

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

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.

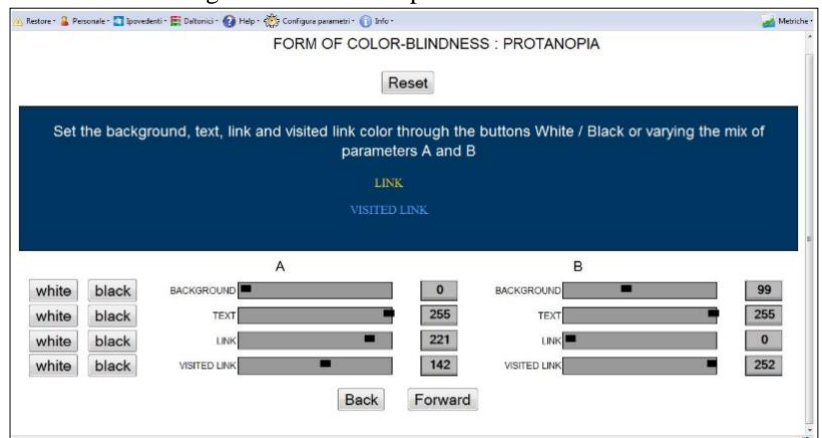
Antes de especificar como o módulo é utilizado, os autores Foti e Santucci (2009) descrevem as diversas formas de discromatopsia, e de que maneira elas afetam a visão do portador. Para isso, eles explicitam de que forma o distúrbio afeta o organismo, que se traduz em uma ausência de um tipo específico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

Figura 1. Módulo na plataforma Vis-A-Wis



Fonte: Foti e Santucci (2009)

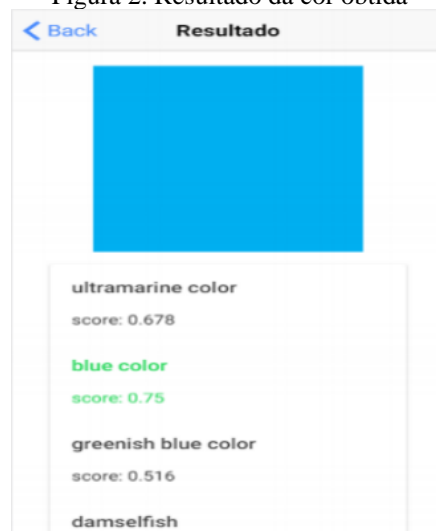
2.2 MODELO COMPUTACIONAL PARA AUXÍLIO DE RECONHECIMENTO DE CORES

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, 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 à outras opções consideradas (na imagem, o resultado é “*blue color*”).

Figura 2. 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 à 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.

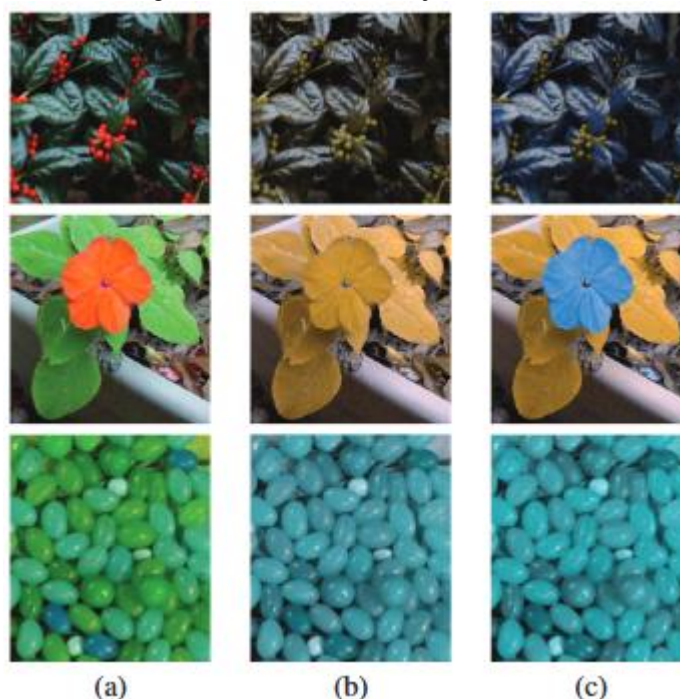
O primeiro tipo são ferramentas voltadas para ajudar designers a estabelecerem paletas de cores que funcionem também para indivíduos com discromatopsia. Essas ferramentas normalmente simulam a distorção na percepção da discromatopsia e dessa forma sinalizam se houve alguma perda de informação com a escolha 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 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 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	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”.

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;
- b) elicitación de requisitos: utilizando informações da etapa anterior, assim como os trabalhos correlatos, reavaliar os requisitos propostos e se necessário especificar requisitos adicionais;
- c) especificação de análise: elaboração dos diagramas de casos de uso e classe seguindo a Unified Modeling Language (UML);
- d) implementação: utilizando o resultado da etapa anterior, implementar a extensão do navegador web Google Chrome e disponibilizar na sua Web Store;
- e) 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 .

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 à 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).

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