no trabalho. Além de identificar cores, o aplicativo ainda busca diagnosticar o usuário de uma possível discromatopsia presente, através de testes para que ele consiga utilizar o aplicativo adequadamente.

O aplicativo em si foi desenvolvido utilizando o *framework* Ionic que é *open-source* e gera aplicativos nativos móveis, utilizando tecnologias como HyperText Markup Language (HTML), Cascading Style Sheets (CSS) e JavaScript. A identificação de cores foi construída com a linguagem de programação Python e a Application Programming Interface (API) da IBM Watson, com o Visual Recognition.

Inicialmente o usuário utiliza a câmera para tirar uma foto ou seleciona uma da galeria. Em seguida essa imagem é armazenada no aplicativo. O usuário então seleciona a foto para que esta seja processada. Após o processamento o resultado é exibido para o usuário, que pode utilizar a informação para melhor identificar avisos e afins no ambiente de trabalho. Na Figura 2 pode-se observar o resultado do processamento na forma como é apresentado ao usuário, com a descrição da cor destacada em relação a outras opções consideradas (na imagem, o resultado é “blue color”).



Fonte: Mergulhão, Andrade e Do Nascimento (2019).

2.3 IMAGE RECOLORIZATION FOR THE COLORBLIND

Huang *et al.* (2009) propõem um novo modo de adequar imagens a portadores de discromatopsia através da mudança de cores, priorizando o contraste. O trabalho introduz a discromatopsia e explica como afeta o mecanismo pelo qual seres humanos percebem cores. Com esse contexto, expõe que medidas têm sido tomadas para que daltônicos tenham mais acessibilidade em relação a imagens, os quais classifica em dois tipos.

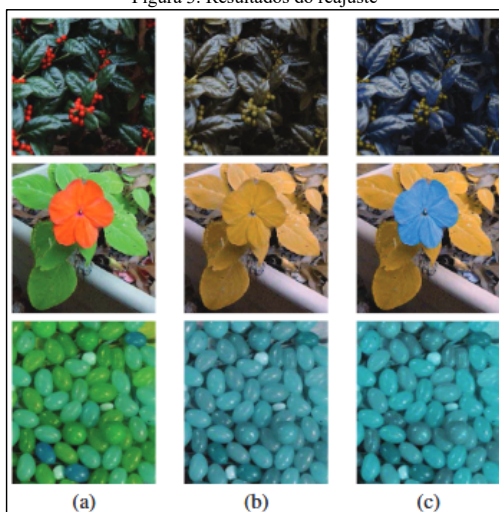
O primeiro tipo são ferramentas voltadas para ajudar designers a estabelecerem paletas de cores que funcionem também para indivíduos com discromatopsia. Essas ferramentas normalmente simulam a distorção na percepção da discromatopsia e dessa forma sinalizam se houve alguma perda de informação com a escolha de cores. Entretanto, é ressaltado que esse método ainda acarreta um grande esforço para que seja feita a adaptação.

O segundo tipo são ferramentas semiautomáticas de ajuste de cores para a visão de um daltônico. Essas ferramentas utilizam alguns parâmetros, com valores normalmente fornecidos por usuários, para que ocorra o ajuste. O objetivo desse tipo de ferramenta é manter o contraste entre objetos na imagem e o fazem selecionando cores-chave através de amostragem e realizando o ajuste baseado na distância euclidiana entre elas. Contudo, isso pode ocasionar dois tipos de problema: ou as cores não ficam suficientemente diferenciadas, por terem sido selecionadas poucas cores-chave; ou resultar em imagens não-naturais, em que uma mesma cor de um objeto pode ser representada por cores muito discrepantes, a ponto de surgirem novos artefatos na imagem.

A solução proposta pelos autores Huang *et al.* (2009) descarta a escolha de cores-chave por amostragem, utilizando em vez disso um Modelo de Mistura Gaussiana (MMG), em que o centro de cada gaussiano é análogo a uma cor-chave. Essa mudança acarreta mudanças de todas as etapas do processo de ajuste, incluindo a adição de pesos às cores de acordo com sua importância para pessoas com discromatopsia.

Como resultado, os autores Huang *et al.* (2009) viram um significativo avanço em termos de performance em relação a trabalhos anteriores. Na Figura 3 é possível observar os resultados do novo algoritmo. Cada fileira corresponde a um tipo de dicromacia: a primeira à protanopia; a segunda à deuteranopia; a terceira à tritanopia. A Figura 3 (a) são as imagens originais, a coluna central (b) são simulações da visão de um daltônico, a última coluna (c) são os resultados do algoritmo. É possível observar que o contraste entre as cores se manteve e as imagens são naturais, sem artefatos ou luminosidades estranhas.

Figura 3. Resultados do reajuste



Fonte: Huang *et al.* (2009).

3 PROPOSTA DO SOFTWARE

Nessa seção é descrita a justificativa para a elaboração deste trabalho, seus principais requisitos e qual a metodologia a ser utilizada.

3.1 JUSTIFICATIVA

No Quadro 1 é apresentado um comparativo entre os trabalhos correlatos baseado nas características deles. As colunas representam os trabalhos e as linhas as características.

Quadro 1 - Comparativo de todos os trabalhos correlatos

Trabalhos Correlatos Características	Foti e Santucci (2009)	Mergulhão, Andrade e Do Nascimento (2019)	Huang et al. (2009)
Plataforma	Vis-A-Wis	Móvel (Ionic)	C++
Teste para determinação de tipo de discromatopsia	Sim	Não	Não
Ajuste de cores	Sim	Não	Sim
Métricas-alvo	Sim	Não	Não
Identificação de cores	Não	Sim	Não

Fonte: elaborado pelo autor.

Pode-se observar que cada um dos trabalhos possuem uma plataforma diferente, porém somente duas plataformas possuem interface de interação direta com o usuário. Tanto Foti e Santucci (2009) quanto Huang *et al.* (2009) propuseram soluções que possuem interação direta com o usuário, deixando sob ação do mesmo o ajuste em usabilidade. Huang *et al.* (2009) por sua vez utilizou sua plataforma exclusivamente para processar seu algoritmo e comprovar seus resultados.

Somente Foti e Santucci (2009) utilizam métricas como alvo no seu trabalho, talvez por serem o único que trata explicitamente de texto e legibilidade de sites. A métrica utilizada é o contraste de cores, porém por se tratar de um público-alvo com anomalias na percepção delas é proposto uma nova forma de calcular o contraste. Apesar de terem o contraste como um ponto importante, Huang *et al.* (2009) não tem como alvo um número específico o qual é necessário atingir para que as imagens sejam “legíveis”.

O segundo trabalho (Mergulhão, Andrade e do Nascimento, 2019) não opera com contrastes, sendo o único trabalho que tem como principal meio de acessibilidade a identificação de cores. O trabalho de Foti e Santucci (2009) é o único que possui teste para determinar o tipo de discromatopsia do usuário.

Ambos Foti e Santucci (2009) e Huang *et al.* (2009) propõem a alteração das próprias cores como meio de aumentar a acessibilidade, cores de um website e de imagens. O algoritmo pelo qual atingem esse objetivo

também se difere, em que o primeiro trabalho utiliza um espaço LMS e entradas do próprio usuário; e o segundo propõe uma nova forma de fazê-lo, utilizando MMG de forma automática.

Em vista destas características, conclui-se que nenhum deles supre a necessidade de melhorar a acessibilidade para daltônicos em um ambiente Web. Foti e Santucci (2009) tratam de websites em seus trabalhos, porém no contexto da plataforma Vis-A-Wis. Isto torna este trabalho relevante socialmente, uma vez que se propõe a melhorar a acessibilidade de cerca de 4% a 5% da população mundial, os portadores de discromatopsia, a websites. Estes usuários não precisarão ter pleno conhecimento de sua condição, uma vez que este trabalho propõe ter uma forma de diagnosticar seu tipo específico de discromatopsia. Diferentemente dos trabalhos discutidos, será desenvolvido uma extensão de navegador web para que o usuário consiga utilizar com qualquer website acessado pelo navegador, ajustando suas imagens e textos sem a necessidade de criar uma exibição paralela, e em qualquer dispositivo que contenha o navegador, sendo esta a contribuição tecnológica. Este trabalho também irá seguir métricas de contraste para manter-se dentro do padrão esperado para websites, de modo a aplicar também as diretrizes de acessibilidade em uma extensão para navegador, sendo estas as contribuições científicas.

3.2 REQUISITOS PRINCIPAIS DO PROBLEMA A SER TRABALHADO

A extensão de navegador que este trabalho descreve deverá:

- permitir ao usuário identificar seu tipo de discromatopsia (Requisito Funcional – RF);
- adequar as cores de um website de acordo com cada tipo de discromatopsia (RF);
- permitir ao usuário selecionar quanta correção deve ser aplicada (RF);
- permitir ao usuário acionar e desativar a correção (RF);
- manter o contraste de cores de acordo com diretrizes de acessibilidade da WCAG (RF);
- ser desenvolvido como uma extensão para utilização no navegador Google Chrome (Requisito Não Funcional – RNF);
- utilizar JavaScript ou um *superset* do mesmo (RNF).

3.3 METODOLOGIA

O trabalho será desenvolvido observando as seguintes etapas:

- levantamento bibliográfico: realizar levantamento bibliográfico sobre discromatopsia, acessibilidade no ambiente web e algoritmos de reajuste de cores;
- elicitação de requisitos: utilizando informações da etapa anterior, assim como os trabalhos correlatos, reavaliar os requisitos propostos e se necessário especificar requisitos adicionais;
- especificação de análise: elaboração dos diagramas de casos de uso e classe seguindo a Unified Modeling Language (UML) utilizando a ferramenta draw.io;
- implementação: utilizando o resultado da etapa anterior, implementar a extensão do navegador web Google Chrome e disponibilizar na sua Web Store;
- testes: elaborar testes para validar o aumento de acessibilidade proveniente da extensão, junto a portadores de discromatopsia, comparando a navegação de websites com e sem a extensão.

As etapas serão realizadas nos períodos relacionados no Quadro .

Quadro 2 - Cronograma

etapas / quinzenas	2022									
	fev.		mar.		abr.		maio		jun.	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
levantamento bibliográfico										
elicitação de requisitos										
especificação e análise										
implementação										
testes										

Fonte: elaborado pelo autor.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Esta seção descreve de forma breve os assuntos que fundamentarão o estudo a ser realizado: discromatopsia, acessibilidade em ambientes web e correção de cores para portadores de discromatopsia.

4.1 DISCROMATOPSIA

Discromatopsia é uma perturbação na percepção das cores, associada a uma anomalia nas células denominadas cones que se encontram presentes nos olhos (CHAN; GOH; TAN, 2014). Segundo Spalding (1999) cerca de 8% dos homens e 0,4% das mulheres são portadores de discromatopsia congênita. Pessoas no geral também não tem consciência das dificuldades enfrentadas por daltônicos (SPALDING, 1999).

Essa perturbação pode ser causada por uma série de fatores (POKORNY *et al.*, 1979), porém é mais frequentemente causada pela alteração genética nos cones. Essa alteração pode resultar em três tipos de discromatopsia, dependendo do tipo de cone afetado (GEGENFURTNER; SHARPE, 2000), além de quão afetadas as células são (YANG *et al.*, 2004).

4.2 ACESSIBILIDADE EM AMBIENTES WEB

A World Wide Web Consortium (W3C), a principal organização de padronização da World Wide Web (WWW), ambiente alvo da proposta deste trabalho, publicou uma série de diretrizes para páginas web que buscam garantir acessibilidade para o máximo possível de usuários (W3C, 2008). Essas diretrizes buscam endereçar deficiências como cegueira total ou parcial, habilidades motoras limitadas e limitações na audição, entre outros.

Mais especificamente, dentro do escopo deste trabalho a seção de diretivas da WCAG mais relevante é a 1.4, que trata da necessidade de distinção dos conteúdos percebíveis presentes na página web. Esta seção possui diretivas que, entre outras, buscam garantir um contraste adequado nas cores do conteúdo de forma a todos os usuários conseguirem entendê-lo (W3C, 2008). As diretivas não só propõem pontos de atenção para acessibilidade, como também prevê modos de medi-la.

A W3C também criou a Iniciativa de Acessibilidade Web (*Web Accessibility Initiative* - WAI) (W3C, 2017), cujo objetivo é garantir um alto nível de usabilidade em páginas web para pessoas com deficiências. Entre suas ações, que acontecem em parceria com outras organizações, a WAI desenvolve diretivas para acessibilidade em páginas, aplicações web e navegadores. Através da Suíte de Aplicativos Ricos Para Internet Acessível (WAI *Accessible Rich Internet Applications* - WAI-ARIA) a WAI determina diretivas que páginas web devem seguir para que outras ferramentas de acessibilidade consigam ser utilizadas de forma otimizada.

4.3 CORREÇÃO DE CORES PARA PORTADORES DE DISCROMATOPSIA

Não existe hoje cura para o daltonismo, porém existem medidas que ajudam na percepção de cores para daltônicos, que buscam compensar pelas cores faltantes (NEI, 2019). Algumas dessas medidas incluem lentes especialmente feitas para esse propósito, porém se o objeto visualizado puder ser alterado computacionalmente (como uma foto, vídeo ou interface) existem algoritmos para fazê-lo. O algoritmo descrito por Foti e Santucci (2009) que objetiva um espaço LMS reduzido é um deles, outro sendo o proposto por Huang *et al.* (2009) que utiliza um Modelo de Mistura Gaussianas.

Os autores Ribeiro e Gomes (2019) realizaram uma pesquisa e revisão de vários algoritmos presentes na literatura propostos para correção de cores para daltônicos. A pesquisa teve como foco imagens estáticas, porém os algoritmos apresentados podem ser aplicados para textos e outras formas de mídia. Os algoritmos são organizados por grupos de discromatopsias (monocromacias, dicromacias e tricromacias anômalas).

Os algoritmos para tricromacias anômalas foram agrupados conforme seu uso de espaço-cor, sendo: LMS, que foi utilizado por Foti e Santucci (2009); espaço-cor verde-vermelho-azul (*Red Green Blue* - RGB); HSx, que utiliza *Hue* (H), Saturação (S) e brilho (que pode ser Intensidade (I), Luminosidade (L) ou Valor (V)); Commission Internationale de l'Éclairage (CIE) ou espaço-cor YCC. Fairchild (2005) apontam a obra *Color Appearance Models* para algoritmo com mais referências a espaço-cor.

Diferentemente de portadores de tricromacias anômalas, pessoas com dicromacias tem a total ausência do funcionamento de um dos tipos de cones, resultando em menos uma dimensão no espaço-cor e a ausência de algoritmos que utilizam YCC. Monocromacia, a forma mais severa da alteração nos cones, resulta em uma visão com um espaço-cor unidimensional, em que duas cores são somente distinguíveis pela luminosidade. Somente um método é descrito para correção de cores para portadores desse tipo de discromatopsia, utilizando CIE.

REFERÊNCIAS

- CHAN, Xin Bei V.; GOH, Shi Min S.; TAN, Ngiam Chuan. Subjects with colour vision deficiency in the community: what do primary care physicians need to know?. *Asia Pacific Family Medicine*, v. 13, n. 1, p. 1-10, 2014.
- DATABASE, Color And Vision. *Color And Vision Database*. [2008?]. Disponível em: <http://www.cvrl.org>.
- FAIRCHILD, Mark D. *et al.* **Color Appearance Models**. Rochester: John Wiley & Sons, 2005.
- FOTI, Antonella; SANTUCCI, Giuseppe. Increasing Web accessibility through an assisted color specification interface for colorblind people. *IxD&A*, v. 5, p. 41-48, 2009.
- GEGENFURTNER, Karl R.; SHARPE, Lindsay T.. **Color Vision: From Genes to Perception**. Cambridge: Cambridge University Press, 2000.
- HANDYMATICA. **Handymatica**. Disponível em: <https://www.handimatica.com/>. Acesso em: 27 set. 2021.
- HUANG, Jia-Bin *et al.* Image recolorization for the colorblind. In: **2009 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing**. IEEE, 2009. p. 1161-1164.
- IBGE (Org.). **Conheça o Brasil** - População: Pessoas com deficiência. [2017?]. Disponível em: <https://educa.ibge.gov.br/jovens/conheca-o-brasil/populacao/20551-pessoas-com-deficiencia.html>. Acesso em: 28 nov. 2020.

ISHIHARA, Shinobu. **Test for colour-blindness**. Tokyo, Japan: Kanehara, 1987.

NEI. **Color Blindness**. Disponível em: <https://www.nei.nih.gov/learn-about-eye-health/eye-conditions-and-diseases/color-blindness>. Acesso em: 27 set. 2021.

MERGULHÃO, E. W. T.; ANDRADE, S. H. M. S.; DO NASCIMENTO, J. O. Um modelo computacional baseado em redes neurais artificiais para auxiliar o reconhecimento de cores por portadores de daltonismo. **Blucher Physics Proceedings**, v. 6, n. 1, p. 61-66, 2019.

MERIN, Saul. **Inherited Eye Diseases: diagnosis and management**. 2. ed. Boca Raton: Crc Press, 2005.

POKORNY, Joel *et al.* **Congenital and acquired color vision defects**. New York: Grune & Stratton, 1979. 409 p.

RIBEIRO, Madalena; GOMES, Abel JP. Recoloring algorithms for colorblind people: A survey. **ACM Computing Surveys (CSUR)**, v. 52, n. 4, p. 1-37, 2019.

SPALDING, J. A. Colour vision deficiency in the medical profession. **British journal of general practice**, v. 49, n. 443, p. 469-475, 1999.

W3C. **Accessible Rich Internet Applications (WAI-ARIA) 1.1**. 2017. Disponível em: <https://www.w3.org/TR/wai-aria-1.1/>. Acesso em: 30 nov. 2021.

W3C. **Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.0**. 2008. Disponível em: <https://www.w3.org/TR/2008/REC-WCAG20-20081211/>. Acesso em: 26 set. 2021.

YANG, Seungji *et al.* Improving Visual Accessibility for Color Vision Deficiency Based on MPEG-21. **Etri Journal**, v. 26, n. 3, p. 195-202, 2004.

FORMULÁRIO DE AVALIAÇÃO BCC – PROFESSOR AVALIADOR

Avaliador(a): Marcel Hugo

Atenção: quando o avaliador marcar algum item como atende parcialmente ou não atende, deve obrigatoriamente indicar os motivos no texto, para que o aluno saiba o porquê da avaliação.

ASPECTOS AVALIADOS		Atende	atende parcialmente	não atende
ASPECTOS TÉCNICOS	1. INTRODUÇÃO O tema de pesquisa está devidamente contextualizado/delimitado?	X		
	O problema está claramente formulado?	X		
	2. OBJETIVOS O objetivo principal está claramente definido e é passível de ser alcançado?	X		
	Os objetivos específicos são coerentes com o objetivo principal?	X		
	3. TRABALHOS CORRELATOS São apresentados trabalhos correlatos, bem como descritas as principais funcionalidades e os pontos fortes e fracos?	X		
	4. JUSTIFICATIVA Foi apresentado e discutido um quadro relacionando os trabalhos correlatos e suas principais funcionalidades com a proposta apresentada?	X		
	São apresentados argumentos científicos, técnicos ou metodológicos que justificam a proposta?	X		
	São apresentadas as contribuições teóricas, práticas ou sociais que justificam a proposta?	X		
	5. REQUISITOS PRINCIPAIS DO PROBLEMA A SER TRABALHADO Os requisitos funcionais e não funcionais foram claramente descritos?	X		
	6. METODOLOGIA Foram relacionadas todas as etapas necessárias para o desenvolvimento do TCC?	X		
	Os métodos, recursos e o cronograma estão devidamente apresentados e são compatíveis com a metodologia proposta?	X		
	7. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA (atenção para a diferença de conteúdo entre projeto e pré-projeto) Os assuntos apresentados são suficientes e têm relação com o tema do TCC?	X		
ASPECTOS METODOLÓGICOS	As referências contemplam adequadamente os assuntos abordados (são indicadas obras atualizadas e as mais importantes da área)?	X		
	8. LINGUAGEM USADA (redação) O texto completo é coerente e redigido corretamente em língua portuguesa, usando linguagem formal/científica?	X		
	A exposição do assunto é ordenada (as ideias estão bem encadeadas e a linguagem utilizada é clara)?	X		

O projeto de TCC será reprovado se:

- qualquer um dos itens tiver resposta NÃO ATENDE;
- pelo menos **4 (quatro)** itens dos **ASPECTOS TÉCNICOS** tiverem resposta ATENDE PARCIALMENTE; ou
- pelo menos **4 (quatro)** itens dos **ASPECTOS METODOLÓGICOS** tiverem resposta ATENDE PARCIALMENTE.

PARECER: (X) APROVADO () REPROVADO

CURSO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO – TCC		
() PRÉ-PROJETO	(X) PROJETO	ANO/SEMESTRE: 2021/2

FACILITANDO ACESSIBILIDADE DE DALTÔNICOS NA NAVEGAÇÃO WEB

Otávio Augusto Passos Coelho

Profa. Luciana Pereira de Araújo Kohler – Orientadora

1 INTRODUÇÃO

Existem no Brasil mais de 45 milhões de pessoas portadoras de alguma deficiência (IBGE, 2017). Ainda segundo o IBGE (2017), da população total do Brasil, 18,8% possuem alguma dificuldade para enxergar. No cenário atual em que qualquer pessoa virtualmente necessita de acesso à internet para exercer plenamente seus direitos essas pessoas estão em desvantagem. Sabe-se que é comum que o acesso à educação, informação e ferramentas de trabalho sejam através de websites, que tem como principal meio de interação uma interface visual e na qual estão dispostas informações essenciais. Sem ferramentas adequadas, uma interface dessas torna-se excludente em relação aos deficientes visuais.

Frente a isso, iniciativas surgiram com a finalidade de melhorar o nível de acessibilidade presente na internet. Ações como a criação da Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) (W3C, 2008) que explicita diretrizes e recomendações para a criação de uma Web mais inclusiva.

Apesar de afetar em torno de 4,5% da população, a discromatopsia, conhecida popularmente como daltonismo, se encontra ausente tanto nas considerações da WCAG, quanto nas pesquisas do IBGE. Discromatopsia é uma anomalia que se manifesta na incapacidade de perceber todas as cores. Ela está associada ao cromossomo X, e por isso possui uma incidência muito maior na população masculina (em torno de 8%) do que na feminina (menos de 1%) (SPALDING, 1999).

Um ser humano que não possui discromatopsia e que enxerga cores normalmente possui nos olhos três tipos de cones que são células capazes de reconhecer cores. Essas células funcionam reagindo a uma faixa específica de comprimento de onda, cada uma responsável por uma cor. O primeiro tipo, denominada de *Large* (L) reage a comprimentos de ondas de 564 a 580 nanômetros, sendo responsável pela cor vermelha. O segundo tipo, responsável pela cor verde, atua em comprimentos de onda de 534 a 545 nanômetros e é denominado *Medium* (M). O terceiro tipo, *Short* (S), reage de 420 a 440 nanômetros e é responsável pela cor azul (COLOR; VISION DATABASE, 2008 apud FOTI; SANTUCCI, 2009).

Existem diversos tipos de discromatopsia que podem ser classificados em três grupos: monocrômias, em que apenas percebe-se níveis de luminosidade, resultando em uma visão “preto e branco”; dicromacias e tricromacias anômalas, que se caracterizam pela ausência de algum tipo de cone ou uma anomalia no mesmo, respectivamente (MERIN, 2005).

Anomalias, ou ausência, podem ocorrer em cada tipo de cone. A forma mais comum, ocorre em 5% dos homens e 1% nas mulheres, é a Deuteranopia, que ocorre nos cones tipo M, sendo sua ausência denominada Deuteranopia, e resulta em dificuldade na distinção de vermelho/verde e roxo/azul. Protanopia é quando a anomalia se encontra nos cones tipo L, e dificulta a distinção de azul/verde e vermelho/verde, e total ausência desses cones é denominada Protanopia. Anomalias nos cones tipo S são a forma mais rara, afetando cerca de 0,01% da população (MERIN, 2005).

O que isso essencialmente acarreta para pessoas portadores de discromatopsia é uma dificuldade na leitura e interação de websites, que muitas vezes podem ter informações e ações invisíveis para o daltônico por serem fornecidas com um contraste de duas cores que para o daltônico são a mesma cor. Dessa forma, salvo a utilização de ferramentas que podem não atender plenamente o grau específico de discromatopsia, daltônicos têm sido excluídos de acesso a informações presentes na internet de forma arbitrária, por não conseguir distinguir a informação de seu contexto visual.

Diante deste cenário, este trabalho propõe uma solução para a adequação de sites de forma a atenderem usuários portadores de discromatopsia, garantindo a eles acesso à informação de toda a página web a ser utilizada.

1.1 OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é disponibilizar uma extensão para navegador web para a acessibilidade de portadores de discromatopsia na navegação de websites.

Os objetivos específicos são:

- a) possibilitar que as pessoas com as três diferentes formas de discromatopsia tenham acesso aos textos e imagens presentes nas páginas;
- b) tornar a solução acessível, utilizando as Diretrizes de Acessibilidade para o Conteúdo Web (WCAG);
- c) tornar possível o usuário diagnosticar seu tipo de discromatopsia.

2 TRABALHOS CORRELATOS

Foram selecionados três trabalhos correlatos cuja proposta se assemelha ou se tangência a este. A seção 2.1 descreve um módulo do Vis-A-Wis que permite pessoas daltônicas selecionarem cores distintas para melhorar a navegação web. A seção 2.2 relata o desenvolvimento de um modelo computacional utilizado em um aplicativo para reconhecimento de cores para auxiliar pessoas com discromatopsia. A seção 2.3 relata um trabalho cujo objetivo é a criação de um algoritmo para re-colorização de imagens, mantendo detalhes visuais para pessoas daltônicas

2.1 INCREASING WEB ACCESSIBILITY THROUGH AN ASSISTED COLOR SPECIFICATION INTERFACE FOR COLORBLIND PEOPLE

Foti e Santucci (2009) desenvolveram um módulo para o sistema Vis-A-Wis (sistema de acessibilidade para Interfaces Web) cujo propósito é tornar interfaces mais acessíveis para pessoas portadoras de discromatopsia. O módulo alcança este propósito ao deixar que o usuário consiga selecionar cores para diferentes partes da interface, de forma com que se recupere informações que possam ter sido perdidas devido à falta de contraste advinda da discromatopsia.

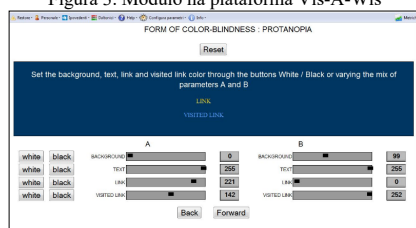
Antes de especificar como o módulo é utilizado, os autores Foti e Santucci (2009) descrevem as diversas formas de discromatopsia, e de que maneira elas afetam a visão do portador. Para isso, eles explicitam de que forma o distúrbio afeta o organismo, que se traduz em uma ausência de um tipo específico de cones (células responsáveis por reconhecer as cores).

A estratégia proposta no trabalho para a implementação do módulo é primeiramente identificar o tipo de discromatopsia do usuário aplicando o teste Ishihara (ISHIHARA, 1987), uma vez que para o dia a dia a identificação de cores é necessária apenas quando informações são codificadas por cores (como o vermelho e verde em um semáforo de trânsito), resultando em uma descoberta tardia da condição pela maioria dos portadores (FOTI; SANTUCCI, 2009).

Em seguida o usuário seleciona cores para background, textos, links e links já visitados, sendo essas informações essenciais para um ambiente Web. Essas cores serão ajustadas seguindo as definições do usuário e o mapeamento de cores será feito utilizando um espaço tridimensional *Long*, *Medium*, *Short* (LMS) reduzido, que representa as cores de cada tipo de cone, com valores fixos para cores não percebidas pelo usuário.

O último passo é a simulação do distúrbio na percepção de cores para pessoas sem discromatopsia. Esse passo é utilizado para que designers consigam aferir a acessibilidade de websites (FOTI; SANTUCCI, 2009). A Figura 1 ilustra o módulo para um usuário portador de Protanopia. Pode-se observar dois conjuntos de *sliders*, que serão utilizados pelo usuário, posicionados abaixo do parâmetro que configuram (na figura sendo A e B, equivalentes aos cones M e S, respectivamente). Cada *slider* está à direita do nome do componente do website ao qual atribui o valor para configuração. Na parte superior do módulo está qual o tipo de discromatopsia que está sendo considerada para a correção, assim como um botão para resetar o tipo e refazer o teste. Abaixo disso fica a amostra de website com uma amostra de cada componente. O módulo foi demonstrado na Handymatica (2008) na Itália, com uma recepção positiva.

Figura 3. Módulo na plataforma Vis-A-Wis



Fonte: Foti e Santucci (2009).

2.2 MODELO COMPUTACIONAL PARA AUXÍLIO DE RECONHECIMENTO DE CORES

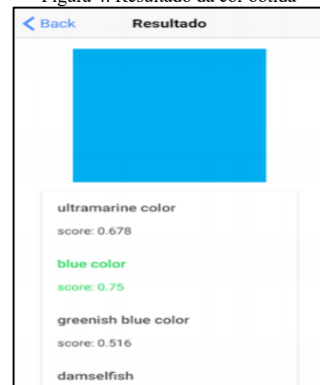
O trabalho de Mergulhão, Andrade e do Nascimento (2019) relata o desenvolvimento de um aplicativo móvel que ajuda portadores de discromatopsia a identificar cores. Mergulhão, Andrade e do Nascimento (2019) justificam o desenvolvimento do trabalho, pois muitas informações vitais são utilizadas para notificar transeuntes,

como por exemplo as cores de alertas de segurança no trabalho. Além de identificar cores, o aplicativo ainda busca diagnosticar o usuário de uma possível discromatopsia presente, através de testes para que ele consiga utilizar o aplicativo adequadamente.

O aplicativo em si foi desenvolvido utilizando o *framework* Ionic que é *open-source* e gera aplicativos nativos móveis, utilizando tecnologias como HyperText Markup Language (HTML), Cascading Style Sheets (CSS) e JavaScript. A identificação de cores foi construída com a linguagem de programação Python e a Application Programming Interface (API) da IBM Watson, com o Visual Recognition.

Inicialmente o usuário utiliza a câmera para tirar uma foto ou seleciona uma da galeria. Em seguida essa imagem é armazenada no aplicativo. O usuário então seleciona a foto para que esta seja processada. Após o processamento o resultado é exibido para o usuário, que pode utilizar a informação para melhor identificar avisos e afins no ambiente de trabalho. Na Figura 2 pode-se observar o resultado do processamento na forma como é apresentado ao usuário, com a descrição da cor destacada em relação a outras opções consideradas (na imagem, o resultado é “blue color”).

Figura 4. Resultado da cor obtida



Fonte: Mergulhão, Andrade e Do Nascimento (2019).

2.3 IMAGE RECOLORIZATION FOR THE COLORBLIND

Huang *et al.* (2009) propõem um novo modo de adequar imagens a portadores de discromatopsia através da mudança de cores, priorizando o contraste. O trabalho introduz a discromatopsia e explica como afeta o mecanismo pelo qual seres humanos percebem cores. Com esse contexto, expõe que medidas têm sido tomadas para que daltônicos tenham mais acessibilidade em relação a imagens, os quais classifica em dois tipos.

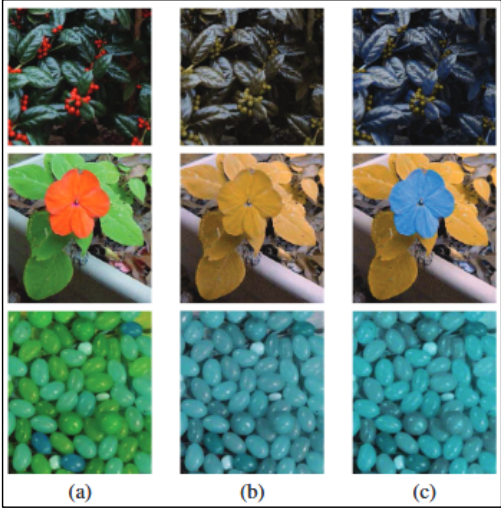
O primeiro tipo são ferramentas voltadas para ajudar designers a estabelecerem paletas de cores que funcionem também para indivíduos com discromatopsia. Essas ferramentas normalmente simulam a distorção na percepção da discromatopsia e dessa forma sinalizam se houve alguma perda de informação com a escolha de cores. Entretanto, é ressaltado que esse método ainda acarreta um grande esforço para que seja feita a adaptação.

O segundo tipo são ferramentas semiautomáticas de ajuste de cores para a visão de um daltônico. Essas ferramentas utilizam alguns parâmetros, com valores normalmente fornecidos por usuários, para que ocorra o ajuste. O objetivo desse tipo de ferramenta é manter o contraste entre objetos na imagem e o fazem selecionando cores-chave através de amostragem e realizando o ajuste baseado na distância euclidiana entre elas. Contudo, isso pode ocasionar dois tipos de problema: ou as cores não ficam suficientemente diferenciadas, por terem sido selecionadas poucas cores-chave; ou resultar em imagens não-naturais, em que uma mesma cor de um objeto pode ser representada por cores muito discrepantes, a ponto de surgirem novos artefatos na imagem.

A solução proposta pelos autores Huang *et al.* (2009) descarta a escolha de cores-chave por amostragem, utilizando em vez disso um Modelo de Mistura Gaussiana (MMG), em que o centro de cada gaussiano é análogo à uma cor-chave. Essa mudança acarreta mudanças de todas as etapas do processo de ajuste, incluindo a adição de pesos às cores de acordo com sua importância para pessoas com discromatopsia.

Como resultado, os autores Huang *et al.* (2009) viram um significativo avanço em termos de performance em relação a trabalhos anteriores. Na Figura 3 é possível observar os resultados do novo algoritmo. Cada fileira corresponde a um tipo de dicromacia: a primeira à protanopia; a segunda à deuteranopia; a terceira à tritanopia. A Figura 3 (a) são as imagens originais, a coluna central (b) são simulações da visão de um daltônico, a última coluna (c) são os resultados do algoritmo. É possível observar que o contraste entre as cores se manteve e as imagens são naturais, sem artefatos ou luminosidades estranhas.

Figura 3. Resultados do ajuste



Fonte: Huang *et al.* (2009).

3 PROPOSTA DO SOFTWARE

Nessa seção é descrita a justificativa para a elaboração deste trabalho, seus principais requisitos e qual a metodologia a ser utilizada.

3.1 JUSTIFICATIVA

No Quadro 1 é apresentado um comparativo entre os trabalhos correlatos baseado nas características deles. As colunas representam os trabalhos e as linhas as características.

Quadro 2 - Comparativo de todos os trabalhos correlatos

Trabalhos Correlatos Características	Foti e Santucci (2009)	Mergulhão, Andrade e Do Nascimento (2019)	Huang et al. (2009)
Plataforma	Vis-A-Wis	Móvel (Ionic)	C++
Teste para determinação de tipo de discromatopsia	Sim	Não	Não
Ajuste de cores	Sim	Não	Sim
Métricas-alvo	Sim	Não	Não
Identificação de cores	Não	Sim	Não

Fonte: elaborado pelo autor.

Pode-se observar que cada um dos trabalhos possuem uma plataforma diferente, porém somente duas plataformas possuem interface de interação direta com o usuário. Tanto Foti e Santucci (2009) quanto Huang *et al.* (2009) propuseram soluções que possuem interação direta com o usuário, deixando sob ação do mesmo o ajuste em usabilidade. Huang *et al.* (2009) por sua vez utilizou sua plataforma exclusivamente para processar seu algoritmo e comprovar seus resultados.

Somente Foti e Santucci (2009) utilizam métricas como alvo no seu trabalho, talvez por serem o único que trata explicitamente de texto e legibilidade de sites. A métrica utilizada é o contraste de cores, porém por se tratar de um público-alvo com anomalias na percepção delas é proposto uma nova forma de calcular o contraste. Apesar de terem o contraste como um ponto importante, Huang *et al.* (2009) não tem como alvo um número específico o qual é necessário atingir para que as imagens sejam “legíveis”.

O segundo trabalho (Mergulhão, Andrade e do Nascimento, 2019) não opera com contrastes, sendo o único trabalho que tem como principal meio de acessibilidade a identificação de cores. O trabalho de Foti e Santucci (2009) é o único que possui teste para determinar o tipo de discromatopsia do usuário.

Ambos Foti e Santucci (2009) e Huang *et al.* (2009) propõem a alteração das próprias cores como meio de aumentar a acessibilidade, cores de um website e de imagens. O algoritmo pelo qual atingem esse objetivo

também se difere, em que o primeiro trabalho utiliza um espaço LMS e entradas do próprio usuário; e o segundo propõe uma nova forma de fazê-lo, utilizando MMG de forma automática.

Em vista destas características, conclui-se que nenhum deles supre a necessidade de melhorar a acessibilidade para daltônicos em um ambiente Web. Foti e Santucci (2009) tratam de websites em seus trabalhos, porém no contexto da plataforma Vis-A-Wis. Isto torna este trabalho relevante socialmente, uma vez que se propõe a melhorar a acessibilidade de cerca de 4% a 5% da população mundial, os portadores de discromatopsia, a websites. Estes usuários não precisarão ter pleno conhecimento de sua condição, uma vez que este trabalho propõe ter uma forma de diagnosticar seu tipo específico de discromatopsia. Diferentemente dos trabalhos discutidos, será desenvolvido uma extensão de navegador web para que o usuário consiga utilizar com qualquer website acessado pelo navegador, ajustando suas imagens e textos sem a necessidade de criar uma exibição paralela, e em qualquer dispositivo que contenha o navegador, sendo esta a contribuição tecnológica. Este trabalho também irá seguir métricas de contraste para manter-se dentro do padrão esperado para websites, de modo a aplicar também as diretrizes de acessibilidade em uma extensão para navegador, sendo estas as contribuições científicas.

3.2 REQUISITOS PRINCIPAIS DO PROBLEMA A SER TRABALHADO

A extensão de navegador que este trabalho descreve deverá:

- permitir ao usuário identificar seu tipo de discromatopsia (Requisito Funcional – RF);
- adequar as cores de um website de acordo com cada tipo de discromatopsia (RF);
- permitir ao usuário selecionar quanta correção deve ser aplicada (RF);
- permitir ao usuário acionar e desativar a correção (RF);
- manter o contraste de cores de acordo com diretrizes de acessibilidade da WCAG (RF);
- ser desenvolvido como uma extensão para utilização no navegador Google Chrome (Requisito Não Funcional – RNF);
- utilizar JavaScript ou um *superset* do mesmo (RNF).

3.3 METODOLOGIA

O trabalho será desenvolvido observando as seguintes etapas:

- levantamento bibliográfico: realizar levantamento bibliográfico sobre discromatopsia, acessibilidade no ambiente web e algoritmos de reajuste de cores;
- elicitação de requisitos: utilizando informações da etapa anterior, assim como os trabalhos correlatos, reavaliar os requisitos propostos e se necessário especificar requisitos adicionais;
- especificação de análise: elaboração dos diagramas de casos de uso e classe seguindo a Unified Modeling Language (UML) utilizando a ferramenta draw.io;
- implementação: utilizando o resultado da etapa anterior, implementar a extensão do navegador web Google Chrome e disponibilizar na sua Web Store;
- testes: elaborar testes para validar o aumento de acessibilidade proveniente da extensão, junto a portadores de discromatopsia, comparando a navegação de websites com e sem a extensão.

As etapas serão realizadas nos períodos relacionados no Quadro .

Quadro 2 - Cronograma

etapas / quinzenas	2022									
	fev.		mar.		abr.		maio		jun.	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
levantamento bibliográfico										
elicitação de requisitos										
especificação e análise										
implementação										
testes										

Fonte: elaborado pelo autor.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Esta seção descreve de forma breve os assuntos que fundamentarão o estudo a ser realizado: discromatopsia, acessibilidade em ambientes web e correção de cores para portadores de discromatopsia.

4.1 DISCROMATOPSIA

Discromatopsia é uma perturbação na percepção das cores, associada a uma anomalia nas células denominadas cones que se encontram presentes nos olhos (CHAN; GOH; TAN, 2014). Segundo Spalding (1999) cerca de 8% dos homens e 0,4% das mulheres são portadores de discromatopsia congênita. Pessoas no geral também não tem consciência das dificuldades enfrentadas por daltônicos (SPALDING, 1999).

Essa perturbação pode ser causada por uma série de fatores (POKORNY *et al.*, 1979), porém é mais frequentemente causada pela alteração genética nos cones. Essa alteração pode resultar em três tipos de discromatopsia, dependendo do tipo de cone afetado (GEGENFURTNER; SHARPE, 2000), além de quão afetadas as células são (YANG *et al.*, 2004).

4.2 ACESSIBILIDADE EM AMBIENTES WEB

A World Wide Web Consortium (W3C), a principal organização de padronização da World Wide Web (WWW), ambiente alvo da proposta deste trabalho, publicou uma série de diretrizes para páginas web que buscam garantir acessibilidade para o máximo possível de usuários (W3C, 2008). Essas diretrizes buscam endereçar deficiências como cegueira total ou parcial, habilidades motoras limitadas e limitações na audição, entre outros.

Mais especificamente, dentro do escopo deste trabalho a seção de diretivas da WCAG mais relevante é a 1.4, que trata da necessidade de distinção dos conteúdos percebíveis presentes na página web. Esta seção possui diretivas que, entre outras, buscam garantir um contraste adequado nas cores do conteúdo de forma a todos os usuários conseguirem entendê-lo (W3C, 2008). As diretivas não só propõem pontos de atenção para acessibilidade, como também prevê modos de medi-la.

A W3C também criou a Iniciativa de Acessibilidade Web (*Web Accessibility Initiative* - WAI) (W3C, 2017), cujo objetivo é garantir um alto nível de usabilidade em páginas web para pessoas com deficiências. Entre suas ações, que acontecem em parceria com outras organizações, a WAI desenvolve diretivas para acessibilidade em páginas, aplicações web e navegadores. Através da Suíte de Aplicativos Ricos Para Internet Acessível (WAI *Accessible Rich Internet Applications* - WAI-ARIA) a WAI determina diretivas que páginas web devem seguir para que outras ferramentas de acessibilidade consigam ser utilizadas de forma otimizada.

4.3 CORREÇÃO DE CORES PARA PORTADORES DE DISCROMATOPSIA

Não existe hoje cura para o daltonismo, porém existem medidas que ajudam na percepção de cores para daltônicos, que buscam compensar pelas cores faltantes (NEI, 2019). Algumas dessas medidas incluem lentes especialmente feitas para esse propósito, porém se o objeto visualizado puder ser alterado computacionalmente (como uma foto, vídeo ou interface) existem algoritmos para fazê-lo. O algoritmo descrito por Foti e Santucci (2009) que objetiva um espaço LMS reduzido é um deles, outro sendo o proposto por Huang *et al.* (2009) que utiliza um Modelo de Mistura Gaussianas.

Os autores Ribeiro e Gomes (2019) realizaram uma pesquisa e revisão de vários algoritmos presentes na literatura propostos para correção de cores para daltônicos. A pesquisa teve como foco imagens estáticas, porém os algoritmos apresentados podem ser aplicados para textos e outras formas de mídia. Os algoritmos são organizados por grupos de discromatopsias (monocromacias, dicromacias e tricromacias anômalas).

Os algoritmos para tricromacias anômalas foram agrupados conforme seu uso de espaço-cor, sendo: LMS, que foi utilizado por Foti e Santucci (2009); espaço-cor verde-vermelho-azul (*Red Green Blue* - RGB); HSx, que utiliza *Hue* (H), Saturação (S) e brilho (que pode ser Intensidade (I), Luminosidade (L) ou Valor (V)); Commission Internationale de l'Éclairage (CIE) ou espaço-cor YCC. Fairchild (2005) apontam a obra *Color Appearance Models* para algoritmo com mais referências a espaço-cor.

Diferentemente de portadores de tricromacias anômalas, pessoas com dicromacias tem a total ausência do funcionamento de um dos tipos de cones, resultando em menos uma dimensão no espaço-cor e a ausência de algoritmos que utilizam YCC. Monocromacia, a forma mais severa da alteração nos cones, resulta em uma visão com um espaço-cor unidimensional, em que duas cores são somente distinguíveis pela luminosidade. Somente um método é descrito para correção de cores para portadores desse tipo de discromatopsia, utilizando CIE.

REFERÊNCIAS

- CHAN, Xin Bei V.; GOH, Shi Min S.; TAN, Ngiam Chuan. Subjects with colour vision deficiency in the community: what do primary care physicians need to know?. *Asia Pacific Family Medicine*, v. 13, n. 1, p. 1-10, 2014.
- DATABASE, Color And Vision. *Color And Vision Database*. [2008?]. Disponível em: <http://www.cvrl.org>.
- FAIRCHILD, Mark D. *et al.* **Color Appearance Models**. Rochester: John Wiley & Sons, 2005.
- FOTI, Antonella; SANTUCCI, Giuseppe. Increasing Web accessibility through an assisted color specification interface for colorblind people. *IxD&A*, v. 5, p. 41-48, 2009.
- GEGENFURTNER, Karl R.; SHARPE, Lindsay T.. **Color Vision: From Genes to Perception**. Cambridge: Cambridge University Press, 2000.
- HANDYMATICA. *Handymatica*. Disponível em: <https://www.handimatica.com/>. Acesso em: 27 set. 2021.
- HUANG, Jia-Bin *et al.* Image recolorization for the colorblind. In: **2009 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing**. IEEE, 2009. p. 1161-1164.
- IBGE (Org.). **Conheça o Brasil** - População: Pessoas com deficiência. [2017?]. Disponível em: <https://educa.ibge.gov.br/jovens/conheca-o-brasil/populacao/20551-pessoas-com-deficiencia.html>. Acesso em: 28 nov. 2020.

ISHIHARA, Shinobu. **Test for colour-blindness**. Tokyo, Japan: Kanehara, 1987.

NEI Color Blindness. Disponível em: <https://www.nei.nih.gov/learn-about-eye-health/eye-conditions-and-diseases/color-blindness>. Acesso em: 27 set. 2021.

MERGULHÃO, E. W. T.; ANDRADE, S. H. M. S.; DO NASCIMENTO, J. O. Um modelo computacional baseado em redes neurais artificiais para auxiliar o reconhecimento de cores por portadores de daltonismo. **Blucher Physics Proceedings**, v. 6, n. 1, p. 61-66, 2019.

MERIN, Saul. **Inherited Eye Diseases: diagnosis and management**. 2. ed. Boca Raton: Crc Press, 2005.

POKORNY, Joel *et al.* **Congenital and acquired color vision defects**. New York: Grune & Stratton, 1979. 409 p.

RIBEIRO, Madalena; GOMES, Abel JP. Recoloring algorithms for colorblind people: A survey. **ACM Computing Surveys (CSUR)**, v. 52, n. 4, p. 1-37, 2019.

SPALDING, J. A. Colour vision deficiency in the medical profession. **British journal of general practice**, v. 49, n. 443, p. 469-475, 1999.

W3C. **Accessible Rich Internet Applications (WAI-ARIA) 1.1**. 2017. Disponível em: <https://www.w3.org/TR/wai-aria-1.1/>. Acesso em: 30 nov. 2021.

W3C. **Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.0**. 2008. Disponível em: <https://www.w3.org/TR/2008/REC-WCAG20-20081211/>. Acesso em: 26 set. 2021.

YANG, Seungji *et al.* Improving Visual Accessibility for Color Vision Deficiency Based on MPEG-21. **Etri Journal**, v. 26, n. 3, p. 195-202, 2004.

Comentado [DSdR2]: O ano seria 2019?

FORMULÁRIO DE AVALIAÇÃO BCC – PROFESSOR TCC I

Avaliador(a): Dalton Solano dos Reis

ASPECTOS AVALIADOS		atende	atende parcialmente	não atende
ASPECTOS TÉCNICOS	1. INTRODUÇÃO O tema de pesquisa está devidamente contextualizado/delimitado?	X		
	O problema está claramente formulado?	X		
	2. OBJETIVOS O objetivo principal está claramente definido e é passível de ser alcançado?	X		
	Os objetivos específicos são coerentes com o objetivo principal?	X		
	3. JUSTIFICATIVA São apresentados argumentos científicos, técnicos ou metodológicos que justificam a proposta?	X		
	São apresentadas as contribuições teóricas, práticas ou sociais que justificam a proposta?	X		
	4. METODOLOGIA Foram relacionadas todas as etapas necessárias para o desenvolvimento do TCC?	X		
ASPECTOS METODOLÓGICOS	Os métodos, recursos e o cronograma estão devidamente apresentados?	X		
	5. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA (atenção para a diferença de conteúdo entre projeto e pré-projeto) Os assuntos apresentados são suficientes e têm relação com o tema do TCC?	X		
	6. LINGUAGEM USADA (redação) O texto completo é coerente e redigido corretamente em língua portuguesa, usando linguagem formal/científica?	X		
	A exposição do assunto é ordenada (as ideias estão bem encadeadas e a linguagem utilizada é clara)?	X		
	7. ORGANIZAÇÃO E APRESENTAÇÃO GRÁFICA DO TEXTO A organização e apresentação dos capítulos, seções, subseções e parágrafos estão de acordo com o modelo estabelecido?	X		
	8. ILUSTRAÇÕES (figuras, quadros, tabelas) As ilustrações são legíveis e obedecem às normas da ABNT?	X		
	9. REFERÊNCIAS E CITAÇÕES As referências obedecem às normas da ABNT?		X	
	As citações obedecem às normas da ABNT?	X		
	Todos os documentos citados foram referenciados e vice-versa, isto é, as citações e referências são consistentes?	X		

O projeto de TCC será reprovado se:

- qualquer um dos itens tiver resposta NÃO ATENDE;
- pelo menos 4 (quatro) itens dos **ASPECTOS TÉCNICOS** tiverem resposta ATENDE PARCIALMENTE; ou
- pelo menos 4 (quatro) itens dos **ASPECTOS METODOLÓGICOS** tiverem resposta ATENDE PARCIALMENTE.

PARECER: (X) APROVADO () REPROVADO

Revisão do Pré-projeto

Disciplina: Trabalho de Conclusão de Curso I – BCC

Caro orientando,

segue abaixo o Termo de Compromisso, as DUAS revisões do seu pré-projeto contendo a avaliação do professor “avaliador” e professor “TCC1”, junto com as avaliações da defesa na banca de qualificação. É muito importante que revise com cuidado e discuta possíveis dúvidas decorrente das revisões com o seu professor orientador, e com o professor de TCC1. Sempre procure fazer todos os ajustes solicitados, até mesmo o menores detalhes, pois todos são importantes e irão refletir na sua nota nesta disciplina.

Mas, caso o professor orientador julgue que algumas anotações das revisões não devam ser feitas, ou mesmo que sejam feitas de forma diferente a solicitada pelo revisor, anexe ao final do seu projeto a ficha “Projeto: Observações – Professor Orientador” disponível no material da disciplina, e justifique o motivo.

Lembrem que agora o limite de páginas do projeto é no máximo 12 (doze) páginas. E que a seção de “Revisão Bibliográfica” deve ser complementada.

Atenciosamente,

UNIVERSIDADE REGIONAL DE BLUMENAU
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS
CURSO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO – BACHARELADO

TERMO DE COMPROMISSO

I – IDENTIFICAÇÃO DO ALUNO	
Nome:	Otávio Augusto Passos Coelho
CV Lattes:	http://lattes.cnpq.br/4852912207428682
E-mail:	ottaviocoelho@gmail.com
Telefone:	47 992439794
II – IDENTIFICAÇÃO DO TRABALHO	
Título provisório:	FACILITANDO ACESSIBILIDADE DE DALTÔNICOS NA NAVEGAÇÃO WEB
Orientador:	Luciana Pereira de Araújo Kohler
Coorientador (se houver):	
Linha de Pesquisa:	<input type="checkbox"/> Tecnologias aplicadas à informática na educação <input checked="" type="checkbox"/> Tecnologias aplicadas ao desenvolvimento de sistemas
III – COMPROMISSO DE REALIZAÇÃO DO TCC	
Eu (aluno),	Otávio Augusto Passos Coelho
comprometo-me a realizar o trabalho proposto no semestre 2022/1, de acordo com as normas e os prazos determinados pela FURB, conforme previsto na resolução nº.20/2016.	
Assinatura:	NÃO É NECESSÁRIO – Encaminhar por mail ao orientador
IV – COMPROMISSO DE ORIENTAÇÃO	
Eu (orientador),	Luciana Pereira de Araújo Kohler
comprometo-me a orientar o trabalho proposto no semestre 2022/1, de acordo com as normas e os prazos determinados pela FURB, conforme previsto na resolução nº.20/2016.	
Assinatura:	NÃO É NECESSÁRIO – Encaminhar por mail ao professor de TCC I

Blumenau, 18 de Agosto de 2021

CURSO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO – TCC		
(X) PRÉ-PROJETO	() PROJETO	ANO/SEMESTRE: 2021/2

FACILITANDO ACESSIBILIDADE DE DALTÔNICOS NA NAVEGAÇÃO WEB

Otávio Augusto Passos Coelho

Prof. Luciana Pereira de Araújo Kohler – Orientadora

1 INTRODUÇÃO

Existem no Brasil mais de 45 milhões de pessoas portadoras de alguma deficiência (IBGE, 2017). Ainda segundo o IBGE (2017), da população total do Brasil, 18,8% possuem alguma dificuldade para enxergar. No cenário atual em que qualquer pessoa virtualmente necessita de acesso à internet para exercer plenamente seus direitos essas pessoas estão em desvantagem. Sabe-se que é comum que o acesso à educação, informação e ferramentas de trabalho sejam através de websites, que tem como principal meio de interação uma interface visual e na qual estão dispostas informações essenciais. Sem ferramentas adequadas, uma interface dessas torna-se excludente em relação aos deficientes visuais.

Frente a isso, iniciativas surgiram com a finalidade de melhorar o nível de acessibilidade presente na internet. Ações como a criação da Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) (W3C, 2008) que explicita diretrizes e recomendações para a criação de uma Web mais inclusiva.

Apesar de afetar em torno de 4,5% da população, a discromatopsia, conhecida popularmente como daltonismo, se encontra ausente tanto nas considerações da WCAG, quanto nas pesquisas do IBGE. Discromatopsia é uma anomalia que se manifesta na incapacidade de perceber todas as cores. Ela está associada ao cromossomo X, e por isso possui uma incidência muito maior na população masculina (em torno de 8%) do que na feminina (menos de 1%) (SPALDING, 1999).

Um ser humano que não possui discromatopsia e que enxerga cores normalmente possui nos olhos três tipos de cones que são células capazes de reconhecer cores. Essas células funcionam reagindo a uma faixa específica de comprimento de onda, cada uma responsável por uma cor. O primeiro tipo, denominada de *Large* (L) reage a comprimentos de ondas de 564 a 580 nanômetros, sendo responsável pela cor vermelha. O segundo tipo, responsável pela cor verde, atua em comprimentos de onda de 534 a 545 nanômetros e é denominado *Medium* (M). O terceiro tipo, *Short* (S), reage de 420 a 440 nanômetros e é responsável pela cor azul (COLOR; VISION DATABASE, 2008 *apud* FOTI; SANTUCCI, 2009).

Existem diversos tipos de discromatopsia que podem ser classificados em três grupos: monocrômias, em que apenas percebe-se níveis de luminosidade, resultando em uma visão “preto e branco”; dicromacias e tricromacias anômalas, que se caracterizam pela ausência de algum tipo de cone ou uma anomalia no mesmo, respectivamente (MERIN, 2005).

Anomalias, ou ausência, podem ocorrer em cada tipo de cone. A forma mais comum, ocorre em 5% dos homens e 1% nas mulheres, é a Deuteranopia, que ocorre nos cones tipo M, sendo sua ausência denominada Deuteranopia, e resulta em dificuldade na distinção de vermelho/verde e roxo/azul. Protanopia é quando a anomalia se encontra nos cones tipo L, e dificulta a distinção de azul/verde e vermelho/verde, e total ausência desses cones é denominada Protanopia. Anomalias nos cones tipo S são a forma mais rara, afetando cerca de 0,01% da população (MERIN, 2005).

O que isso essencialmente acarreta para pessoas portadoras de discromatopsia é uma dificuldade na leitura e interação de websites, que muitas vezes podem ter informações e ações invisíveis para o daltônico por serem fornecidas com um contraste de duas cores que para o daltônico são a mesma cor. Dessa forma, salvo a utilização de ferramentas que podem não atender plenamente o grau específico de discromatopsia, daltônicos têm sido excluídos de acesso a informações presentes na internet de forma arbitrária, por não conseguir distinguir a informação de seu contexto visual.

Diante deste cenário, este trabalho propõe uma solução para a adequação de sites de forma a atenderem usuários portadores de discromatopsia, garantindo a eles acesso à informação de toda a página web a ser utilizada.

1.1 OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é disponibilizar uma extensão para navegador web para a acessibilidade de portadores de discromatopsia na navegação de websites.

Os objetivos específicos são:

- possibilitar que as pessoas com as três diferentes formas de discromatopsia tenham acesso a todo o

Excluído: a

- conteúdo das páginas;
- b) tornar a solução acessível, utilizando as diretrizes de acessibilidade para web.

Comentado [MH3]: Textos e imagens?

Comentado [MH4]: WCAG?

2 TRABALHOS CORRELATOS

Foram selecionados três trabalhos correlatos cuja proposta se assemelha ou se tangencia a este. A seção 2.1 descreve um módulo do Vis-A-Wis que permite pessoas daltônicas selecionarem cores distintas para melhorar a navegação web. A seção 2.2 relata o desenvolvimento de um modelo computacional utilizado em um aplicativo para reconhecimento de cores para auxiliar pessoas com discromatopsia. A seção 2.3 relata um trabalho cujo objetivo é a criação de um algoritmo para re-colorização de imagens, mantendo detalhes visuais para pessoas daltônicas.

2.1 INCREASING WEB ACCESSIBILITY THROUGH AN ASSISTED COLOR SPECIFICATION INTERFACE FOR COLORBLIND PEOPLE

Foti e Santucci (2009) desenvolveram um módulo para o sistema Vis-A-Wis (sistema de acessibilidade para Interfaces Web) cujo propósito é tornar interfaces mais acessíveis para pessoas portadoras de discromatopsia. O módulo alcança este propósito ao deixar que o usuário consiga selecionar cores para diferentes partes da interface, de forma com que se recupere informações que possam ter sido perdidas devido à falta de contraste advinda da discromatopsia.

Antes de especificar como o módulo é utilizado, os autores Foti e Santucci (2009) descrevem as diversas formas de discromatopsia, e de que maneira elas afetam a visão do portador. Para isso, eles explicitam de que forma o distúrbio afeta o organismo, que se traduz em uma ausência de um tipo específico de cones (células responsáveis por reconhecer as cores).

A estratégia proposta no trabalho para a implementação do módulo é primeiramente identificar o tipo de discromatopsia do usuário aplicando o teste Ishihara (ISHIHARA, 1987), uma vez que para o dia a dia a identificação de cores é necessária apenas quando informações são codificadas por cores (como o vermelho e verde em um semáforo de trânsito), resultando em uma descoberta tardia da condição pela maioria dos portadores (FOTI; SANTUCCI, 2009).

Em seguida o usuário seleciona cores para *background*, textos, links e links já visitados, sendo essas informações essenciais para um ambiente Web. Essas cores serão ajustadas seguindo as definições do usuário e o mapeamento de cores será feito utilizando um espaço tridimensional LMS reduzido, que representa as cores de cada tipo de cone (*Long, Medium e Short*), com valores fixos para cores não percebidas pelo usuário.

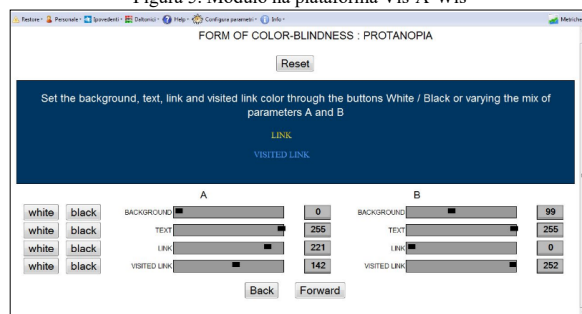
O último passo é a simulação do distúrbio na percepção de cores para pessoas sem discromatopsia. Esse passo é utilizado para que designers consigam aferir a acessibilidade de websites (FOTI; SANTUCCI, 2009). A Figura 1 ilustra o módulo para um usuário portador de Protanopia. Pode-se observar dois conjuntos de *sliders*, que serão utilizados pelo usuário, posicionados abaixo do parâmetro que configuram (na figura sendo A e B, equivalentes aos cones M e S, respectivamente). Cada *slider* está à direita do nome do componente do website ao qual atribui o valor para configuração. Na parte superior do módulo está qual o tipo de discromatopsia que está sendo considerada para a correção, assim como um botão para resetar o tipo e refazer o teste. Abaixo disso fica a amostra de website com uma amostra de cada componente. O módulo foi demonstrado na Handymatica (2008) na Itália, com uma recepção positiva.

Excluído: re

Excluído: como

Excluído: esse

Figura 5. Módulo na plataforma Vis-A-Wis



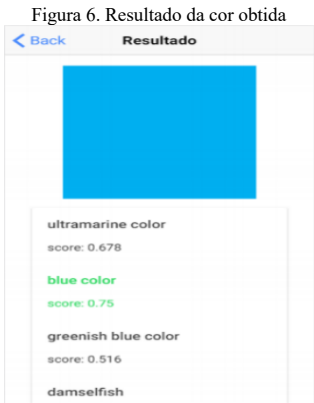
Fonte: Foti e Santucci (2009)

2.2 MODELO COMPUTACIONAL PARA AUXÍLIO DE RECONHECIMENTO DE CORES

O trabalho de Mergulhão, Andrade e do Nascimento (2019) relata o desenvolvimento de um aplicativo móvel que ajuda portadores de discromatopsia a identificar cores. Mergulhão, Andrade e do Nascimento (2019) justificam o desenvolvimento do trabalho, pois muitas informações vitais são utilizadas para notificar transeuntes, como por exemplo as cores de alertas de segurança no trabalho. Além de identificar cores, o aplicativo ainda busca diagnosticar o usuário de uma possível discromatopsia presente, através de testes para que ele consiga utilizar o aplicativo adequadamente.

O aplicativo em si foi desenvolvido utilizando o *framework* Ionic que é *open-source* e gera aplicativos nativos móveis, utilizando tecnologias como HyperText Markup Language (HTML), Cascading Style Sheets (CSS) e JavaScript. A identificação de cores foi construída com a linguagem de programação Python e a Application Programming Interface (API) da IBM Watson, com o Visual Recognition.

Inicialmente o usuário utiliza a câmera para tirar uma foto ou seleciona uma da galeria. Em seguida essa imagem é armazenada no aplicativo. O usuário então seleciona a foto para que esta seja escaneada. Após o *scan*, o resultado é exibido para o usuário, que pode utilizar a informação para melhor identificar avisos e afins no ambiente de trabalho. Na Figura 2 pode-se observar o resultado do *scan* na forma como é apresentado ao usuário, com a descrição da cor destacada em relação a outras opções consideradas (na imagem, o resultado é “blue color”).



Fonte: Mergulhão, Andrade e Do Nascimento (2019)

2.3 IMAGE RECOLORIZATION FOR THE COLORBLIND

Huang *et al.* (2009) propõem um novo modo de adequar imagens a portadores de discromatopsia através da mudança de cores, priorizando o contraste. O trabalho introduz a discromatopsia e explica como afeta o mecanismo pelo qual seres humanos percebem cores. Com esse contexto, expõe que medidas têm sido tomadas para que daltônicos tenham mais acessibilidade em relação a imagens, os quais classifica em dois tipos.

O primeiro tipo são ferramentas voltadas para ajudar designers a estabelecerem paletas de cores que funcionem também para indivíduos com discromatopsia. Essas ferramentas normalmente simulam a distorção na percepção da discromatopsia e dessa forma sinalizam se houve alguma perda de informação com a escolha de cores. Entretanto, é ressaltado que esse método ainda acarreta um grande esforço para que seja feita a adaptação.

O segundo tipo são ferramentas semiautomáticas de ajuste de cores para a visão de um daltônico. Essas ferramentas utilizam alguns parâmetros, com valores normalmente fornecidos por usuários, para que ocorra o ajuste. O objetivo desse tipo de ferramenta é manter o contraste entre objetos na imagem e o fazem selecionando cores-chave através de amostragem e realizando o ajuste baseado na distância euclidiana entre elas. Contudo, isso pode ocasionar dois tipos de problema: ou as cores não ficam suficientemente diferenciadas, por terem sido selecionadas poucas cores-chave; ou resultar em imagens não-naturais, em que uma mesma cor de um objeto pode ser representada por cores muito discrepantes, a ponto de surgirem novos artefatos na imagem.

A solução proposta pelos autores Huang *et al.* (2009) descarta a escolha de cores-chave por amostragem, utilizando em vez disso um Modelo de Mistura Gaussianas (MMG), em que o centro de cada gaussiano é análogo a uma cor-chave. Essa mudança acarreta mudanças de todas as etapas do processo de ajuste, incluindo a adição de pesos às cores de acordo com sua importância para pessoas com discromatopsia.

Como resultado, os autores Huang *et al.* (2009) viram um significativo avanço em termos de performance em relação a trabalhos anteriores. Na Figura 3 é possível observar os resultados do novo algoritmo. Cada fileira

Excluído: à

Excluído: à

Excluído: re

Excluído: re

Excluído: re

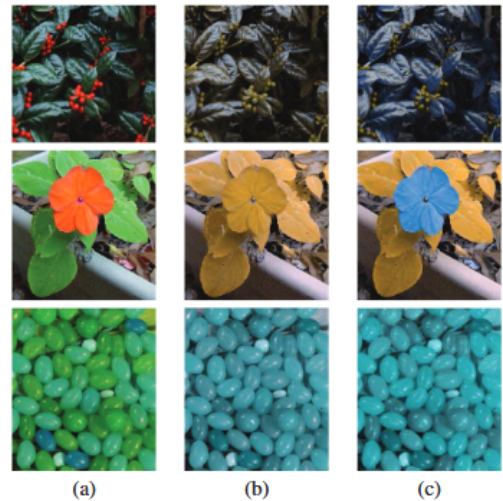
Excluído: à

Excluído: re

Excluído: à

corresponde a um tipo de dicromacia: a primeira à protanopia; a segunda à deuteranopia; a terceira à tritanopia. A Figura 3 (a) são as imagens originais, a coluna central (b) são simulações da visão de um daltônico, a última coluna (c) são os resultados do algoritmo. É possível observar que o contraste entre as cores se manteve e as imagens são naturais, sem artefatos ou luminosidades estranhas.

Figura 3. Resultados do reajuste.



Fonte: Huang *et al.* (2009)

3 PROPOSTA DO SOFTWARE

Nesse capítulo é descrita a justificativa para a elaboração deste trabalho, seus principais requisitos e qual a metodologia a ser utilizada.

3.1 JUSTIFICATIVA

No Quadro 1 é apresentado um comparativo entre os trabalhos correlatos baseado nas características deles. As colunas representam os trabalhos e as linhas as características.

Quadro 3 - Comparativo de todos os trabalhos correlatos

Trabalhos Correlatos Características	Foti e Santucci (2009)	Mergulhão, Andrade e Do Nascimento (2019)	Huang et al. (2009)
Plataforma	Vis-A-Wis	Mobile (Ionic)	C++
Teste para determinação de tipo de discromatopsia	Sim	Não	Não
Ajuste de cores	Sim	Não	Sim
Métricas-alvo	Sim	Não	Não
Identificação de cores	Não	Sim	Não

Fonte: elaborado pelo autor

Pode-se observar que cada um dos trabalhos possuem uma plataforma diferente, porém somente duas plataformas possuem interface de interação direta com o usuário. Tanto Foti e Santucci (2009) quanto Huang *et al.* (2009) propuseram soluções que possuem interação direta com o usuário, deixando sob ação do mesmo o ajuste em usabilidade. Huang *et al.* (2009) por sua vez utilizou sua plataforma exclusivamente para processar seu algoritmo e comprovar seus resultados.

Somente Foti e Santucci (2009) utilizam métricas como alvo no seu trabalho, talvez por serem o único que trata explicitamente de texto e legibilidade de sites. A métrica utilizada é o contraste de cores, porém por se tratar de um público-alvo com anomalias na percepção delas é proposto uma nova forma de calcular o contraste. Apesar de terem o contraste como um ponto importante, Huang *et al.* (2009) não tem como alvo um número específico o qual é necessário atingir para que as imagens sejam “legíveis”.

Excluído: Rea

Excluído: agência

Excluído: re

O segundo trabalho (Mergulhão, Andrade e do Nascimento, 2019), não opera com contrastes, sendo o único trabalho que tem como principal meio de acessibilidade a identificação de cores. O trabalho de Foti e Santucci (2009) é o único que possui teste para determinar o tipo de discromatopsia do usuário.

Ambos Foti e Santucci (2009) e Huang *et al.* (2009) propõem a alteração das próprias cores como meio de aumentar a acessibilidade, cores de um website e de imagens, respectivamente. O algoritmo pelo qual atingem esse objetivo também se difere, em que o primeiro trabalho utiliza um espaço LMS e *inputs* do próprio usuário e o segundo propõe uma nova forma de fazê-lo, utilizando MMG de forma automática.

Em vista destas características, conclui-se que nenhum deles supre a necessidade de melhorar a acessibilidade para daltônicos em um ambiente Web. Foti e Santucci (2009) tratam de websites em seus trabalhos, porém no contexto da plataforma Vis-A-Wis. Isto torna este trabalho relevante socialmente, uma vez que se propõe a melhorar a acessibilidade de cerca de 4% a 5% da população mundial, os portadores de discromatopsia, a websites. Estes usuários não precisarão ter pleno conhecimento de sua condição, uma vez que este trabalho propõe ter uma forma de diagnosticar seu tipo específico de discromatopsia. Diferentemente dos trabalhos discutidos, será desenvolvido uma extensão de navegador web para que o usuário consiga utilizar com qualquer website acessado pelo navegador e em qualquer dispositivo que contenha o navegador, sendo esta a contribuição tecnológica. Este trabalho também irá seguir métricas de contraste para manter-se dentro do padrão esperado para websites, de modo a aplicar também as diretrizes de acessibilidade em uma extensão para navegador, sendo estas as contribuições científicas.

3.2 REQUISITOS PRINCIPAIS DO PROBLEMA A SER TRABALHADO

A extensão de navegador que este trabalho descreve deverá:

- permitir ao usuário identificar seu tipo de discromatopsia (Requisito Funcional – RF);
- adequar as cores de um website de acordo com cada tipo de discromatopsia (RF);
- permitir ao usuário selecionar quanta correção deve ser aplicada (RF);
- permitir ao usuário acionar e desativar a correção (RF);
- manter o contraste de cores de acordo com diretrizes de acessibilidade da WCAG (RF);
- ser desenvolvido como uma extensão para utilização no navegador Google Chrome (Requisito Não Funcional – RNF);
- utilizar JavaScript ou um *superset* do mesmo (RNF).

3.3 METODOLOGIA

O trabalho será desenvolvido observando as seguintes etapas:

- levantamento bibliográfico: realizar levantamento bibliográfico sobre discromatopsia, acessibilidade no ambiente web e algoritmos de reajuste de cores;
- elicitación de requisitos: utilizando informações da etapa anterior, assim como os trabalhos correlatos, reavaliar os requisitos propostos e se necessário especificar requisitos adicionais;
- especificação de análise: elaboração dos diagramas de casos de uso e classe seguindo a Unified Modeling Language (UML);
- implementação: utilizando o resultado da etapa anterior, implementar a extensão do navegador web Google Chrome e disponibilizar na sua Web Store;
- testes: elaborar testes para validar o aumento de acessibilidade proveniente da extensão junto a portadores de discromatopsia, comparando a navegação de websites com e sem a extensão.

As etapas serão realizadas nos períodos relacionados no Quadro .

Quadro 2 - Cronograma

etapas / quinzenas	Ano 2022									
	fev.		mar.		abr.		mai.		jun.	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
levantamento bibliográfico										
elicitación de requisitos										
especificação e análise										
implementação										
testes										

Fonte: elaborado pelo autor.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo descreve de forma breve os assuntos que fundamentarão o estudo a ser realizado: discromatopsia e correção de cores para portadores de discromatopsia.

Discromatopsia é uma perturbação na percepção das cores, associada a uma anomalia nas células denominadas cones que se encontram presentes nos olhos (CHAN; GOH; TAN, 2014). Segundo Spalding (1999)

Excluído: , sendo o de

Excluído: (

Excluído: ,

Excluído: trabalha

Excluído: à

Comentado [MH5]: Não fica claro se irá atuar em textos e imagens, ou seja, o ajuste de cores ocorrerá tanto nos elementos textuais do website quanto nas imagens inseridas.

Comentado [MH6]: Uma curiosidade: a extensão exibirá seu conteúdo ajustado na própria página aberta ou ela irá abrir uma nova guia ou janela com o resultado ajustado?

Excluído: →

Excluído: provindo

Excluído: juntamente com

Comentado [MH7]: Já poderia ter falado das medidas de acessibilidade WCAG.

Excluído: à

cerca de 8% dos homens e 0,4% das mulheres são portadores de discromatopsia congênita. Pessoas no geral também não tem consciência das dificuldades enfrentadas por daltônicos (SPALDING, 1999).

Não existe hoje cura para o daltonismo, porém existem medidas que ajudam na percepção de cores para daltônicos, que buscam compensar pelas cores faltantes (NEI, 2019). Algumas dessas medidas incluem lentes especialmente feitas para esse propósito, porém se o objeto visualizado puder ser alterado computacionalmente (como uma foto, vídeo ou interface) existem algoritmos para fazê-lo. O algoritmo descrito por Foti e Santucci (2009) que objetiva um espaço LMS reduzido é um deles, outro sendo o proposto por Huang *et al.* (2009) que utiliza um Modelo de Mistura Gaussianas.

REFERÊNCIAS

- CHAN, Xin Bei V.; GOH, Shi Min S.; TAN, Ngai Chuan. Subjects with colour vision deficiency in the community: what do primary care physicians need to know?. *Asia Pacific Family Medicine*, v. 13, n. 1, p. 1-10, 2014.
- DATABASE, Color And Vision. **Color And Vision Database**. [2008?]. Disponível em: <http://www.cvrl.org>.
- FOTI, Antonella; SANTUCCI, Giuseppe. Increasing Web accessibility through an assisted color specification interface for colorblind people. *IxD&A*, v. 5, p. 41-48, 2009.
- HANDYMATICA. **Handymatica**. Disponível em: <https://www.handimatica.com/>. Acesso em: 27 set. 2021.
- HUANG, Jia-Bin et al. Image recolorization for the colorblind. In: **2009 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing**. IEEE, 2009. p. 1161-1164.
- IBGE (Org.). **Conheça o Brasil** - População: Pessoas com deficiência. [2017?]. Disponível em: <https://educa.ibge.gov.br/jovens/conheca-o-brasil/populacao/20551-pessoas-com-deficiencia.html>. Acesso em: 28 nov. 2020.
- ISHIHARA, Shinobu. **Test for colour-blindness**. Tokyo, Japan: Kanehara, 1987.
- NEI. **Color Blindness**. Disponível em: <https://www.nei.nih.gov/learn-about-eye-health/eye-conditions-and-diseases/color-blindness>. Acesso em: 27 set. 2021.
- MERGULHÃO, E. W. T.; ANDRADE, S. H. M. S.; DO NASCIMENTO, J. O. Um modelo computacional baseado em redes neurais artificiais para auxiliar o reconhecimento de cores por portadores de daltonismo. *Blucher Physics Proceedings*, v. 6, n. 1, p. 61-66, 2019.
- MERIN, Saul. **Inherited Eye Diseases: diagnosis and management**. 2. ed. Boca Raton: Crc Press, 2005.
- SPALDING, J. A. Colour vision deficiency in the medical profession. *British journal of general practice*, v. 49, n. 443, p. 469-475, 1999.
- W3C. **Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.0**. 2008. Disponível em: <https://www.w3.org/TR/2008/REC-WCAG20-20081211/>. Acesso em: 26 set. 2021.

FORMULÁRIO DE AVALIAÇÃO – PROFESSOR AVALIADOR

Avaliador(a): **Marcel Hugo**

Atenção: quando o avaliador marcar algum item como atende parcialmente ou não atende, deve obrigatoriamente indicar os motivos no texto, para que o aluno saiba o porquê da avaliação.

ASPECTOS AVALIADOS ¹		Atende	atende parcialmente	não atende
ASPECTOS TÉCNICOS	1. INTRODUÇÃO O tema de pesquisa está devidamente contextualizado/delimitado?	X		
	O problema está claramente formulado?	X		
	2. OBJETIVOS O objetivo principal está claramente definido e é passível de ser alcançado?	X		
	Os objetivos específicos são coerentes com o objetivo principal?		X	
	3. TRABALHOS CORRELATOS São apresentados trabalhos correlatos, bem como descritas as principais funcionalidades e os pontos fortes e fracos?	X		
	4. JUSTIFICATIVA Foi apresentado e discutido um quadro relacionando os trabalhos correlatos e suas principais funcionalidades com a proposta apresentada?	X		
	São apresentados argumentos científicos, técnicos ou metodológicos que justificam a proposta?	X		
	São apresentadas as contribuições teóricas, práticas ou sociais que justificam a proposta?		X	
	5. REQUISITOS PRINCIPAIS DO PROBLEMA A SER TRABALHADO Os requisitos funcionais e não funcionais foram claramente descritos?	X		
	6. METODOLOGIA Foram relacionadas todas as etapas necessárias para o desenvolvimento do TCC?	X		
ASPECTOS METODOLÓGICOS	Os métodos, recursos e o cronograma estão devidamente apresentados e são compatíveis com a metodologia proposta?	X		
	7. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA (atenção para a diferença de conteúdo entre projeto e pré-projeto) Os assuntos apresentados são suficientes e têm relação com o tema do TCC?		X	
	As referências contemplam adequadamente os assuntos abordados (são indicadas obras atualizadas e as mais importantes da área)?	X		
	8. LINGUAGEM USADA (redação) O texto completo é coerente e redigido corretamente em língua portuguesa, usando linguagem formal/científica?	X		
	A exposição do assunto é ordenada (as ideias estão bem encadeadas e a linguagem utilizada é clara)?	X		



UNIVERSIDADE REGIONAL DE BLUMENAU
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS
DISCIPLINA: TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO I
CURSO: CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO - BCC

ATA DA DEFESA: BANCA DO PRÉ-PROJETO

Venho, por meio deste, manifestar minha avaliação sobre a **apresentação** do Pré-Projeto de TCC

realizado pelo(a) acadêmico(a), Otavio Augusto Passos Coelho no **SEGUNDO SEMESTRE DE 2021**, com o título FACILITANDO ACESSIBILIDADE DE DALTÔNICOS NA NAVEGAÇÃO WEB, sob orientação do prof(a). Luciana Pereira de Araújo Kohler.

A referida apresentação obteve a seguinte nota:

Componente da Banca	Nota (de 0 a 10)
Professor(a) Avaliador(a): Marcel Hugo	9,5

ATENÇÃO. A nota acima se refere somente a apresentação do pré-projeto e vai ser repassada para o aluno (orientando). Favor preencher os campos acima e enviar por e-mail ao professor de TCC1 (dalton@furb.br). Não passar o arquivo com as anotações da revisão já enviado ao professor de TCC1 para o orientando e nem para o professor orientador. Após o professor de TCC1 receber esta ata preenchida, o professor de TCC1 vai disponibilizar para o orientando/orientador os arquivos com as revisões. Caso julgue necessário fazer mais alguma consideração relacionada ao pré-projeto ou a defesa, favor usar o espaço abaixo.

Observações da apresentação:

CURSO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO – TCC		
(X) PRÉ-PROJETO	() PROJETO	ANO/SEMESTRE: 2021/2

FACILITANDO A ACESSIBILIDADE DE DALTÔNICOS NA NAVEGAÇÃO WEB

Otávio Augusto Passos Coelho

Prof. Luciana Pereira de Araújo Kohler – Orientadora

1 INTRODUÇÃO

Existem no Brasil mais de 45 milhões de pessoas portadoras de alguma deficiência (IBGE, 2017). Ainda segundo o IBGE (2017), da população total do Brasil, 18,8% possuem alguma dificuldade para enxergar. No cenário atual em que qualquer pessoa virtualmente necessita de acesso à internet para exercer plenamente seus direitos essas pessoas estão em desvantagem. Sabe-se que é comum que o acesso à educação, informação e ferramentas de trabalho sejam através de websites, que tem como principal meio de interação uma interface visual e na qual estão dispostas informações essenciais. Sem ferramentas adequadas, uma interface dessas torna-se excludente em relação aos deficientes visuais.

Frente a isso, iniciativas surgiram com a finalidade de melhorar o nível de acessibilidade presente na internet. Ações como a criação da Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) (W3C, 2008) que explicita diretrizes e recomendações para a criação de uma Web mais inclusiva.

Apesar de afetar em torno de 4,5% da população, a discromatopsia, conhecida popularmente como daltonismo, se encontra ausente tanto nas considerações da WCAG, quanto nas pesquisas do IBGE. Discromatopsia é uma anomalia que se manifesta na incapacidade de perceber todas as cores. Ela está associada ao cromossomo X, e por isso possui uma incidência muito maior na população masculina (em torno de 8%) do que na feminina (menos de 1%) (SPALDING, 1999).

Um ser humano que não possui discromatopsia e que enxerga cores normalmente possui nos olhos três tipos de cones que são células capazes de reconhecer cores. Essas células funcionam reagindo a uma faixa específica de comprimento de onda, cada uma responsável por uma cor. O primeiro tipo, denominada de *Large* (L) reage a comprimentos de ondas de 564 a 580 nanômetros, sendo responsável pela cor vermelha. O segundo tipo, responsável pela cor verde, atua em comprimentos de onda de 534 a 545 nanômetros e é denominado *Medium* (M). O terceiro tipo, *Short* (S), reage de 420 a 440 nanômetros e é responsável pela cor azul (COLOR; VISION DATABASE, 2008 *apud* FOTI; SANTUCCI, 2009).

Existem diversos tipos de discromatopsia que podem ser classificados em três grupos: monocrômias, em que apenas percebe-se níveis de luminosidade, resultando em uma visão “preto e branco”; dicromacias e tricromacias anômalas, que se caracterizam pela ausência de algum tipo de cone ou uma anomalia no mesmo, respectivamente (MERIN, 2005).

Anomalias, ou ausência, podem ocorrer em cada tipo de cone. A forma mais comum, ocorre em 5% dos homens e 1% nas mulheres, é a Deuteranopia, que ocorre nos cones tipo M, sendo sua ausência denominada Deuteranopia, e resulta em dificuldade na distinção de vermelho/verde e roxo/azul. Protanopia é quando a anomalia se encontra nos cones tipo L, e dificulta a distinção de azul/verde e vermelho/verde, e total ausência desses cones é denominada Protanopia. Anomalias nos cones tipo S são a forma mais rara, afetando cerca de 0,01% da população (MERIN, 2005).

O que isso essencialmente acarreta para pessoas portadores de discromatopsia é uma dificuldade na leitura e interação de websites, que muitas vezes podem ter informações e ações invisíveis para o daltônico por serem fornecidas com um contraste de duas cores que para o daltônico são a mesma cor. Dessa forma, salvo a utilização de ferramentas que podem não atender plenamente o grau específico de discromatopsia, daltônicos têm sido excluídos de acesso a informações presentes na internet de forma arbitrária, por não conseguir distinguir a informação de seu contexto visual.

Diante deste cenário, este trabalho propõe uma solução para a adequação de sites de forma a atenderem usuários portadores de discromatopsia, garantindo a eles acesso à informação de toda a página web a ser utilizada.

1.1 OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é disponibilizar uma extensão para navegador web para a acessibilidade de portadores de discromatopsia na navegação de websites.

Comentado [DSdR8]: ACESSIBILIDADE

Comentado [DSdR9]: Profa.

Comentado [DSdR10]: Remover ponto.

Comentado [DSdR11]: Não itálico.

Os objetivos específicos são:

- possibilitar que as pessoas com as três diferentes formas de discromatopsia tenham acesso a todo o conteúdo das páginas;
- tornar a solução acessível, utilizando as diretrizes de acessibilidade para web.

Comentado [DSdR12]: Mais para frente no texto comenta "ter uma forma de diagnosticar seu tipo específico de discromatopsia"
Não seria mais um objetivo específico?

2 TRABALHOS CORRELATOS

Foram selecionados três trabalhos correlatos cuja proposta se assemelha ou se tangencia a este. A seção 2.1 descreve um módulo do Vis-A-Wis que permite pessoas daltônicas selecionarem cores distintas para melhorar a navegação web. A seção 2.2 relata o desenvolvimento de um modelo computacional utilizado em um aplicativo para reconhecimento de cores para auxiliar pessoas com discromatopsia. A seção 2.3 relata um trabalho cujo objetivo é a criação de um algoritmo para re-colorização de imagens, mantendo detalhes visuais para pessoas daltônicas

Comentado [DSdR13]: tangência

2.1 INCREASING WEB ACCESSIBILITY THROUGH AN ASSISTED COLOR SPECIFICATION INTERFACE FOR COLORBLIND PEOPLE

Foti e Santucci (2009) desenvolveram um módulo para o sistema Vis-A-Wis (sistema de acessibilidade para Interfaces Web) cujo propósito é tornar interfaces mais acessíveis para pessoas portadoras de discromatopsia. O módulo alcança este propósito ao deixar que o usuário consiga selecionar cores para diferentes partes da interface, de forma com que se recupere informações que possam ter sido perdidas devido à falta de contraste advinda da discromatopsia.

Antes de especificar como o módulo é utilizado, os autores Foti e Santucci (2009) descrevem as diversas formas de discromatopsia, e de que maneira elas afetam a visão do portador. Para isso, eles explicitam de que forma o distúrbio afeta o organismo, que se traduz em uma ausência de um tipo específico de cones (células responsáveis por reconhecer as cores).

A estratégia proposta no trabalho para a implementação do módulo é primeiramente identificar o tipo de discromatopsia do usuário aplicando o teste Ishihara (ISHIHARA, 1987), uma vez que para o dia a dia a identificação de cores é necessária apenas quando informações são codificadas por cores (como o vermelho e verde em um semáforo de trânsito), resultando em uma descoberta tardia da condição pela maioria dos portadores (FOTI; SANTUCCI, 2009).

Em seguida o usuário seleciona cores para *background*, textos, links e links já visitados, sendo essas informações essenciais para um ambiente Web. Essas cores serão reajustadas segundo as definições do usuário e o mapeamento de cores será feito utilizando um espaço tridimensional LMS reduzido, que representa as cores de cada tipo de cone (*Long*, *Medium* e *Short*), com valores fixos para cores não percebidas pelo usuário.

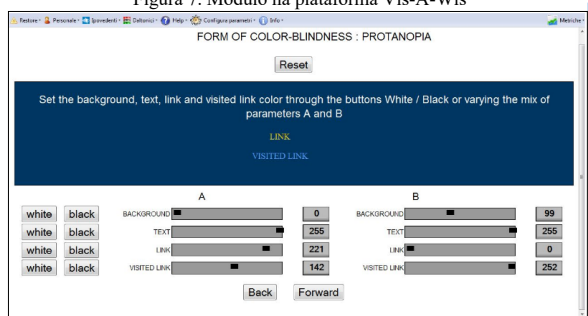
Comentado [DSdR14]: Não itálico.

Comentado [DSdR15]: ajustadas

O último passo é a simulação do distúrbio na percepção de cores para pessoas sem discromatopsia. Esse passo é utilizado para que designers consigam aferir a acessibilidade de websites (FOTI; SANTUCCI, 2009). A Figura 1 ilustra como o módulo para esse usuário portador de Protanopia. Pode-se observar dois conjuntos de *sliders*, que serão utilizados pelo usuário, posicionados abaixo do parâmetro que configuram (na figura sendo A e B, equivalentes aos cones M e S, respectivamente). Cada *slider* está à direita do nome do componente do website ao qual atribui o valor para configuração. Na parte superior do módulo está qual o tipo de discromatopsia que está sendo considerada para a correção, assim como um botão para resetar o tipo e refazer o teste. Abaixo disso fica a amostra de website com uma amostra de cada componente. O módulo foi demonstrado na Handymatica (2008) na Itália, com uma recepção positiva.

Comentado [DSdR16]: como é apresentado este módulo

Figura 7. Módulo na plataforma Vis-A-Wis



Fonte: Foti e Santucci (2009)

Comentado [DSdR17]: Caráter perdido.

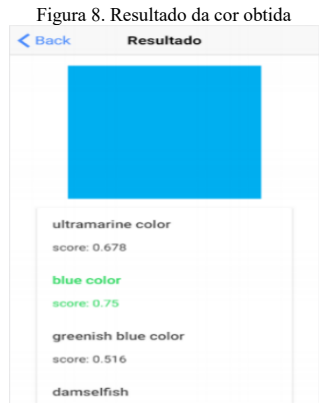
Comentado [DSdR18]: Inserir ponto final.

2.2 MODELO COMPUTACIONAL PARA AUXÍLIO DE RECONHECIMENTO DE CORES

O trabalho de Mergulhão, Andrade e do Nascimento (2019) relata o desenvolvimento de um aplicativo móvel que ajuda portadores de discromatopsia a identificar cores. Mergulhão, Andrade e do Nascimento (2019) justificam o desenvolvimento do trabalho, pois muitas informações vitais são utilizadas para notificar transeuntes, como por exemplo as cores de alertas de segurança no trabalho. Além de identificar cores, o aplicativo ainda busca diagnosticar o usuário de uma possível discromatopsia presente, através de testes para que ele consiga utilizar o aplicativo adequadamente.

O aplicativo em si foi desenvolvido utilizando o *framework* Ionic que é *open-source* e gera aplicativos nativos móveis, utilizando tecnologias como HyperText Markup Language (HTML), Cascading Style Sheets (CSS) e JavaScript. A identificação de cores foi construída com a linguagem de programação Python e a Application Programming Interface (API) da IBM Watson, com o Visual Recognition.

Inicialmente o usuário utiliza a câmera para tirar uma foto ou seleciona uma da galeria. Em seguida essa imagem é armazenada no aplicativo. O usuário então seleciona a foto para que esta seja escaneada. Após o *scan*, o resultado é exibido para o usuário, que pode utilizar a informação para melhor identificar avisos e afins no ambiente de trabalho. Na Figura 2 pode-se observar o resultado do *scan* na forma como é apresentado ao usuário, com a descrição da cor destacada em relação a outras opções consideradas (na imagem, o resultado é “blue color”).



Fonte: Mergulhão, Andrade e Do Nascimento (2019)

2.3 IMAGE RECOLORIZATION FOR THE COLORBLIND

Huang *et al.* (2009) propõem um novo modo de adequar imagens a portadores de discromatopsia através da mudança de cores, priorizando o contraste. O trabalho introduz a discromatopsia e explica como afeta o mecanismo pelo qual seres humanos percebem cores. Com esse contexto, expõe que medidas têm sido tomadas para que daltônicos tenham mais acessibilidade em relação a imagens, os quais classifica em dois tipos.

O primeiro tipo são ferramentas voltadas para ajudar designers a estabelecerem paletas de cores que funcionem também para indivíduos com discromatopsia. Essas ferramentas normalmente simulam a distorção na percepção da discromatopsia e dessa forma sinalizam se houve alguma perda de informação com a escolha de cores. Entretanto, é ressaltado que esse método ainda acarreta um grande esforço para que seja feita a adaptação.

O segundo tipo são ferramentas semiautomáticas de *reajuste* de cores para a visão de um daltônico. Essas ferramentas utilizam alguns parâmetros, com valores normalmente fornecidos por usuários, para que ocorra o *reajuste*. O objetivo desse tipo de ferramenta é manter o contraste entre objetos na imagem e o fazem selecionando cores-chave através de amostragem e realizando o *reajuste* baseado na distância euclidiana entre elas. Contudo, isso pode ocasionar dois tipos de problema: ou as cores não ficam suficientemente diferenciadas, por terem sido selecionadas poucas cores-chave; ou resultar em imagens não-naturais, em que uma mesma cor de um objeto pode ser representada por cores muito discrepantes, a ponto de surgirem novos artefatos na imagem.

A solução proposta pelos autores Huang *et al.* (2009) descarta a escolha de cores-chave por amostragem, utilizando em vez disso um Modelo de Mistura Gaussianas (MMG), em que o centro de cada gaussiano é análogo à uma cor-chave. Essa mudança acarreta mudanças de todas as etapas do processo de *reajuste*, incluindo a adição de pesos às cores de acordo com sua importância para pessoas com discromatopsia.

Como resultado, os autores Huang *et al.* (2009) viram um significativo avanço em termos de performance em relação à trabalhos anteriores. Na Figura 3 é possível observar os resultados do novo algoritmo. Cada fileira

Comentado [DSdR19]: processada. "escaneada" é para quando a imagem é obtida pelo scanner.

Comentado [DSdR20]: o processamento o resultado

Comentado [DSdR21]: do processamento na

Comentado [DSdR22]: a

Comentado [DSdR23]: Inserir ponto final.

Comentado [DSdR24]: a

Comentado [DSdR25]: ajuste

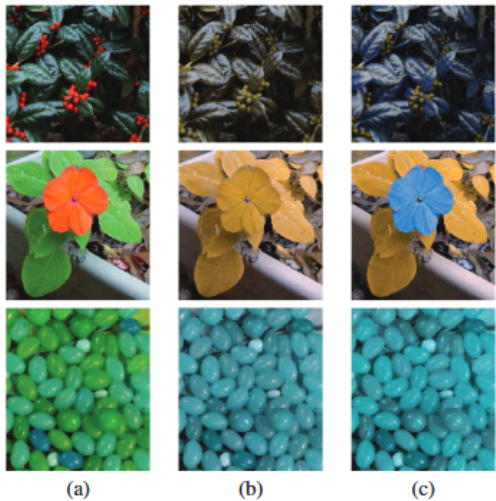
Comentado [DSdR26]: ajuste

Comentado [DSdR27]: ajuste

Comentado [DSdR28]: ajuste

corresponde a um tipo de dicromacia: a primeira à protanopia; a segunda à deuteranopia; a terceira à tritanopia. A Figura 3 (a) são as imagens originais, a coluna central (b) são simulações da visão de um daltônico, a última coluna (c) são os resultados do algoritmo. É possível observar que o contraste entre as cores se manteve e as imagens são naturais, sem artefatos ou luminosidades estranhas.

Figura 3. Resultados do reajuste.



Fonte: Huang *et al.* (2009)

3 PROPOSTA DO SOFTWARE

Nesse capítulo é descrita a justificativa para a elaboração deste trabalho, seus principais requisitos e qual a metodologia a ser utilizada.

3.1 JUSTIFICATIVA

No Quadro 1 é apresentado um comparativo entre os trabalhos correlatos baseado nas características deles. As colunas representam os trabalhos e as linhas as características.

Quadro 4 - Comparativo de todos os trabalhos correlatos

Trabalhos Correlatos Características	Foti e Santucci (2009)	Mergulhão, Andrade e Do Nascimento (2019)	Huang et al. (2009)
Plataforma	Vis-A-Wis	Mobile (Ionic)	C++
Teste para determinação de tipo de discromatopsia	Sim	Não	Não
Reajuste de cores	Sim	Não	Sim
Métricas-alvo	Sim	Não	Não
Identificação de cores	Não	Sim	Não

Fonte: elaborado pelo autor

Pode-se observar que cada um dos trabalhos possuem uma plataforma diferente, porém somente duas plataformas possuem interface de interação direta com o usuário. Tanto Foti e Santucci (2009) quanto Huang *et al.* (2009) propuseram soluções que possuem interação direta com o usuário, deixando sob agência do mesmo o reajuste em usabilidade. Huang *et al.* (2009) por sua vez utilizou sua plataforma exclusivamente para processar seu algoritmo e comprovar seus resultados.

Somente Foti e Santucci (2009) utilizam métricas como alvo no seu trabalho, talvez por serem o único que trata explicitamente de texto e legibilidade de sites. A métrica utilizada é o contraste de cores, porém por se tratar de um público-alvo com anomalias na percepção delas é proposto uma nova forma de calcular o contraste. Apesar de terem o contraste como um ponto importante, Huang *et al.* (2009) não tem como alvo um número específico o qual é necessário atingir para que as imagens sejam “legíveis”.

Comentado [DSdR29]: Borda envolta da figura.

Comentado [DSdR30]: Remover ponto final.

Comentado [DSdR31]: Inserir ponto final.

Comentado [DSdR32]: Nessa seção

Comentado [DSdR33]: Móvel

Comentado [DSdR34]: Ajuste

Comentado [DSdR35]: Inserir ponto final.

Comentado [DSdR36]: ação

Comentado [DSdR37]: ajuste

O segundo trabalho, sendo o de Mergulhão, Andrade e do Nascimento (2019), não trabalha com contrastes, sendo o único trabalho que tem como principal meio de acessibilidade a identificação de cores. O trabalho de Foti e Santucci (2009) é o único que possui teste para determinar o tipo de discromatopsia do usuário.

Ambos Foti e Santucci (2009) e Huang *et al.* (2009) propõem a alteração das próprias cores como meio de aumentar a acessibilidade, cores de um website e de imagens, respectivamente. O algoritmo pelo qual atingem esse objetivo também se difere, em que o primeiro trabalho utiliza um espaço LMS e *inputs* do próprio usuário e o segundo propõe uma nova forma de fazê-lo, utilizando MMG de forma automática.

Em vista destas características, conclui-se que nenhum deles supre a necessidade de melhorar a acessibilidade para daltônicos em um ambiente Web. Foti e Santucci (2009) tratam de websites em seus trabalhos, porém no contexto da plataforma Vis-A-Wis. Isto torna este trabalho relevante socialmente, uma vez que se propõe a melhorar a acessibilidade de cerca de 4% a 5% da população mundial, os portadores de discromatopsia, à websites. Estes usuários não precisarão ter pleno conhecimento de sua condição, uma vez que este trabalho propõe ter uma forma de diagnosticar seu tipo específico de discromatopsia. Diferentemente dos trabalhos discutidos, será desenvolvido uma extensão de navegador web para que o usuário consiga utilizar com qualquer website acessado pelo navegador e em qualquer dispositivo que contenha o navegador, sendo esta a contribuição tecnológica. Este trabalho também irá seguir métricas de contraste para manter-se dentro do padrão esperado para websites, de modo a aplicar também as diretrizes de acessibilidade em uma extensão para navegador, sendo estas as contribuições científicas.

3.2 REQUISITOS PRINCIPAIS DO PROBLEMA A SER TRABALHADO

A extensão de navegador que este trabalho descreve deverá:

- permitir ao usuário identificar seu tipo de discromatopsia (Requisito Funcional – RF);
- adequar as cores de um website de acordo com cada tipo de discromatopsia (RF);
- permitir ao usuário selecionar quanta correção deve ser aplicada (RF);
- permitir ao usuário acionar e desativar a correção (RF);
- manter o contraste de cores de acordo com diretrizes de acessibilidade da WCAG (RF);
- ser desenvolvido como uma extensão para utilização no navegador Google Chrome (Requisito Não Funcional – RNF);
- utilizar JavaScript ou um *superset* do mesmo (RNF).

3.3 METODOLOGIA

O trabalho será desenvolvido observando as seguintes etapas:

- levantamento bibliográfico: realizar levantamento bibliográfico sobre discromatopsia, acessibilidade no ambiente web e algoritmos de reajuste de cores;
- elaboração de requisitos: utilizando informações da etapa anterior, assim como os trabalhos correlatos, reavaliar os requisitos propostos e se necessário especificar requisitos adicionais;
- especificação de análise: elaboração dos diagramas de casos de uso e classe seguindo a Unified Modeling Language (UML);
- implementação: utilizando o resultado da etapa anterior, implementar a extensão do navegador web Google Chrome e disponibilizar na sua Web Store;
- testes: elaborar testes para validar o aumento de acessibilidade provindo da extensão juntamente com portadores de discromatopsia, comparando a navegação de websites com e sem a extensão.

As etapas serão realizadas nos períodos relacionados no Quadro 2.

Quadro 2 - Cronograma

etapas / quinzenas	Ano 2022									
	fev.		mar.		abr.		mai.		jun.	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
levantamento bibliográfico										
elaboração de requisitos										
especificação de análise										
implementação										
testes										

Fonte: elaborado pelo autor.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo descreve de forma breve os assuntos que fundamentarão o estudo a ser realizado: discromatopsia e correção de cores para portadores de discromatopsia.

Discromatopsia é uma perturbação na percepção das cores, associada a uma anomalia nas células denominadas cones que se encontram presentes nos olhos (CHAN; GOH; TAN, 2014). Segundo Spalding (1999)

Comentado [DSdR38]: Não sei se “respectivamente” faz sentido nesta frase.

Comentado [DSdR39]: entradas

Comentado [DSdR40]: usuário; e

Comentado [DSdR41]: Arrumar alinhamento margem.

Comentado [DSdR42]: Qual ferramenta vai usar para fazer a especificação?

Comentado [DSdR43]: Arrumar referência cruzada.

Comentado [DSdR44]: Remover.

Comentado [DSdR45]: maio

Comentado [DSdR46]: Acrescentar sobre medidas de acessibilidade WCAG.

Comentado [DSdR47]: Esta seção

cerca de 8% dos homens e 0,4% das mulheres são portadores de discromatopsia congênita. Pessoas no geral também não tem consciência das dificuldades enfrentadas por daltônicos (SPALDING, 1999).

Não existe hoje cura para o daltonismo, porém existem medidas que ajudam na percepção de cores para daltônicos, que buscam compensar pelas cores faltantes (NEL, 2019). Algumas dessas medidas incluem lentes especialmente feitas para esse propósito, porém se o objeto visualizado puder ser alterado computacionalmente (como uma foto, vídeo ou interface) existem algoritmos para fazê-lo. O algoritmo descrito por Foti e Santucci (2009) que objetiva um espaço LMS reduzido é um deles, outro sendo o proposto por Huang *et al.* (2009) que utiliza um Modelo de Mistura Gaussianas.

REFERÊNCIAS

CHAN, Xin Bei V.; GOH, Shi Min S.; TAN, Ngai Chuan. Subjects with colour vision deficiency in the community: what do primary care physicians need to know?. *Asia Pacific Family Medicine*, v. 13, n. 1, p. 1-10, 2014.

DATABASE, Color And Vision. **Color And Vision Database**. [2008?]. Disponível em: <http://www.cvrl.org>.

FOTI, Antonella; SANTUCCI, Giuseppe. Increasing Web accessibility through an assisted color specification interface for colorblind people. *IXD&A*, v. 5, p. 41-48, 2009.

HANDYMATICA. **Handymatica**. Disponível em: <https://www.handimatica.com/>. Acesso em: 27 set. 2021.

HUANG, Jia-Bin et al. Image recolorization for the colorblind. In: **2009 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing**. IEEE, 2009. p. 1161-1164.

IBGE (Org.). **Conheça o Brasil** - População: Pessoas com deficiência. [2017?]. Disponível em: <https://educa.ibge.gov.br/jovens/conheca-o-brasil/populacao/20551-pessoas-com-deficiencia.html>. Acesso em: 28 nov. 2020.

ISHIHARA, Shinobu. **Test for colour-blindness**. Tokyo, Japan: Kanehara, 1987.

NEL. **Color Blindness**. Disponível em: <https://www.nei.nih.gov/learn-about-eye-health/eye-conditions-and-diseases/color-blindness>. Acesso em: 27 set. 2021.

MERGULHÃO, E. W. T.; ANDRADE, S. H. M. S.; DO NASCIMENTO, J. O. Um modelo computacional baseado em redes neurais artificiais para auxiliar o reconhecimento de cores por portadores de daltonismo. *Blucher Physics Proceedings*, v. 6, n. 1, p. 61-66, 2019.

MERIN, Saul. **Inherited Eye Diseases: diagnosis and management**. 2. ed. Boca Raton: Crc Press, 2005.

SPALDING, J. A. Colour vision deficiency in the medical profession. *British journal of general practice*, v. 49, n. 443, p. 469-475, 1999.

W3C. **Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.0**. 2008. Disponível em: <https://www.w3.org/TR/2008/REC-WCAG20-20081211/>. Acesso em: 26 set. 2021.

Comentado [DSdR48]: Espaço em branco após a vírgula.

Comentado [DSdR49]: Falta ano .. 2008.

Comentado [DSdR50]: Ordem alfabética.

Comentado [DSdR51]: Falta o ano 2019.

FORMULÁRIO DE AVALIAÇÃO BCC – PROFESSOR TCC I

Avaliador(a): Dalton Solano dos Reis

ASPECTOS AVALIADOS ¹		atende	atende parcialmente	não atende
ASPECTOS TÉCNICOS	1. INTRODUÇÃO O tema de pesquisa está devidamente contextualizado/delimitado?	X		
	O problema está claramente formulado?	X		
	2. OBJETIVOS O objetivo principal está claramente definido e é passível de ser alcançado?	X		
	Os objetivos específicos são coerentes com o objetivo principal?	X		
	3. JUSTIFICATIVA São apresentados argumentos científicos, técnicos ou metodológicos que justificam a proposta?	X		
ASPECTOS METODOLÓGICOS	São apresentadas as contribuições teóricas, práticas ou sociais que justificam a proposta?	X		
	4. METODOLOGIA Foram relacionadas todas as etapas necessárias para o desenvolvimento do TCC?	X		
	Os métodos, recursos e o cronograma estão devidamente apresentados?	X		
	5. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA (atenção para a diferença de conteúdo entre projeto e pré-projeto) Os assuntos apresentados são suficientes e têm relação com o tema do TCC?		X	
	6. LINGUAGEM USADA (redação) O texto completo é coerente e redigido corretamente em língua portuguesa, usando linguagem formal/científica?	X		
	A exposição do assunto é ordenada (as ideias estão bem encadeadas e a linguagem utilizada é clara)?	X		
	7. ORGANIZAÇÃO E APRESENTAÇÃO GRÁFICA DO TEXTO A organização e apresentação dos capítulos, seções, subseções e parágrafos estão de acordo com o modelo estabelecido?	X		
	8. ILUSTRAÇÕES (figuras, quadros, tabelas) As ilustrações são legíveis e obedecem às normas da ABNT?		X	
	9. REFERÊNCIAS E CITAÇÕES As referências obedecem às normas da ABNT?		X	
	As citações obedecem às normas da ABNT?	X		
	Todos os documentos citados foram referenciados e vice-versa, isto é, as citações e referências são consistentes?	X		

Comentado [DSdR52]: Medidas de acessibilidade WCAG

Comentado [DSdR53]: Indicadas no texto.

Comentado [DSdR54]: Indicadas no texto.



UNIVERSIDADE REGIONAL DE BLUMENAU
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS
DISCIPLINA: TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO I
CURSO: CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO - BCC

ATA DA DEFESA: BANCA DO PRÉ-PROJETO

Venho, por meio deste, manifestar minha avaliação sobre a **apresentação** do Pré-Projeto de TCC realizado pelo(a) acadêmico(a), Otavio Augusto Passos Coelho no **SEGUNDO SEMESTRE DE 2021**, com o título FACILITANDO ACESSIBILIDADE DE DALTÔNICOS NA NAVEGAÇÃO WEB.

A referida apresentação obteve a seguinte nota:

Componente da Banca	Nota (de 0 a 10)
Professor(a) Orientador(a): Luciana Pereira de Araújo Kohler	9,5

A apresentação aconteceu em 21/ 10 / 2021 na sala de reunião virtual do MS-Teams, tendo início às 17:30 hs e foi encerrada às 18:00 hs.

ATENÇÃO. A nota acima se refere somente a apresentação do pré-projeto e vai ser repassada para o aluno (orientando). Favor preencher os campos acima e enviar por e-mail ao professor de TCC1 (dalton@furb.br). Lembro que os arquivos com as anotações das revisões do professor de TCC1 e Avaliador serão enviados para o orientando e professor orientador após o professor de TCC1 receber esta ata preenchida. Caso julgue necessário fazer mais alguma consideração relacionada ao pré-projeto ou a defesa, favor usar o espaço abaixo.

Observações da apresentação:

Minha internet estava um pouco travada, mas consegui acompanhar, só não pude ligar a câmera.
