

RENAN FURLAN DE OLIVEIRA

**MAPAS DE GUIA DE ROTA EM AUTOMÓVEL PARA
MOTORISTAS COM DEFICIÊNCIA NA VISÃO DE CORES**



Presidente Prudente
2015

RENAN FURLAN DE OLIVEIRA

**MAPAS DE GUIA DE ROTA EM AUTOMÓVEL PARA
MOTORISTAS COM DEFICIÊNCIA NA VISÃO DE CORES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Cartográficas, da Faculdade de Ciências e Tecnologia/UNESP campus de Presidente Prudente/SP, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências Cartográficas.

Linha de Pesquisa: Cartografia Digital, SIG e Análise Espacial.

Orientador: Prof. Dr. Edmur Azevedo Pugliesi
Coorientadora: Profa. Dra. Mônica Modesta Santos Decanini

Presidente Prudente
2015

FICHA CATALOGRÁFICA

O51m Oliveira, Renan Furlan de.
Mapas de guia de rota em automóvel para motoristas com deficiência na
visão de cores / Renan Furlan de Oliveira. - Presidente Prudente : [s.n.], 2015
118 f.

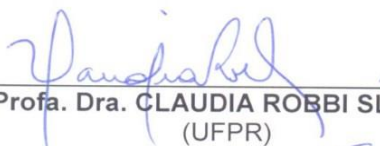
Orientador: Edmur Azevedo Pugliesi
Coorientadora: Mônica Modesta Santos Decanini
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de
Ciências e Tecnologia
Inclui bibliografia

1. Sistema de navegação e guia de rota em automóvel. 2. Representações
cartográficas. 3. Deficiência na visão de cores. 4. Avaliação da preferência. I.
Pugliesi, Edmur Azevedo. II. Decanini, Mônica Modesta Santos. III.
Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências e Tecnologia. IV.
Título.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. EDMUR AZEVEDO PUGLIESI
(ORIENTADOR)



Prof. Dra. CLAUDIA ROBBI SLUTER
(UFPR)



Prof. Dr. SÉRGIO SHEIJI FUKUSIMA
(USP)



RENAN FURLAN DE OLIVEIRA

Presidente Prudente (SP), 26 de fevereiro de 2015.

Resultado: A PROVADO

*“Dedico este trabalho à minha mãe Regina,
ao meu pai Luiz e ao meu irmão Rafael”*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela vida e pelas oportunidades.

À minha família, Mãe, Pai e Rafa, pelo apoio incondicional durante toda a minha caminhada.

Aos meus orientadores Prof. Edmur Pugliesi e Profa. Mônica Decanini pela oportunidade e pela confiança durante a realização deste trabalho.

À doutoranda Ana Paula e ao mestrando Jader pelas inúmeras discussões e colaborações.

Aos colegas e amigos do Programa de Pós-Graduação em Ciências Cartográficas (PPGCC) e da FCT/UNESP.

Ao CNPq pelo apoio financeiro com a bolsa de mestrado.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Cartográficas (PPGCC) pela oportunidade de cursar o mestrado.

Às pessoas que participaram dos testes de avaliação.

A todos que de alguma forma participaram da minha vida durante essa caminhada.

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito.
Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes”
(Martin Luther King)

RESUMO

Os mapas de Sistema de Navegação e Guia de Rota em automóvel (SINGRA) têm sido projetados para atender pessoas com visão normal de cores. No entanto, as representações cartográficas apresentadas por estes sistemas podem ser ilegíveis para os motoristas com deficiência na visão de cores, popularmente conhecidos como daltônicos. Sendo assim, compreender determinadas informações nos mapas de SINGRA pode ser uma tarefa bastante complexa por parte deste grupo de usuários. Este trabalho avalia a preferência subjetiva de um grupo de motoristas daltônicos por representações cartográficas de sistemas de guia de rota em automóvel, projetadas para pessoas com esta característica perceptiva no verde e no vermelho. Uma etapa preliminar selecionou um simulador de visão de cores que melhor representa a visão de cores dos daltônicos, o *Color Oracle*. Em seguida, uma análise do projeto gráfico de dois sistemas de guia de rota indicou características de legibilidade e ruído, as quais foram consideradas na etapa de projeto. Posteriormente, um conjunto de mapas foi projetado com base nos aspectos da percepção de cores de indivíduos com deficiência na visão de cores e em princípios de comunicação cartográfica. O resultado do projeto foi constituído por uma única representação para a base cartográfica e duas cores para simbolizar automóvel, seta de direção de manobra e rota, totalizando oito diferentes mapas. A avaliação da preferência foi realizada junto a um grupo de 14 motoristas com deficiência na visão de cores. A partir da opinião dos participantes, verificou-se que as representações projetadas são legíveis. Embora não tenham ocorrido diferenças significativas na preferência por diferentes representações, os resultados mostraram que houve uma tendência em preferir o automóvel e o contorno da seta de manobra em azul e a rota em preto. Segundo relatos, a representação em questão permitiu melhor diferenciação, identificação e interpretação dos símbolos cartográficos temáticos, tanto em relação à formação de figura quanto de fundo. Recomenda-se avaliar a usabilidade destas representações cartográficas considerando-se além da aceitação, a eficiência e a eficácia. Isto permitirá verificar o desempenho de um grupo de motoristas daltônicos na tarefa de leitura de diferentes representações cartográficas de Sistema de Navegação e Guia de Rota em automóvel.

Palavras-chave: Sistema de Navegação e Guia de Rota em Automóvel, Representações cartográficas, Deficiência na visão de cores, Avaliação da preferência.

ABSTRACT

In-Car Route Guidance and Navigation System (RGNS) have been designed to people with normal color vision. However, cartographic representations of these systems can be illegible for drivers with deficiency in color vision, commonly known as color blindness. Therefore, to understand certain information in maps of RGNS can be a complex task for this group of users. This work evaluates the subjective preference of a group of drivers with color vision deficiency by using cartographic representations of RGNS, which was designed for people with this kind of perceptual characteristic. In a preliminary step it was selected a color vision simulator that best represents the color vision of color blindness, the Color Oracle. Then a graphical design analysis of two route guidance systems indicated readability and noise characteristics. Subsequently, a set of maps was designed based on aspects of color perception of individuals with color vision deficiency, and principles of cartographic communication as well. The results of the design consisted of a single representation for a background and two colors to symbolize car, direction arrow maneuver and route, totaling eight different maps. The evaluation for the preference was carried out with a group of 14 drivers with color vision deficiency. Participants' opinions suggest legibility for all representations. Although there have been no significant differences in terms of preference for different representations, the results showed that there was a trend to prefer car and the maneuver arrow outline in blue and the route in black. According to comments, this representation allowed better differentiation, identification and interpretation of the thematic cartographic symbols, both in relation to figure and background. It is recommended to evaluate the usability of these cartographic representations considering efficiency and effectiveness. This will allow to verify the performance of a group of colorblind drivers in the reading of different cartographic representations of In-Car Route Guidance and Navigation System.

Keywords: In-Car Route Guidance and Navigation System, Cartographic Representation, Colour Vision Deficiency, Preference.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação gráfica do sistema de especificação de cor RGB.....	24
Figura 2 - Representação gráfica do sistema de especificação da cor HVS.....	25
Figura 3 - Relação entre tricromatas normais, tricromatas anômalos e dicromatas.....	27
Figura 4 - Exemplo de agrupamento perceptivo por unidade.....	29
Figura 5 - Exemplo de agrupamento perceptivo por proximidade.....	29
Figura 6 - Exemplo de agrupamento perceptivo por similaridade.....	30
Figura 7 - Exemplo de agrupamento perceptivo por continuidade.....	30
Figura 8 - Contraste simultâneo para variações de valor/brilho.....	32
Figura 9 - Contraste simultâneo para variações de matiz.....	32
Figura 10 - Mapas de rotas do sistema de transporte público da cidade de Curitiba.....	33
Figura 11 - Propostas de projetos de mapas: fundo preto (a) e fundo branco (b).....	34
Figura 12 - Mapas do <i>openstreetmap.org</i> vistos por pessoas com visão normal de cores (a), dicromatas deuteranopes (b), protanopes (c) e tritanopes (d).....	34
Figura 13 - Mapas do <i>openstreetmap.org</i> após o ajuste das cores conforme a visão de cores de pessoas normais (a), dicromatas deuteranopes (b), protanopes (c) e tritanopes (d).....	35
Figura 14 - Exemplo de esquemas de cores oferecidos pelo <i>ColorBrewer</i> para projetar e produzir mapas temáticos.....	36
Figura 15 - Mapas vistos por pessoas com visão normal de cores (a), dicromatas deuteranopes (b), protanopes (c) e tritanopes (d).....	37
Figura 16 - Mapas resultantes do procedimento de recoloração para pessoas com visão normal de cores (a) e dicromatas deuteranopes (b), protanopes (c) e tritanopes (d).....	38
Figura 17 - Opções de símbolos pontuais para representação de feições em mapas para usuários com deficiência na visão de cores.....	39
Figura 18 - Opções de símbolos lineares para representação de feições em mapas para usuários com deficiência na visão de cores.....	39
Figura 19 - Mapas de um sistema de navegação e guia de rota em automóvel local visto por pessoas com visão normal de cores (a), dicromatas protanopes (b) e deuteranopes (c).....	40
Figura 20 - Representações cartográficas do SINGRA local projetadas para daltônicos dicromatas protanopes (b) e deuteranopes (c).....	40
Figura 21 - Imagens que representam algumas cores conforme a visão de cores dos dicromatas dos tipos protanope (a) e deuteranope (b).....	47
Figura 22 - Agrupamento perceptivo por cor entre o automóvel, rota e contorno da seta de direção de manobra, utilizando o azul (a) e o preto (b).....	49
Figura 23 - Agrupamento perceptivo por cor entre automóvel e rota, utilizando o azul (a) e o preto (b).....	49

Figura 24 - Agrupamento perceptivo por cor entre o automóvel e o contorno da seta de direção de manobra, utilizando o matiz azul (a) e o preto (b).	50
Figura 25 - Agrupamento perceptivo por cor entre a rota e o contorno da seta de direção de manobra, utilizando o preto (a) e o azul (b).	50
Figura 26 - Cenário do teste.	53
Figura 27 - Porcentagem e frequência sobre a preferência por diferentes mapas, nos casos de 1 a 4. .	58
Figura 28 - Porcentagem e frequência sobre a preferência por diferentes mapas, nos casos 5 e 6.	60

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Informações de apoio à navegação auxiliada por SINGRA.....	46
Quadro 2 – Especificação gráfica para representar as informações principais de navegação ao motorista daltônico.....	48
Quadro 3 – Especificação gráfica para representar as informações de navegação de contexto ao motorista daltônico.....	48
Quadro 4 – Síntese dos comentários dos motoristas sobre os mapas apresentados no caso 1.....	59
Quadro 5 – Síntese dos comentários dos motoristas sobre os mapas apresentados no caso 2.....	59
Quadro 6 - Síntese dos comentários dos motoristas sobre os mapas apresentados no caso 3.....	59
Quadro 7 - Síntese dos comentários dos motoristas sobre os mapas apresentados no caso 4.....	59
Quadro 8 - Síntese dos comentários dos motoristas sobre os mapas apresentados no caso 5.....	61
Quadro 9 - Síntese dos comentários dos motoristas sobre os mapas apresentados no caso 6.....	61

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 Objetivos	16
1.2 Justificativa	16
1.3 Organização da Pesquisa	18
2 PERCEPÇÃO DE COR E ORGANIZAÇÃO PERCEPTUAL NA CARTOGRAFIA	20
2.1 Luz e o Sistema Visual Humano	20
2.2 Percepção de Cor.....	21
2.2.1 Teorias da percepção de cor	22
2.2.2 Dimensões da cor e sistemas de especificação da cor	23
2.2.3 Deficiência na visão de cores	25
2.3 Organização Perceptual.....	27
2.3.1 Agrupamento perceptivo	28
2.3.2 Segregação de figura-fundo	31
2.4 Mapas para Daltônicos	33
3 REPRESENTAÇÕES CARTOGRÁFICAS DE SINGRA PARA MOTORISTAS DALTÔNICOS	41
3.1 Seleção do Simulador de Visão de Cores.....	41
3.2 Análise dos Mapas de SINGRA	42
3.3 Projeto das Representações Cartográficas.....	44
3.3.1 Projeto de composição geral	44
3.3.2 Projeto gráfico	46
4 PREFERÊNCIA POR REPRESENTAÇÕES CARTOGRÁFICAS DE SINGRA	52
4.1 Seleção dos Participantes	52
4.2 Aparato Tecnológico	52
4.3 Procedimento do Teste sobre a Preferência	53
4.4 Avaliação da Visão de Cores	55
4.5 Organização dos Dados.....	56
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	57
5.1 Análise da Preferência por Mapas de SINGRA	57
5.2 Discussões	61
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	63
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	65
APÊNDICE A – Simulador de Visão de Cores para Aplicação na Cartografia: Da Visão Tricromata Normal para a Visão do Daltônico Dicromata (trabalho completo apresentado e publicado no V SIMGEO - Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação).....	72

APÊNDICE B – Análise de representações cartográficas com base na percepção de cores dos daltônicos (trabalho completo apresentado e publicado no XVII SBSR – Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto).....	79
APÊNDICE C – Documento de explanação da pesquisa e Termo de consentimento livre e esclarecido para a avaliação da preferência subjetiva por representações cartográficas de SINGRA.....	85
APÊNDICE D – Questionário para levantamento das características individuais do motorista para o teste de preferência subjetiva por representações cartográficas de SINGRA.	87
APÊNDICE E – Roteiro do teste para a avaliação da preferência subjetiva por mapas de SINGRA....	87
APÊNDICE F – Teste para avaliação da preferência subjetiva por mapas de SINGRA	89
APÊNDICE G – Formulário para coleta dos dados de preferência subjetiva por mapas de sistema de navegação e guia de rota em automóvel.....	103
APÊNDICE H – Formulário para anotar as respostas do entrevistado: Teste de Ishihara.....	104
ANEXO A – Especificações técnicas do monitor de navegação (<i>Tablet Asus FonePad ME371MG</i>).106	
ANEXO B – Placas pseudoisocromáticas do Teste de Ishihara.....	107
ANEXO C – Gabarito do teste de Ishihara para análise das respostas dos entrevistados.	109

1 INTRODUÇÃO

Os Sistemas de Navegação e Guia de Rota em Automóvel (SINGRA) têm como finalidade auxiliar os motoristas em suas tarefas de navegação, quando se encontram tanto em ambientes familiares (LO *et al.*, 2011) quanto não familiares (BURNETT, 1998; PUGLIESI *et al.*, 2009). A utilização destes sistemas pode fornecer diversos benefícios aos usuários, os quais, por exemplo, estão relacionados com a redução da complexidade da viagem, estimativa do tempo de chegada ao destino, redução de custos devido ao menor consumo de combustível e ao desgaste do veículo, obtenção de informações sobre condições de tráfego, identificação de pontos de congestionamentos e locais de estacionamentos (NYGARD, 1995; LO *et al.*, 2011). Apesar dos SINGRA oferecerem uma série de benefícios aos motoristas, pesquisas apontam que a leitura de mapas apresentados por estes sistemas, com o automóvel em movimento, pode causar acidentes de trânsito por motivos de distração na direção, em razão da atenção requerida pelo sistema (BURNETT, 1998; GREEN, 2000; TSIMHONI; GREEN, 2001; GREEN, 2002; HWAN; JIN, 2010).

O processo de leitura de mapa pode apresentar desempenho inferior caso os sistemas de navegação e guia de rota em automóvel sejam utilizados por motoristas com deficiência na visão de cores (PUGLIESI; DECANINI, 2011). Esta deficiência é conhecida popularmente como daltonismo e está associada à dificuldade que um indivíduo tem em reconhecer ou distinguir uma cor entre as demais (SARDEGNA *et al.*, 2002). Em relação aos SINGRA, os mapas apresentados por estes sistemas têm sido projetados e produzidos com o intuito de atender aos motoristas com visão normal de cores. Assim, uma vez que os aspectos da percepção de cor são diferentes entre indivíduos com e sem deficiência na visão de cores, o processo de compreender determinadas informações de navegação neste tipo de mapa pode ser uma tarefa ainda mais complexa para os motoristas daltônicos (PUGLIESI; DECANINI, 2011). Segundo Atchison *et al.* (2003), os indivíduos com deficiência na visão de cores apresentam tempos de reação mais longos e cometem mais erros comparados às pessoas com visão normal de cores, quando respondem a sinais coloridos.

Diariamente, a visão é responsável por captar cerca de 80% das informações recebidas pelo ser humano, das quais 40% são cromáticas (KÜPPERS, 1996). Segundo Fosse (2004), a cor é um dos elementos mais relevantes e indispensáveis para representar a natureza, os objetos e as imagens criadas pelo homem. Além disso, a cor pode ser considerada como o elemento mais dominante nos processos de busca visual de feições em mapas estáticos (FORREST; CASTNER, 1985). No entanto, algumas pesquisas apresentam argumentos para

evitar o uso de cores na representação da informação principal em determinados projetos de comunicação visual (DINGUS; HULSE 1993; CARNEY *et al.*, 1998). Por outro lado, há afirmações de que o processo de ajustar cores, com a finalidade de promover acessibilidade às pessoas com deficiência na visão de cores, pode ajudá-las no uso efetivo de mapas (OLSON; BREWER, 1997; GARDNER, 2005; JENNY; KELSO, 2007a; JENNY; KELSO, 2007b; PUGLIESI; DECANINI, 2011; CULP, 2012; KRÖGER *et al.*, 2013; MAIA; SPINILLO, 2013). Sendo assim, uma vez que a detecção e a discriminação de informações podem ser problemáticas para os daltônicos, os aspectos sobre a percepção de cor e a deficiência na visão de cores deveriam ser considerados em projetos cartográficos que trabalham com cores (MACEACHREN, 1995).

Para projetar e produzir mapas que sejam acessíveis às pessoas com deficiência na visão de cores, primeiramente, o cartógrafo deveria entender como estes usuários veem as cores e, a partir disso, garantir uma melhor seleção das cores para as feições nos mapas. Pugliesi e Decanini (2011) afirmam que, durante o projeto de mapas para sistemas de navegação em automóvel, é possível filtrar ruídos na comunicação e favorecer a legibilidade dos mapas, de tal forma que atenda as pessoas com deficiência na visão de cores. Para isto, os autores recomendam o emprego da técnica de transformação de cores, conhecida também como simulação de visão de cores, bem como a utilização de princípios básicos da comunicação cartográfica.

A técnica de simulação de visão de cores tem como finalidade permitir com que as pessoas que apresentam visão normal de cores possam entender como os indivíduos daltônicos veem as cores de uma composição visual qualquer. Para isto, diversos simuladores de visão de cores vêm sendo utilizados, tais como o *Web-Safe Palette* (RIGDEN, 1999), *Vischeck* (DOUGHERTY; WADE, 2002), *Chromatic Vision Simulator* (ASADA, 2012) e o *Color Oracle* (JENNY; KELSO, 2007a, JENNY; KELSO, 2007b). Para produzir mapas legíveis, alguns princípios básicos da comunicação cartográfica podem ser utilizados. No caso de mapas para sistemas de guia de rota em automóvel, Pugliesi *et al.* (2009) sugerem o emprego dos princípios da comunicação cartográfica relacionados à organização perceptual, destacando o agrupamento perceptivo e a segregação de figura-fundo (MACEACHREN, 1995; DENT *et al.*, 2009; SLOCUM *et al.*, 2009).

Quanto ao projeto e a avaliação de mapas de SINGRA que levam em consideração motoristas com visão normal de cores, diversas pesquisas já foram realizadas no mundo todo (PUGLIESI *et al.*, 2013). No entanto, pouco tem sido feito no que se refere à projetos de mapas de sistemas de guia de rota em automóvel com o intuito de atender às

necessidades dos motoristas daltônicos (PUGLIESI; DECANINI, 2011; OLIVEIRA *et al.*, 2012). Além disso, até o momento, não foi encontrada qualquer investigação científica à respeito da avaliação de mapas de SINGRA junto a um grupo de motoristas com deficiência na visão de cores.

Assim, este trabalho consiste em uma pesquisa exploratória sobre projeto de representações cartográficas de sistemas de guia de rota em automóvel para motoristas com deficiência na visão de cores, e avaliação dessas representações junto a um grupo de motoristas com essa característica perceptiva. O projeto leva em consideração os aspectos da percepção de cor de indivíduos com deficiência na visão de cores, bem como os princípios básicos da comunicação cartográfica. A avaliação compreende a verificação do nível de aceitação dos motoristas por meio da investigação da preferência.

1.1 Objetivos

O objetivo principal deste trabalho é avaliar a preferência de um grupo de motoristas daltônicos por representações cartográficas de sistemas de guia de rota em automóvel, as quais foram projetadas para pessoas com deficiência na visão de cores. Os objetivos específicos são:

- Estudar e compreender os aspectos da percepção de cor, a deficiência na visão de cores e os princípios da organização perceptual;
- Selecionar um simulador de visão de cores que melhor represente a visão dos daltônicos;
- Investigar projetos gráficos de mapas de SINGRA, de acordo com os aspectos da percepção de cor dos daltônicos;
- Projetar um conjunto de representações cartográficas de SINGRA para motoristas daltônicos;
- Investigar a preferência dos motoristas com deficiência na visão de cores quanto às representações cartográficas de SINGRA.

1.2 Justificativa

Primeiramente, é importante destacar que a Resolução nº 267, de 15 de fevereiro de 2008, do Conselho Nacional de Trânsito (BRASIL, 2008), em seu Anexo II

(Avaliação Oftalmológica - Teste de visão cromática), restringe a habilitação de daltônicos à carteira de motorista quando elucida que “Candidatos à direção de veículos devem ser capazes de identificar as cores verde, amarela e vermelha”. Entretanto, sabe-se que muitas pessoas portadoras de deficiência na visão de cores possuem carteira de habilitação e dirigem automóvel (MORETTI *et al.*, 2013).

Se por um lado a lei federal parece limitar a acessibilidade de pessoas com restrição cromática, por outro, algumas cidades têm criado legislações locais com o intuito de promover acessibilidade aos motoristas daltônicos por meio da adaptação de semáforos, como é o caso de São Paulo e Campinas (MACHADO, 2011). Neste sentido, este trabalho está de acordo com o que preconiza o Artigo 17 da Lei Federal n ° 10.098, de 19 de dezembro de 2000: “O Poder Público promoverá a eliminação de barreiras na comunicação e estabelecerá mecanismos e alternativas técnicas que tornem acessíveis os sistemas de comunicação e sinalização às pessoas portadoras de deficiência sensorial e com dificuldade de comunicação, para garantir-lhes o direito de acesso à informação, à comunicação, ao trabalho, à educação, ao transporte, à cultura, ao esporte e ao lazer” (BRASIL, 2000).

O projeto cartográfico de mapas de SINGRA elaborado por Pugliesi e Decanini (2011) foi implementado em um protótipo de sistemas de guia de rota em automóvel existente na FCT/UNESP, conforme descrito no estudo de Oliveira *et al.* (2012). No entanto, o projeto cartográfico em questão ainda requer um aprimoramento. A necessidade deste aprimoramento ocorre pelo fato do simulador de visão de cores (*Web-Safe Palette*) utilizado no projeto apresentar limitações. Outras propostas que visam à acessibilidade de mapas para daltônicos (GARDNER, 2005; JENNY; KELSO, 2007a; PUGLIESI; DECANINI, 2011; MAIA; SPINILLO, 2013; KROGER *et al.*, 2013) utilizam diferentes simuladores de visão de cores, como por exemplo, o *Vischeck* (DOUGHERTY; WADE, 2002), o *Chromatic Vision Simulator* (ASADA, 2012) e o *Color Oracle* (JENNY; KELSO, 2007a, JENNY; KELSO, 2007b). O uso de um simulador de visão de cores inadequado pode causar ruídos no resultado da transformação de cores e, conseqüentemente, prejudicar o processo de comunicação visual por parte do daltônico. Sendo assim, é necessário selecionar um simulador de visão de cores que melhor represente a visão dos daltônicos e, conseqüentemente, tenha potencial para apoiar o projeto de mapas para usuários com deficiência na visão de cores.

Outro ponto que justifica a necessidade de realização da presente pesquisa é o fato de não haver mapas de SINGRA projetados e avaliados para atender motoristas com deficiência na visão de cores. A questão do uso de SINGRA por este grupo de usuários tem sido parcialmente solucionada por meio da modalidade sonora, isto é, a comunicação da

informação de navegação por meio de mensagens de voz (LIU, 2000; REAGAN; BALDWIN, 2006; OLIVER, 2007; PUGLIESI; DECANINI, 2011). Entretanto, a apresentação de informações de apoio à navegação na modalidade visual (BURNETT, 1998), por meio da representação do tipo mapa (PUGLIESI *et al.*, 2013), fornece ao usuário uma série de vantagens (ROSS *et al.*, 1995; LABIALE, 2001), além de existir um grande interesse por parte dos motoristas em receber informação espacial visualmente (LOOMIS *et al.*, 2005). Dentre as vantagens, destaca-se o fato do mapa fornecer contexto de direção, o qual é importante para manter o usuário confiante ao longo da rota (LEE *et al.*, 2008). Além disso, pesquisas realizadas com portadoras de visão normal de cores apontam que os mapas para navegação em automóvel permitem ao motorista a formação de uma imagem mental não ambígua do espaço em que se encontram (ROSS *et al.*, 1995; LABIALE, 2001; PUGLIESI; DECANINI, 2009).

1.3 Organização da Pesquisa

A presente dissertação está estruturada em seis capítulos. O capítulo 1 apresenta uma breve introdução sobre os sistemas de guia de rota em automóvel. Além disso, aponta a importância do emprego da cor em projetos gráficos, bem como os problemas que podem decorrer no uso de mapas de SINGRA, quando utilizados por motoristas daltônicos. Este capítulo também apresenta o problema, os objetivos e a justificativa da pesquisa. O capítulo 2 trata de uma fundamentação teórica sobre os principais temas que são relevantes para o desenvolvimento desta pesquisa, os quais estão relacionados aos aspectos da percepção de cor e à organização perceptual na cartografia, bem como à deficiência na visão de cores e às pesquisas sobre projetos de mapas para daltônicos.

O capítulo 3 aborda a metodologia utilizada no projeto de mapas de sistemas de guia de rota em automóvel para motoristas daltônicos. Este capítulo apresenta a etapa de seleção de um simulador de visão de cores que tenha potencial para apoiar projetos cartográficos que sejam acessíveis aos usuários daltônicos. Também é realizada uma análise preliminar sobre os projetos gráficos de mapas, os quais vêm sendo adotados por diferentes SINGRA. Posteriormente, é feita a elaboração do projeto cartográfico de um conjunto de mapas para SINGRA, com base no uso de um simulador de visão de cores e no emprego dos princípios da comunicação cartográfica.

O capítulo 4 descreve o procedimento realizado durante a avaliação da preferência por mapas de SINGRA, junto a um grupo de motoristas daltônicos. Este capítulo

apresenta as etapas referentes ao recrutamento de motoristas daltônicos, seleção do aparato tecnológico, procedimento do teste de preferência e organização dos dados coletados. O capítulo 5 apresenta a análise estatística dos dados e os resultados obtidos a partir da avaliação da preferência por mapas de SINGRA junto a um grupo de motoristas daltônicos, bem como a discussão dos resultados encontrados. Por fim, o capítulo 6 refere-se às considerações finais e às recomendações para realização de trabalhos futuros.

2 PERCEPÇÃO DE COR E ORGANIZAÇÃO PERCEPTUAL NA CARTOGRAFIA

Este capítulo apresenta a fundamentação teórica sobre os principais temas que são de relevância para o desenvolvimento da presente pesquisa. Neste sentido, destacam-se os aspectos que envolvem o elemento cor, a percepção de cor, a deficiência na visão de cores e a organização perceptual, os quais são fundamentais para apoiar o projeto e a produção de representações cartográficas destinadas às pessoas com deficiência na visão de cores. Além disso, este capítulo apresenta uma abordagem em relação às principais pesquisas encontradas na literatura sobre projetos de mapas para daltônicos. No entanto, antes de apresentar os tópicos mencionados é importante destacar como ocorre a interação entre a luz e o olho humano.

2.1 Luz e o Sistema Visual Humano

A luz é uma forma de energia radiante composta por componentes elétricos e magnéticos. Ao se propagar de um lugar para outro, através do vácuo, em um meio denominado campo eletromagnético, essa energia radiante passa a ser caracterizada como uma radiação eletromagnética (HEWITT, 2009). De acordo com a teoria ondulatória, essa radiação eletromagnética pode ser descrita pelas seguintes propriedades físicas: frequência da onda, comprimento de onda e/ou energia de fóton (HALLIDAY *et al.*, 2012). Assim, a partir da frequência ou comprimento de onda, é possível classificar e determinar as propriedades de uma onda eletromagnética, de acordo com o espectro eletromagnético (HEWITT, 2009). O intervalo do espectro eletromagnético, no qual a radiação eletromagnética é capaz de sensibilizar o olho humano, é denominado espectro visível. Este espectro visível compreende comprimentos de onda que vão de 400 até 700 nanômetros (MACEACHREN, 1995; DENT *et al.*, 2009; SLOCUM *et al.*, 2009).

No que concerne à entrada e transformação da energia eletromagnética que atinge os olhos e sua decodificação em informação, deve-se destacar que a interação entre a luz e o sistema visual humano está diretamente relacionada aos aspectos de natureza física, fisiológica e psicológica da percepção visual (BOS, 1984). Estes aspectos, por sua vez, estão associados a habilidade de detectar um objeto em uma composição visual e de compreender o significado do mesmo (KEATES, 1989; BOS, 1984). Portanto, os olhos e o cérebro trabalham juntos durante esse processo (ROBINSON *et al.*, 1995).

No que diz respeito ao aspecto físico, a luz refletida por um objeto chega até os olhos. Em relação ao aspecto fisiológico, o olho humano pode ser associado a um sistema óptico, o qual deve permitir a “transmissão fiel, não distorcida, das relações de brilho, forma e cores dos estímulos visuais” (BICAS, 1997). Neste sentido, a luz refletida por um objeto e que incide aos olhos, primeiramente, passa pela córnea, na sequência é controlada pela íris, em seguida atravessa o cristalino e então alcança a retina (SLOCUM *et al.*, 2009). A retina consiste em uma fina camada do olho, a qual é formada por tecidos nervosos e por células fotorreceptoras sensíveis à luz, denominadas cones e bastonetes. Enquanto os bastonetes são responsáveis pelas sensações acromáticas, isto é, as cores não são envolvidas, os cones são sensíveis aos diferentes comprimentos de ondas do espectro visível e são responsáveis pela discriminação das cores (MACEACHREN, 1995; SLOCUM *et al.*, 2009). Ao serem estimulados pela luz que chega até a retina, cones e bastonetes geram impulsos nervosos, os quais são conduzidos pelos tecidos nervosos até alcançarem o nervo óptico e, em seguida atingirem o cérebro (MACEACHREN, 1995; SIMÕES; TIEDEMANN, 2003). Por fim, relacionado ao aspecto psicológico da percepção visual, o cérebro age como um decodificador de informação, atribuindo significado aos impulsos nervosos que recebe. Assim, para o desenvolvimento da presente pesquisa, considera-se a importância em compreender os aspectos envolvidos na interação entre a luz e o sistema visual humano, principalmente em relação ao funcionamento dos cones presentes na retina, o qual está associado ao processo de percepção de cor pelos seres humanos.

2.2 Percepção de Cor

A cor é um elemento de grande importância na vida dos seres humanos, e em diversas situações do dia a dia ocorre a interação do observador com este elemento. Seja na escolha da roupa para se vestir, apreciação de uma pintura, uso de sinais de trânsito e até mesmo na utilização de mapas que auxiliam no deslocamento de um lugar para outro. Na cartografia, a cor é uma das variáveis visuais gráficas (BERTIN, 1983) mais relevantes para representar fenômenos geográficos. Além disso, esta variável visual pode ser utilizada para diversas finalidades, como destacar o significado de uma mensagem entre as demais, agrupar objetos pertencentes a uma mesma classe e estabelecer hierarquias visuais por meio da diferenciação das variadas informações em uma mesma cena visual (DENT *et al.*, 2009; SLOCUM *et al.*, 2009). No entanto, cada indivíduo percebe a cor conforme sua resposta sensorial, resultante de influências relacionadas a fatores psicológicos, fisiológicos, culturais,

sociológicos, entre outros (FERREIRA *et al.*, 2003; GOLDSTEIN, 2009). Dentre os aspectos relacionados à percepção de cor, que podem auxiliar no projeto e produção de representações cartográficas de SINGRA destinadas aos motoristas daltônicos, destacam-se as teorias da percepção de cor, dimensões da cor e sistemas de especificação da cor e, deficiência na visão de cores.

2.2.1 Teorias da percepção de cor

Duas teorias contribuem para o entendimento da percepção de cor nos seres humanos: teoria tricromática e teoria da oponência de cores (GOLDSTEIN, 2009; SLOCUM *et al.*, 2009). De acordo com a teoria tricromática, proposta por Hermann Von Helmholtz em 1801 e defendida por Thomas Young em 1852, a percepção de cor consiste em uma função da estimulação relativa dos três tipos de cones presentes na retina (MOLLON, 2003; SLOCUM *et al.*, 2009). Esta teoria refere-se à etapa inicial do processo visual de cores, cuja percepção das mesmas é realizada pelo funcionamento dos três tipos de cones existentes na retina. Estas células fotorreceptoras podem ser diferenciadas conforme a sensibilidade aos diferentes comprimentos de onda do espectro visível ao olho humano. Dessa forma, cones sensíveis aos comprimentos de onda longos (“*long wavelength cones*”), da ordem de 570 nanômetros, são responsáveis pela discriminação da cor vermelha. Os cones sensíveis aos comprimentos de onda médios (“*middle wavelength cones*”), na faixa de 540 nanômetros, são responsáveis pela discriminação da cor verde. Enquanto que os cones sensíveis aos comprimentos de onda curtos (“*short wavelength cones*”), da ordem de 440 nanômetros, são responsáveis pela discriminação da cor azul (MACEACHREN, 1995). A percepção de outras cores é uma função da quantidade relativa de estimulação dos cones (DENT *et al.*, 2009), ou seja, se somente um tipo de cone é estimulado, então apenas a cor correspondente ao funcionamento deste tipo de cone é percebida.

O conhecimento sobre a teoria tricromática é de fundamental importância para a compreensão do funcionamento dos cones presentes na retina, bem como para o entendimento do processo de percepção de cor nos seres humanos. No entanto, somente esta teoria não consegue explicar a variedade de cores encontrada na natureza. Além disso, falha ao explicar o porquê algumas combinações de cores cancelam umas às outras e que o mesmo não acontece com outras combinações (BRUNI; CRUZ, 2006). Neste sentido, de maneira complementar à teoria tricromática, o fisiologista alemão Ewald Hering, em 1878, propôs a teoria da oponência de cores, a qual sugere a existência de três canais de cores oponentes:

vermelho-verde, azul-amarelo e branco-preto (GOURAS *et al.*, 1985). Neste sentido, estudos relacionados à sensibilidade cromática e à deficiência na visão de cores vêm crescendo ao longo dos anos, com descobertas e avanços importantes (SHARPE *et al.*, 1999; GOLDSTEIN *et al.*, 2007; GOLDSTEIN, 2009). Cabe ressaltar que, na área da cartografia, conhecer as teorias que explicam o processo da percepção de cor nos seres humanos é de grande relevância para apoiar projetos cartográficos de mapas coloridos (MACEACHREN, 1995).

2.2.2 Dimensões da cor e sistemas de especificação da cor

A cor é constituída de três dimensões: tom (matiz), luminosidade (valor ou brilho) e saturação (croma) (ROBINSON *et al.*, 1995; DENT *et al.*, 2009; SLOCUM *et al.*, 2009). Tom ou matiz é a dimensão da cor associada ao comprimento de onda do espectro eletromagnético no intervalo visível ao olho humano (ROBINSON *et al.*, 1995). Sendo assim, tom, ou matiz, está associado às diferentes cores percebidas pelo ser humano, tais como verde, vermelho, azul, amarelo, etc. A luminosidade, também denominada de valor ou brilho, pode ser caracterizada como a quantidade de luz branca incidente na cor. Cabe ressaltar que toda cor pode ser classificada em termos de presença ou ausência de luz, isto é, ‘claridade ou escuridão’ (ROBINSON *et al.*, 1995; DENT *et al.*, 2009). A saturação, ou croma, é compreendida como a pureza da cor em relação a uma escala de cinza neutra. Dado um determinado tom (matiz), a saturação pode variar de zero (cinza neutro) a 100%, onde a cor aparece pura e não possui cinza (DENT *et al.*, 2009).

Uma vez que a cor está associada à percepção e, conseqüentemente, a sua percepção varia de uma pessoa para outra, foram desenvolvidos diversos sistemas para a especificação e dimensionamento da cor, os quais também são conhecidos como modelos para especificação de cor (DENT *et al.*, 2009; SLOCUM *et al.*, 2009). Estes sistemas foram desenvolvidos para descrever as diferentes características da cor, considerando-se diferentes finalidades. Dentre os sistemas de especificação de cor existentes têm-se o HLS (*Hue, Lightness, Saturation*), HVC (*Hue, Value, Chroma*), HSV (*Hue, Saturation, Value*), RGB (*Red, Green, Blue*), CIE (*Commission International de l’Eclairage e/ou International Commission on Illumination*) e o modelo cilíndrico de organização das cores desenvolvido por Albert Henry Munsell. No entanto, os sistemas de especificação de cor mais utilizados para projetar e produzir mapas temáticos digitais são o RGB (*Red, Green, Blue*) e o HSV (*Hue, Saturation, Value*). Cabe ressaltar que os diferentes termos utilizados para descrever os

atributos da cor estão relacionados aos sistemas de especificação das cores (DENT *et al.*, 2009).

O sistema RGB está especificamente relacionado ao estímulo dos valores dos componentes abordados pela teoria aditiva da cor, a qual caracteriza este elemento por meio da sequência de três números que representam as componentes vermelha (R), verde (G) e azul (B), sequencialmente (DENT *et al.*, 2009). Este sistema pode ser representado graficamente por meio de um cubo unitário definido sobre os eixos R, G e B, como mostra a Figura 1. As coordenadas relacionadas aos eixos permitem controlar a intensidade de luz vermelha, verde e azul (ROBINSON *et al.*, 1995). No cubo RGB, a posição de origem representa o preto (ausência de luz), a diagonal do cubo corresponde aos tons de cinza e a diagonal oposta corresponde ao branco. Por exemplo, os números variam de 0 a 255, adotando-se cores de 8 bits por componente RGB, para telas de monitores de computador. Assim, para gerar o branco tem-se o RGB (255, 255, 255), já o preto é alcançado com a combinação RGB (0, 0, 0). Cabe ressaltar que diferentes intensidades alcançadas com os componentes RGB são capazes de gerar uma mesma sensação de cor nos indivíduos (SLOCUM *et al.*, 2009).



Figura 1 - Representação gráfica do sistema de especificação de cor RGB.
Fonte: Souto (2000).

O sistema HSV descreve a cor por meio dos componentes denominados de matiz (*Hue*), saturação (*Saturation*) e brilho/valor (*Value*). Este sistema é mais intuitivo em relação aos sistemas provenientes de combinações de cores primárias, como o RGB. O sistema HSV pode ser representado graficamente por um cone de seis faces, onde cada uma é formada pelo eixo de rotação, a base e uma geratriz (Figura 2), derivado do cubo RGB. O

componente matiz determina a cor predominante escolhida a partir de uma variação angular de 0° a 360° , do vermelho, passando pelo verde, até chegar ao azul. O componente saturação é responsável por definir a pureza de um determinado matiz, enquanto o componente valor regula o brilho da cor determinada pelos demais componentes, matiz e saturação.

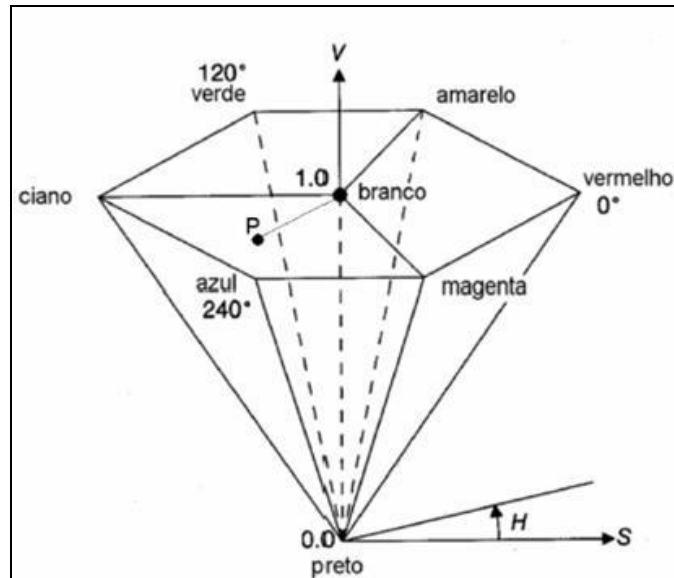


Figura 2 - Representação gráfica do sistema de especificação da cor HVS.
Fonte: ENVI (2000).

2.2.3 Deficiência na visão de cores

A deficiência na visão de cores está associada à dificuldade de um indivíduo em reconhecer ou distinguir uma cor entre as demais (SARDEGNA *et al.*, 2002). No que diz respeito à origem desta deficiência nos seres humanos, pesquisadores da área de oftalmologia adotam a seguinte classificação: deficiência congênita e deficiência adquirida (PACHECO-CUTILLAS *et al.*, 1999, SARDEGNA *et al.*, 2002; BRUNI; CRUZ, 2006). A deficiência congênita, também denominada de discromatopsia congênita, é um distúrbio genético e hereditário ligado ao cromossoma X. Como faz parte da herança recessiva ligada ao sexo, não existe cura ou tratamento. Por outro lado, a deficiência adquirida, também denominada de discromatopsia adquirida, ocorre através de causas secundárias, tais como lesões no córtex cerebral, na retina ou no nervo óptico. Além disso, pode ser causada também, por doenças relacionadas à diabetes, degeneração da mácula, glaucoma, entre outras (PACHECO-CUTILLAS *et al.*, 1999). Ao contrário da discromatopsia congênita, em que a maior incidência dos casos está relacionada à deficiência nas cores vermelha e verde, a maioria dos distúrbios causados pela discromatopsia adquirida está relacionada às cores azul e amarela

(BRUNI; CRUZ, 2006). Tal fator pode ser compreendido por meio da associação com a teoria da oponência de cores, isto é, há relação tanto entre as cores vermelha e verde quanto entre as cores azul e amarelo. Cabe ressaltar que a ocorrência de discromatopsia congênita nos indivíduos é mais frequente quando comparada a discromatopsia adquirida.

O primeiro estudo sobre a deficiência na visão de cores foi realizado pelo cientista inglês John Dalton (1766-1844), em 1798. Neste estudo, o cientista descreve sua própria incapacidade de distinguir as cores verde e vermelha (GREENAWAY, 1966). A partir disso, a deficiência na visão de cores passou a ser popularmente conhecida como daltonismo.

No que concerne à visão de cores, os indivíduos podem ser classificados em tricromatas, dicromatas e monocromatas (SHARPE *et al.*, 1999; SARDEGNA *et al.*, 2002). Pessoas com visão normal de cores, também denominadas tricromatas normais, apresentam funcionamento regular nos três tipos de cones presentes na retina. Por outro lado, tricromatas anômalos, dicromatas e monocromatas são classes de indivíduos que apresentam deficiência na visão de cores (POKORNY *et al.*, 1979; SHARPE *et al.*, 1999; RIGDEN, 1999; BRUNI; CRUZ, 2006). Caso os três tipos de cones presentes na retina funcionem, porém algum deles apresente um deslocamento no pico de sensibilidade retinal, o que caracteriza uma deficiência na visão de cores de grau leve ou moderado, este indivíduo é classificado como tricromata anômalo. Se apenas dois tipos de cones funcionam regularmente, a pessoa é dicromata e, quando o indivíduo apresenta incapacidade de reconhecer ou distinguir qualquer cor, pertence à classe dos monocromatas, ou acromatas.

Os dicromatas podem ser classificados também conforme a deficiência em relação a um determinado tipo de cone e, quando comparados com os tricromatas anômalos, são considerados como a classe de daltônicos que apresentam maior grau de severidade na deficiência de visão de cores. Dicromatas com deficiência no vermelho são denominados protanopes, aqueles com deficiência no verde são os deuteranopes e para aqueles que apresentam deficiência no azul são os tritanopes. Adicionalmente, os deuteranopes têm a visão de cor ainda mais prejudicada em relação aos protanopes (RIGDEN, 1999; ATCHISON *et al.*, 2003).

Em relação aos tricromatas anômalos, estes podem ser classificados em protanômalos (com deficiência no vermelho), deuteranômalos (com deficiência no verde) e tritanômalos (com deficiência no azul) (SHARPE *et al.*, 1999; SARDEGNA *et al.*, 2002). A Figura 4 apresenta a relação entre a visão de cor dos tricromatas normais, tricromatas anômalos e dicromatas. Por exemplo, em relação à cor vermelha, ao observar a Figura 4, nota-se que os tricromatas normais não apresentam qualquer tipo de deficiência na percepção desta

cor. Por outro lado, para o caso dos tricromatas anômalos (protanômalos), nota-se alguma deficiência no vermelho, enquanto que para o caso dos dicromatas (protanopes), percebe-se uma deficiência total na percepção desta cor. De forma geral, para o caso dos dicromatas, o problema mais comum está em perceber as cores vermelha (protanope) e verde (deuteranope), enquanto o problema com a percepção do azul (tritanope) é mais raro.

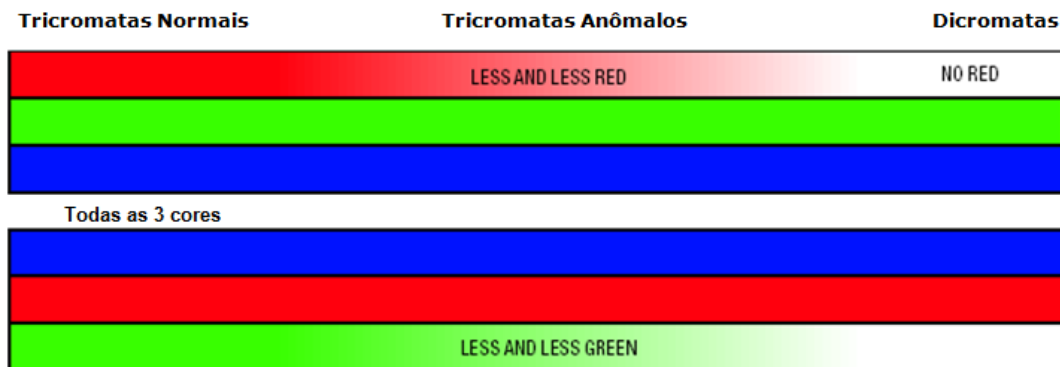


Figura 3 - Relação entre tricromatas normais, tricromatas anômalos e dicromatas.
Fonte: Adaptado de Rigden (1999).

Pelo fato do gene que afeta a visão de cores ser de caráter recessivo ligado ao cromossoma X, a incidência da deficiência na visão de cores nos homens (cerca de 8%) é muito maior do que nas mulheres (cerca de 0,4%) (POKORNY *et al.*, 1979; RIGDEN, 1999; SHARPE *et al.*, 1999). Da população de dicromatas, 1% é composto de protanopes, e 1,1% de deuteranopes e 0,001% de tritanopes. Com relação aos tricromatas anômalos, 1% é composto de pessoas com deficiência na percepção da cor vermelha, 4,9 % com deficiência na percepção da cor verde e 0,001% com deficiência na percepção da cor azul (POKORNY *et al.*, 1979; RIGDEN, 1999).

2.3 Organização Perceptual

Dentre os princípios da comunicação cartográfica que podem contribuir com o projeto e a produção de representações cartográficas, de maneira que os usuários possam ler e entendê-las de maneira mais fácil e rápida, destacam-se os aspectos da organização perceptual (MACEACHREN, 1995). A percepção visual está relacionada às diversas habilidades do ser humano, tais como o raciocínio e a memória (SEKULER; SEKULER, 2000). Assim, o emprego de técnicas visuais aplicadas (DONDIS, 2003) em mapas, as quais estão relacionadas aos aspectos da organização perceptual, pode contribuir com o desempenho da comunicação cartográfica. No que se refere ao projeto de representações

cartográficas de SINGRA, destinado aos motoristas daltônicos, Pugliesi e Decanini (2011) sugerem que um conjunto mínimo de técnicas visuais deveria ser utilizado. A partir disso, os aspectos da organização perceptual abordados na presente pesquisa referem-se ao agrupamento perceptivo e à segregação de figura-fundo.

2.3.1 Agrupamento perceptivo

De acordo com a teoria da *Gestalt*, o agrupamento perceptivo deve ocorrer de tal forma que os seres humanos percebam os elementos de uma composição visual de maneira inter-relacionada e unificada, e não individualmente (GOMES FILHO, 2000). A *Gestalt* foi uma escola de psicologia alemã, cuja sua teoria é fundamentada no princípio da pregnância da forma, ou força estrutural, no qual as forças de organização da forma tendem a se dirigir no sentido da clareza, unidade, equilíbrio e, portanto, da ‘boa *Gestalt*’ (GOMES FILHO, 2000). No sentido de contribuir com a comunicação cartográfica em mapas de sistemas de navegação e guia de rota em automóvel, o agrupamento perceptivo pode ser favorecido pela manipulação de alguns princípios básicos. Dentre os principais, podem-se citar os princípios de unidade, proximidade, similaridade, continuidade, simplicidade e clareza (MACEACHREN, 1995; GOMES FILHO, 2000; FRUTIGER, 2001; DONDIS, 2003).

Em relação ao princípio de unidade, tem-se primeiramente que, uma unidade pode ser entendida como um conjunto formado por mais de um elemento, o que caracteriza o todo. Se por um lado, uma ou mais unidades podem ser percebidas dentro de um todo, promovendo uma harmonia visual (GOMES FILHO, 2000), por outro, as unidades também podem ser segregadas, contribuindo com a preservação do caráter individual de cada um dos elementos em uma cena visual. Conforme exemplificado na Figura 5, verifica-se que uma multidão pode ser percebida como um todo, no entanto o caráter individual é preservado dentro deste mesmo grupo (GOMES FILHO, 2000).



Figura 4 - Exemplo de agrupamento perceptivo por unidade.
Fonte: Gomes Filho (2000).

No que diz respeito ao princípio de proximidade, elementos próximos uns dos outros, em condições idênticas quanto à forma, cor, tamanho, textura, brilho, etc., apresentam maior tendência em formar grupos (GOMES FILHO, 2000). Se por um lado, elementos vizinhos próximos podem ser compreendidos como um todo, por outro, elementos dispostos em intervalos maiores podem prejudicar a formação de agrupamento (FRUTIGER, 2001). Conforme é apresentado na Figura 6a, nota-se que os círculos dispostos na direção vertical encontram-se mais próximos uns dos outros, o que indica o agrupamento destes elementos na direção vertical. Na Figura 6c, os círculos dispostos na direção horizontal encontram-se mais próximos uns dos outros, o que indica a formação de agrupamento entre esses elementos na direção horizontal. No entanto, ao observar a Figura 6b, percebe-se que os círculos posicionados tanto na direção horizontal quanto na vertical encontram-se dispostos em intervalos iguais, o que indica a formação de um único grupo, percebido como um todo (MACEACHREN, 1995).

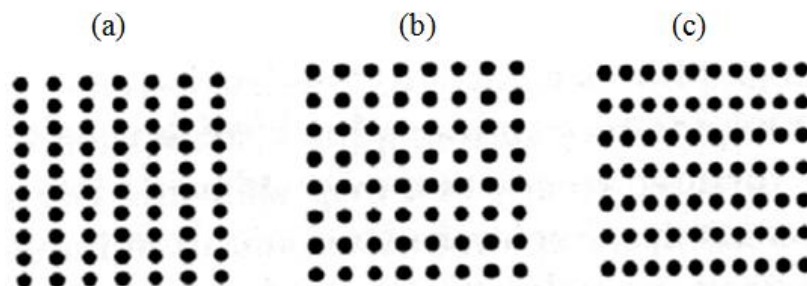


Figura 5 - Exemplo de agrupamento perceptivo por proximidade.
Fonte: MacEachren (1995).

Quanto ao princípio de similaridade ou semelhança, elementos iguais, em condições idênticas, apresentam a tendência em formar grupos, em termos de forma, cor, tamanho, textura, brilho, entre outros (GOMES FILHO, 2000). Conforme é exemplificado na Figura 7, os círculos com preenchimento em branco tendem a formar grupos, da mesma

maneira que os círculos com preenchimento em preto. Cabe ressaltar que os princípios de similaridade e proximidade, muitas vezes atuam da mesma maneira e podem se reforçar mutuamente, na formação de agrupamento em uma cena visual.

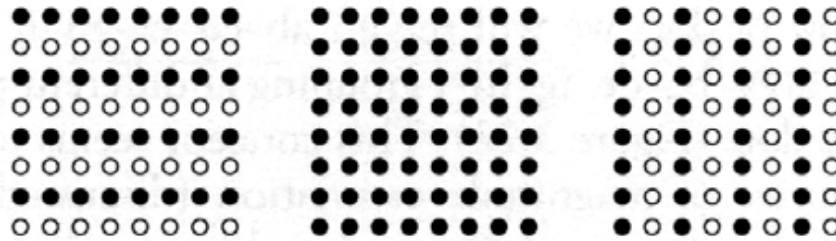


Figura 6 - Exemplo de agrupamento perceptivo por similaridade.
Fonte: MacEachren (1995).

No caso do princípio de continuidade, este sugere a formação de grupos de maneira coerente, mesmo que haja quebras ou interrupções (GOMES FILHO, 2000). A Figura 8 exemplifica o agrupamento perceptivo por continuidade em relação à forma. No entanto, MacEachren (1995) relata que o agrupamento por continuidade pode ser estabelecido também, por meio do uso da variável visual valor (brilho) da cor, em mapas coropléticos e hipsométricos.



Figura 7 - Exemplo de agrupamento perceptivo por continuidade.
Fonte: MacEachren (1995).

No que se refere ao princípio de simplicidade, este pode ser utilizado para eliminar complicações e grande quantidade de informações em uma cena visual. Os elementos tendem a se agrupar de maneira mais simples, harmoniosa e unificada (GOMES FILHO, 2000). O princípio de simplicidade se caracteriza por formação de organizações fáceis de serem assimiladas, lidas e compreendidas rapidamente em uma composição visual. Dessa forma, quase sempre está associada ao princípio da clareza (GOMES FILHO, 2000). Do ponto de vista da decodificação e compreensão da formação de grupos em uma cena visual, o

princípio de clareza pode ser favorecido, independentemente da complexidade da cena, em relação à quantidade de informação presente.

2.3.2 Segregação de figura-fundo

Em relação à segregação de figura-fundo, Robinson *et al.* (1995) afirmam que o ser humano apresenta uma tendência natural de organizar uma composição visual em duas impressões perceptivas contrastantes: a figura e o fundo. De acordo com a psicologia da *Gestalt*, para que haja formação de figura-fundo, dois princípios fundamentais devem ser considerados: a unificação e a segregação (GOMES FILHO, 2000). Enquanto a unificação busca a igualdade de estímulo (agrupamento), a segregação visa à desigualdade de estímulo (contraste). Segundo MacEachren (1995), a segregação consiste na capacidade perceptiva de separar, identificar e ressaltar unidades formais em um todo ou em partes de um todo.

Para Robinson *et al.* (1995), alguns conceitos importantes sobre a formação de figura-fundo devem ser considerados em projetos de representações cartográficas, quais sejam: os objetos que se destacam em contraste com o fundo são denominados figuras, enquanto que os demais objetos são denominados fundo e; a formação de figura-fundo é prejudicada no caso da cena visual ser homogênea. Além disso, objetos com contorno bem definido são percebidos mais facilmente como figura (MACEACHREN, 1995). Neste sentido, Pugliesi e Decanini (2011) sugerem que as técnicas visuais de contraste e contorno deveriam ser utilizadas para promover a segregação de figura-fundo em mapas de SINGRA com a finalidade de atender os motoristas daltônicos. Dentre os tipos específicos de contrastes sugeridos no estudo de Pugliesi e Decanini (2011), destacam-se o contraste de cor, contraste de brilho, contraste de forma e o contraste de tamanho, os quais seguem abordagens de Dondis (2003) e Dent *et al.* (2009).

Quando o contraste é desconsiderado na fase de projeto, isto pode se tornar um fator limitante para garantir a eficiência da comunicação da informação em mapas. Além disso, o emprego do contraste permite intensificar o significado presente em uma mensagem visual, e conseqüentemente, simplificar o processo de comunicação (DONDIS, 2003). Em relação ao contraste de cores, Dent *et al.* (2009) apontam que este tipo de contraste é o mais importante a ser considerado no projeto de mapas temáticos, pois além de conduzir à clareza, permite promover a segregação entre figura e fundo, bem como alcançar a legibilidade das representações cartográficas. Além disso, Dent *et al.* (2009) recomendam utilizar outros tipos específicos de contraste de cor para auxiliar o cartógrafo em projetos de mapas temáticos.

Neste contexto, os principais tipos de contrastes são o contraste de matiz, o contraste de valor/brilho e o contraste simultâneo (DENT *et al.*,2009).

A partir do emprego do contraste de matiz é possível estabelecer, além de efeitos de clareza e legibilidade, diferentes níveis de hierarquia visual entre os diversos tipos de feições presentes no mapa (DENT *et al.*,2009). Quanto ao contraste de valor/brilho, este permite estabelecer a intensidade do contraste (ROBINSON *et al.*, 1995). Em relação ao contraste simultâneo, este está associado a um problema encontrado na leitura de mapas, quando a cor percebida em uma determinada feição pode ser influenciada pela cor da feição vizinha (MACEACHREN, 1995). Sendo assim, o contraste simultâneo se baseia no princípio de que nenhuma cor tem valor por si só, isto é, um matiz pode ser acentuado, atenuado ou modificado pela influência das cores justapostas (MARTIN, 1974; WONG, 1987). De acordo com a teoria da oposição de cores, no que se refere ao canal branco-preto, um tom de cinza é percebido de maneira mais clara quando circundado de preto (Figura 9a), e mais escuro quando o tom ao seu redor é branco (Figura 9b) (WONG, 1987).

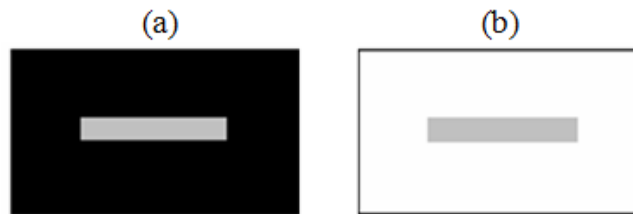


Figura 8 - Contraste simultâneo para variações de valor/brilho.
Fonte: Wong (1987).

Um exemplo sobre a utilização do contraste simultâneo para variações de matiz é apresentado na Figura 10. Na Figura 10a, o matiz laranja (combinação de amarelo e magenta) circundado pelo matiz verde (combinação de amarelo e ciano) aparece em tons avermelhados, pois acentua o matiz complementar da cor ao redor, no caso o magenta. Já na Figura 10b, o matiz laranja sobre o fundo azul aparece em tons amarelados, uma vez que o matiz complementar da cor ao redor é o amarelo.



Figura 9 - Contraste simultâneo para variações de matiz.
Fonte: Wong (1987).

Outro conceito importante que está relacionado à segregação de figura-fundo é a hierarquia visual entre os planos de informação presentes em uma cena visual. Um mapa, por exemplo, pode oferecer diferentes planos de informação ao usuário e, apresentar diversas informações que facilitem a leitura e a interpretação das representações cartográficas (MACEACHREN, 1995). De acordo com o propósito do mapa, o cartógrafo pode utilizar dos princípios de segregação de figura-fundo para promover a hierarquia visual, com o intuito de destacar uma feição ou um conjunto de feições em relação às demais (DENT *et al.*, 2009).

2.4 Mapas para Daltônicos

Pesquisadores de diversas partes do mundo tem se empenhado em projetos cartográficos que tenham o propósito de criar mapas acessíveis para pessoas com deficiência na visão de cores (GARDNER, 2005; JENNY; KELSO, 2007a; JENNY; KELSO, 2007b; PUGLIESI; DECANINI, 2011; CULP, 2012; MAIA; SPINILLO, 2013; KROGER *et al.*, 2013). O estudo de Maia e Spinillo (2013), por exemplo, teve como objetivo compreender como pessoas com deficiência na visão de cores percebem as representações gráficas de mapas de rotas do sistema de transporte público da cidade de Curitiba (Figura 11). Para isto, os autores realizaram uma série de análises sobre o projeto gráfico dos mapas com base nas variáveis visuais propostas por Bertin (1983), tais como a cor, o valor, o tamanho e a forma. Além disso, foram realizadas entrevistas com um grupo de usuários daltônicos, com a finalidade de obter relatos sobre as experiências destes usuários ao utilizar os mapas em questão. A partir dos resultados obtidos, Maia e Spinillo (2013) verificaram que os usuários daltônicos apresentaram dificuldades para identificar algumas informações apresentadas nos mapas de rota do sistema de transporte de Curitiba. Neste sentido, os autores apontam os aspectos negativos e positivos sobre o projeto gráfico dos mapas em questão. Além disso, Maia e Spinillo (2013) apresentam propostas preliminares de projetos gráficos (Figura 12), com o intuito de promover melhorias nos mapas do sistema de transporte de Curitiba.



Figura 10 - Mapas de rotas do sistema de transporte público da cidade de Curitiba.
Fonte: Maia e Spinillo (2013).

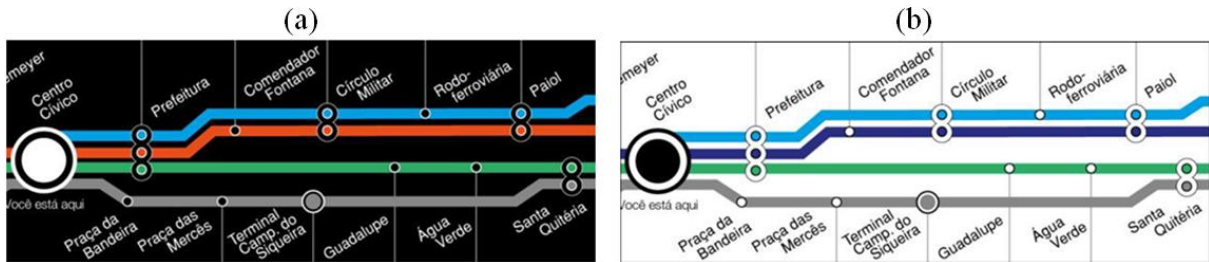


Figura 11 - Propostas de projetos de mapas: fundo preto (a) e fundo branco (b).
Fonte: Maia e Spinillo (2013).

Outro exemplo a ser citado, refere-se ao estudo realizado por Kroger *et al.* (2013). Neste trabalho, os autores verificaram quais as principais limitações encontradas pelos usuários daltônicos em relação ao esquema de cores utilizado para representar a informação de malha viária em mapas do *openstreetmap.org*, os quais são tradicionalmente utilizados no Reino Unido. Para verificar como as pessoas com deficiência na visão de cores veem os mapas do *openstreetmap.org*, foi utilizado o simulador de visão de cores *Color Oracle* (Figura 13). Este aplicativo permite que pessoas com visão normal de cores possam compreender como indivíduos daltônicos veem as cores de qualquer composição visual.



Figura 12 - Mapas do *openstreetmap.org* vistos por pessoas com visão normal de cores (a), dicromatas deuteranopes (b), protanopes (c) e tritanopes (d).
Fonte: Kroger *et al.* (2013).

Após verificar como os daltônicos dicromatas veem os mapas do *openstreetmap.org*, Kroger *et al.* (2013) realizaram melhorias no projeto dos mapas, com base no processo de ajuste de cores sobre as feições correspondentes à informação de malha viária (Figura 14). Posteriormente, os mapas com as cores ajustadas, foram avaliados por meio de uma comparação com os mapas originais do *openstreetmap.org*. A avaliação foi realizada por meio da *internet* junto a um grupo de pessoas com deficiência na visão de cores. A partir dos resultados obtidos, Kroger *et al.* (2013) comprovaram que houve uma diminuição do tempo

de resposta dos usuários daltônicos no que diz respeito à identificação das informações de malha viária presentes nos mapas propostos, os quais passaram pelo processo de ajuste de cores.



Figura 13 - Mapas do *openstreetmap.org* após o ajuste das cores conforme a visão de cores de pessoas normais (a), dicromatas deuteranopes (b), protanopes (c) e tritanopes (d).

Fonte: Kroger *et al.* (2013).

Outro estudo sobre mapas para daltônicos foi conduzido por Gardner (2005). O autor descreve os resultados de uma avaliação junto a um grupo de indivíduos daltônicos sobre diferentes esquemas de cores da ferramenta *ColorBrewer* (<http://colorbrewer2.org/>). Esta ferramenta fornece aos usuários diversas opções de esquemas de cores para serem utilizadas em mapas temáticos. Gardner (2005) realizou uma série de experimentos levando-se em consideração cada esquema de cor oferecido pelo *ColorBrewer* (Figura 15). O objetivo do autor consistiu em verificar quais esquemas de cores são mais apropriadas para acomodar a visão de daltônicos com deficiência na visão das cores vermelha e verde. Os experimentos realizados por Gardner (2005) também auxiliaram na identificação dos esquemas de cores mais problemáticos para os usuários daltônicos.

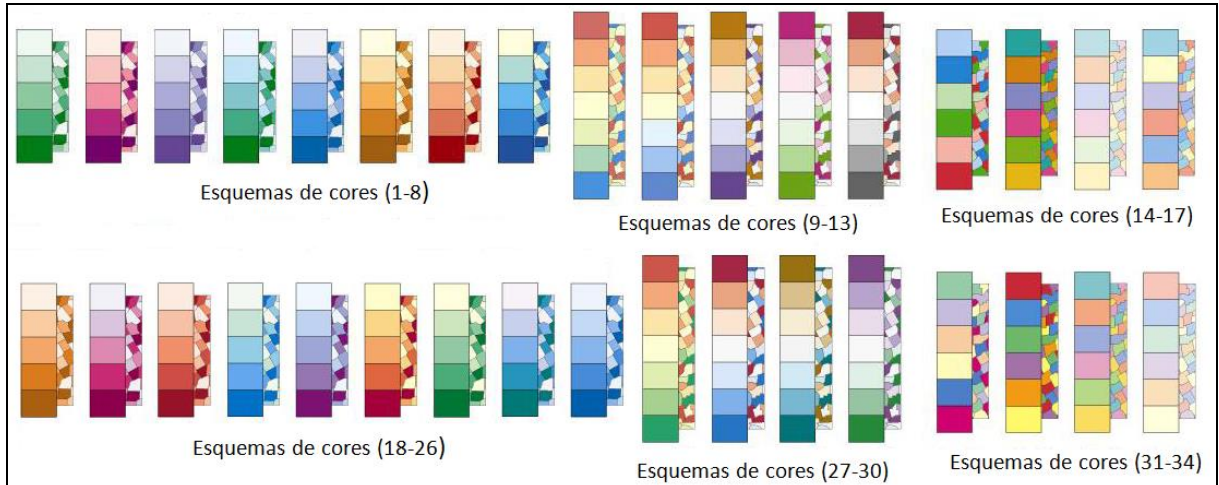


Figura 14 - Exemplo de esquemas de cores oferecidos pelo *ColorBrewer* para projetar e produzir mapas temáticos.

Fonte: Adaptado de Gardner (2005).

O estudo de Culp (2012) teve como objetivo aumentar a acessibilidade de mapas para usuários daltônicos, por meio de uma proposta de recoloração para mapas. Esta proposta foi elaborada com base em um algoritmo computacional que utiliza uma combinação de métodos de ‘re-mapeamento’ e ‘dessaturação’. A finalidade da proposta de Culp (2012) foi produzir para uma única imagem colorida, um resultado capaz de acomodar a visão de cores dos daltônicos dicromatas dos tipos protanope, deuteranope e tritanope. Primeiramente, Culp (2012) verificou como os dicromatas veem as cores de um mapa (Figura 16), para isto foi utilizado o algoritmo computacional desenvolvido por Viénot e Brettel (2001).

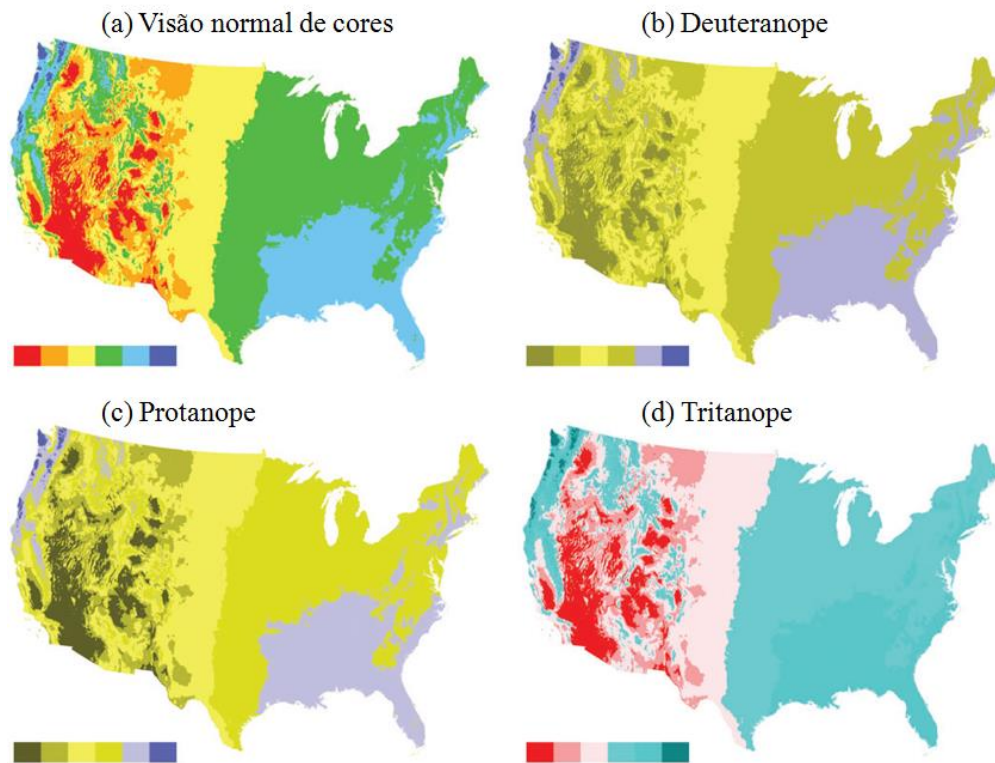


Figura 15 - Mapas vistos por pessoas com visão normal de cores (a), dicromatas deuteranopes (b), protanopes (c) e tritanopes (d).
Fonte: Culp (2012).

A partir dos mapas originais, aplicou-se o algoritmo computacional para recoloração dos mapas. Segundo Culp (2012) este algoritmo é capaz de produzir imagens acessíveis a pessoas com deficiência nas cores verde, vermelho e azul. O resultado obtido do procedimento em questão é apresentado na Figura 17. Embora Culp (2012) apresente as vantagens em relação à técnica utilizada, o algoritmo apresenta algumas limitações, ainda a serem investigadas. Além disso, os mapas resultantes do procedimento de recoloração necessitam ser avaliados junto a um grupo de usuários com deficiência na visão de cores.

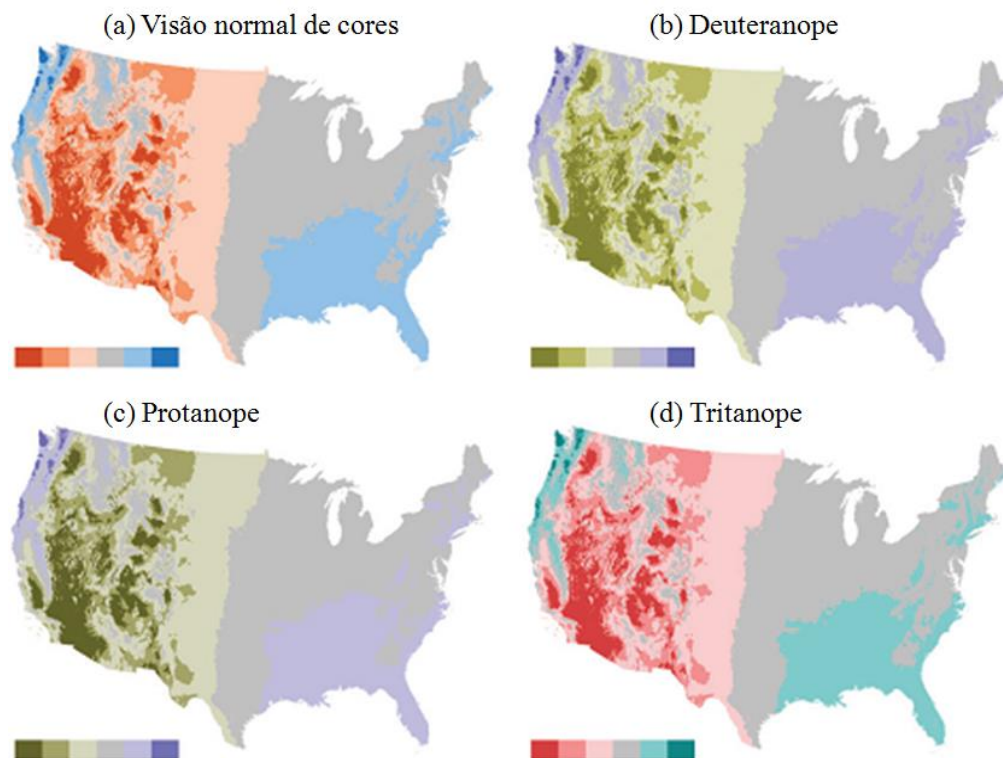


Figura 16 - Mapas resultantes do procedimento de recoloração para pessoas com visão normal de cores (a) e dicromatas deuteranopes (b), protanopes (c) e tritanopes (d).
Fonte: Culp (2012).

Outras propostas sobre projeto gráfico de mapas que visam à acessibilidade de usuários daltônicos são apresentadas por Jenny e Kelso (2007a; 2007b). Os autores utilizaram o aplicativo *Color Oracle* para simular a visão de cores dos daltônicos dicromatas para os tipos protanope, deuteranope e tritanope. A partir disso, Jenny e Kelso (2007a; 2007b) afirmam ser possível ajustar esquemas de cores para projetar e produzir mapas acessíveis e legíveis, tanto para usuários com visão normal de cores quanto para usuários com deficiência nas cores verde e vermelha. Os autores também sugerem a utilização de variáveis visuais, tais como forma e tamanho, para promover maior clareza aos mapas. As Figuras 18 e 19 ilustram, respectivamente, como os símbolos de pontos e linhas podem ser projetados para aumentar a legibilidade dos mapas para usuários com deficiência nas cores verde e vermelha.

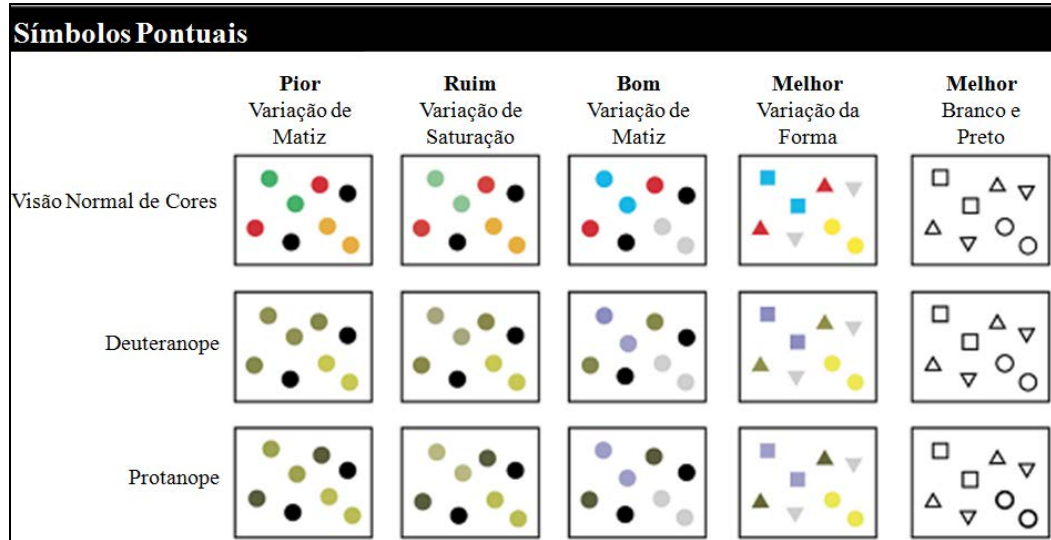


Figura 17 - Opções de símbolos pontuais para representação de feições em mapas para usuários com deficiência na visão de cores.

Fonte: Adaptado de Jenny e Kelso (2007a).

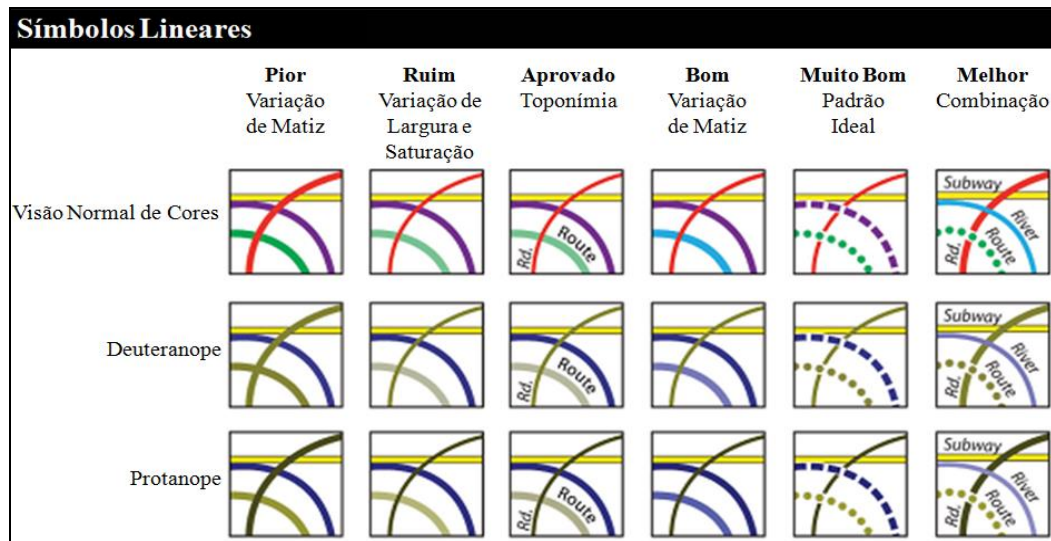


Figura 18 - Opções de símbolos lineares para representação de feições em mapas para usuários com deficiência na visão de cores.

Fonte: Adaptado de Jenny e Kelso (2007a).

Com o propósito de iniciar os estudos relacionados à elaboração de projeto gráfico de mapas para sistemas de navegação e guia de rota em automóvel, destinados a motoristas daltônicos, Pugliesi e Decanini (2011) elaboraram um conjunto de representações cartográficas para daltônicos dicromatas protanopes e deuteranopes. Para compreender como os daltônicos dicromatas do tipo protanope e deuteranope veem os mapas de um sistema de navegação e guia de rota em automóvel local, os autores utilizaram as paletas de cores *Web-Safe Palette* (RIGDEN, 1999). Os resultados obtidos são apresentados na Figura 20.

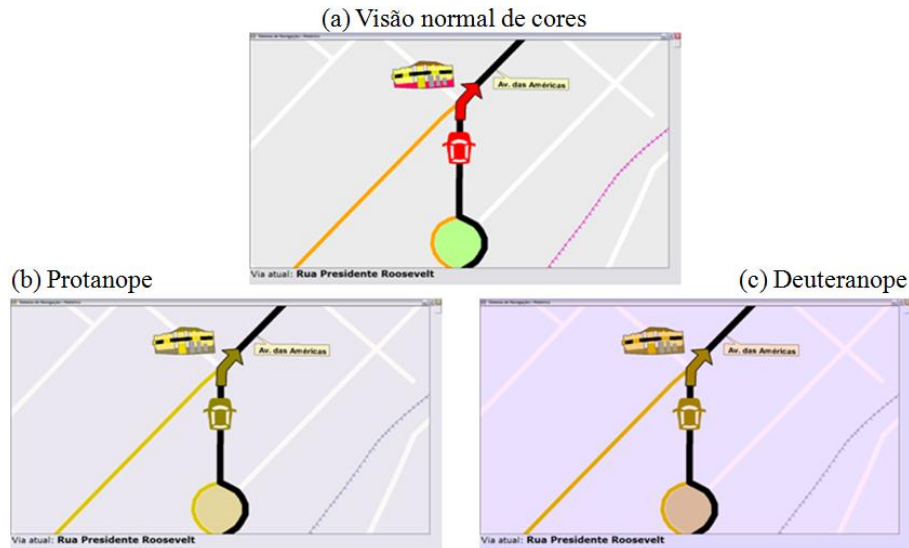


Figura 19 - Mapas de um sistema de navegação e guia de rota em automóvel local visto por pessoas com visão normal de cores (a), dicromatas protanopes (b) e deuteranopes (c).

Fonte: Pugliesi e Decanini (2011).

A partir do procedimento de simulação da visão de cores dos dicromatas protanopes e deuteranopes, Pugliesi e Decanini (2011) propuseram melhorias no projeto gráfico dos mapas para o SINGRA (Figura 21). Os autores afirmam ter filtrado determinados ruídos e favorecido a legibilidade dos mapas para pessoas com tais características perceptivas, por meio do emprego de técnicas visuais relacionadas à organização perceptual e, também, da técnica de simulação de visão de cores. O projeto proposto por Pugliesi e Decanini (2011) foi implementado em um protótipo de sistema de navegação, por meio de dois módulos básicos, um para protanope e outro para deuteranope (OLIVEIRA *et al.*, 2012). No entanto, os mapas produzidos no protótipo de SINGRA requerem um aprimoramento do projeto gráfico em relação ao simulador de visão de cores utilizado, bem como no projeto das representações cartográficas dos mapas. Além disso, uma avaliação do desempenho da comunicação cartográfica é necessária (PUGLIESI; DECANINI, 2011; OLIVEIRA *et al.*, 2012).

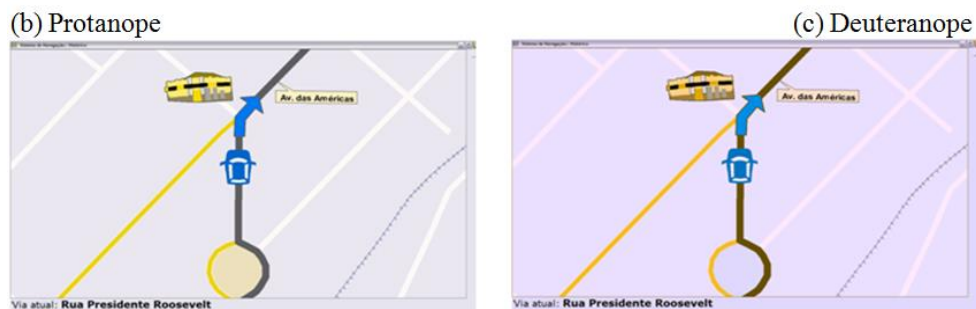


Figura 20 - Representações cartográficas do SINGRA local projetadas para daltônicos dicromatas protanopes (b) e deuteranopes (c).

Fonte: Pugliesi e Decanini (2011).

3 REPRESENTAÇÕES CARTOGRÁFICAS DE SINGRA PARA MOTORISTAS DALTÔNICOS

Para projetar as representações cartográficas de sistema de navegação e guia de rota em automóvel para motoristas com deficiência na visão de cores, três etapas foram necessárias, quais sejam: seleção de um simulador de visão de cores; análise de mapas de SINGRA produzidos por empresas e; projeto das representações cartográficas. Na primeira etapa foi realizado um estudo preliminar sobre diferentes simuladores de visão de cores encontrados na literatura, e a partir disto, foi feita a seleção daquele que melhor representa a visão de cores dos dicromatas. Na segunda etapa, foi efetuada uma análise preliminar dos mapas apresentados por diferentes sistemas de navegação e guia de rota em automóvel disponíveis no mercado. Esta análise foi realizada com base na percepção de cor dos dicromatas, por meio do emprego do simulador de visão de cores selecionado na primeira etapa, e também na investigação da formação de figura-fundo entre as feições cartográficas dos mapas. Na terceira etapa, foi elaborado o projeto das representações cartográficas de SINGRA para auxiliar motoristas daltônicos na navegação em automóvel. Os resultados obtidos tanto na primeira quanto na segunda etapa tiveram a finalidade de apoiar o projeto das representações cartográficas de SINGRA.

3.1 Seleção do Simulador de Visão de Cores

Com a finalidade de permitir que as pessoas com visão normal de cores possam compreender como indivíduos daltônicos veem uma composição visual qualquer, diferentes técnicas de simulação de visão de cores vêm sendo empregadas. Também conhecida como transformação de cores (RIGDEN, 1999), a técnica de simulação de visão de cores tem sido baseada em algoritmos computacionais (BRETTEL *et al.*, 1997) ou em aplicações de paletas de cores (RIGDEN, 1999). O procedimento de simulação permite com que uma composição visual qualquer possa ser visualizada conforme a visão de cores dos dicromatas dos tipos protanope, deuteranope e tritanope.

Atualmente, existe uma variedade de simuladores de visão de cores, porém não foi encontrado qualquer trabalho sobre a qualidade visual resultante do procedimento de simulação desses diferentes simuladores. O uso de um simulador inadequado pode causar ruídos no processo de transformação de cores e, conseqüentemente, prejudicar o processo de comunicação visual por parte do daltônico. Sendo assim, a etapa de seleção do simulador de

visão de cores teve como finalidade encontrar um simulador que melhor representa a visão de cores dos dicromatas e, conseqüentemente, que tenha potencial para apoiar o projeto cartográfico de mapas de SINGRA, destinados aos motoristas com deficiência na visão de cores.

A partir de um estudo sobre a aplicação de diferentes simuladores de visão de cores encontrados na literatura foi possível verificar o resultado do procedimento de transformação de cores dos seguintes simuladores: *Web-Safe Palette* (RIGDEN, 1999) *Vischeck* (DOUGHERTY; WADE, 2002), *Chromatic Vision Simulator* (ASADA, 2012) e *Color Oracle* (JENNY; KELSO, 2007a; JENNY; KELSO, 2007b). Os procedimentos de simulação da visão de cores dos dicromatas com uso de diferentes simuladores foram realizados para uma imagem que representa diversas cores, dentre as quais as do espectro eletromagnético no intervalo do visível, vistas por pessoas com visão normal de cores. Esta imagem apresenta os principais matizes percebidos pelo olho humano, bem como a transição suave e contínua de um matiz para outro, considerando ainda diferentes níveis de saturação.

Os resultados obtidos por meio do processo de simulação com cada um dos simuladores apontaram que o *Color Oracle* é o que melhor representa a visão de cores dos dicromatas. Em decorrência disto, este simulador é o que apresenta maior potencial para apoiar projetos de representações visuais destinados aos usuários com deficiência na visão de cores. Diferentemente dos demais simuladores, o *Color Oracle* é o único que apresentou transição suave e contínua de uma cor para outra, para todos os matizes exibidos na imagem analisada. Além disso, foi possível verificar que os indivíduos dicromatas dos tipos protanope e deuteranope são capazes de identificar, sem dificuldades, tons de amarelo e azul, em diferentes níveis de brilho e saturação, bem como o branco, o preto e valores intermediários. As informações sobre os simuladores utilizados, o procedimento de simulação de visão de cores, os resultados obtidos por meio do emprego de cada um dos simuladores e as discussões e razões pelas quais se decidiu selecionar o *Color Oracle* são apresentadas no Apêndice A.

3.2 Análise dos Mapas de SINGRA

Diversas marcas e modelos de sistemas de navegação em automóvel, comerciais e/ou gratuitos, encontram-se disponíveis aos usuários de diversas partes do mundo todo. Estes sistemas dispõem de uma variedade de representações cartográficas, as quais vêm sendo projetadas com o emprego de diferentes variáveis visuais para representar o mesmo tipo de feição, considerando diferentes sistemas. Dentre as variáveis visuais utilizadas no projeto

de representações cartográficas de SINGRA, destaca-se a cor, a qual pode ser considerada como a variável visual estática mais dominante em processos de busca visual (FORREST; CASTNER, 1985). O elemento cor é frequentemente utilizado para representar diferentes feições em mapas. Além disso, o emprego deste elemento contribui para a formação de diferentes níveis de hierarquia visual, por meio da separação e diferenciação de informações em uma mesma cena visual (DENT *et al.*, 2009; SLOCUM *et al.*, 2009).

Em relação aos sistemas de navegação e guia de rota em automóvel, pesquisas sugerem que os mapas apresentados por estes sistemas deveriam conter um conjunto básico de informações de navegação (PUGLIESI *et al.*, 2009). Estas informações deveriam ser representadas em função de uma hierarquia visual, de maneira a priorizar a informação essencial ao motorista, para que o mesmo navegue confiante ao longo de uma rota (PUGLIESI *et al.*, 2009). Do ponto de vista comercial, as empresas responsáveis por produzir sistemas de navegação e guia de rota em automóvel utilizam combinações de cores variadas para representar as informações temáticas de apoio à navegação ao motorista. Como consequência, os motoristas com deficiência na visão de cores podem apresentar dificuldades em compreender as informações de navegação projetadas aos motoristas com visão normal de cores, o que pode contribuir com o aumento de chances de acidentes no trânsito. Sendo assim, esta etapa teve como finalidade verificar como os dicromatas veem os mapas apresentados por sistemas de navegação e guia de rota em automóvel, disponíveis no mercado. Para isto, foi empregado o simulador de visão de cores *Color Oracle* em algumas representações e, uma análise visual foi feita por especialistas na área de cartografia temática, no intuito de verificar se as feições presentes nos mapas são vistas em termos de hierarquia de figura-fundo por dicromatas.

Utilizou-se os sistemas GARMIN *nüvi* 3460 e *Google Maps Navigation*, pois ambos os sistemas adotam diferentes projetos gráficos em suas representações cartográficas. Cabe ressaltar que o sistema GARMIN *nüvi* 3460 apresenta uma série de projetos gráficos distintos, porém neste estudo utilizou-se o projeto padrão, denominado GARMIN. Os resultados do processo de simulação indicaram perda de hierarquia visual entre as feições dos mapas dos dois sistemas analisados. Estas feições compreendem elementos de natureza principal (automóvel, seta de manobra e rota) e secundária (ex.: quadra, vias). A perda de hierarquia visual foi mais evidente nos mapas apresentados pelo sistema GARMIN *nüvi* 3460, quando comparado aos mapas apresentados pelo *Google Maps Navigation*. A empresa *Google* utiliza em seus mapas, combinações de cores que são reconhecidas mais facilmente pelos daltônicos; por exemplo, o azul para a rota e também para a posição do

automóvel, o amarelo para as vias principais, o branco para o interior da seta de manobra com contorno em preto, etc. Por outro lado, a GARMIN utiliza combinações de cores que causam dificuldades de identificação quando vistos por pessoas com deficiência na visão de cores. Cabe ressaltar que a seta de manobra apresentada pelo *Google Maps Navigation* se apresenta ilegível, enquanto que para o GARMIN *nivi 3460*, este símbolo apresenta uma boa legibilidade.

Assim, a análise dos mapas apresentados pelos sistemas de navegação em automóvel contribuiu para a identificação das vantagens e desvantagens em relação às cores que os sistemas em questão utilizam para comunicar a informação de navegação aos motoristas. Cabe ressaltar que os critérios adotados na seleção dos sistemas de guia de rota em automóvel, da área de estudo, bem como os detalhes sobre o procedimento de coleta dos dados e a simulação da visão de cores dos daltônicos, os resultados, discussões e conclusões obtidas nesta etapa são apresentados no Apêndice B.

3.3 Projeto das Representações Cartográficas

Esta etapa teve como objetivo projetar um conjunto de representações cartográficas para sistema de navegação e guia de rota em automóvel, que sejam destinadas aos motoristas com deficiência na visão de cores. Para isto, considerou-se os aspectos da percepção de cor dos dicromatas, os princípios da comunicação cartográfica no que concerne à organização perceptual, bem como os conhecimentos adquiridos nas etapas anteriores. Assim, a presente etapa referente ao projeto das representações cartográficas foi organizada nas seguintes subetapas: projeto de composição geral e projeto gráfico.

3.3.1 Projeto de composição geral

Durante o projeto de composição geral ocorre a especificação das variáveis interdependentes, as quais estão diretamente relacionadas ao propósito do mapa, sendo fundamental para a realização do projeto gráfico (KEATES, 1989; DECANINI; IMAI, 2000). Dessa forma, o projeto de composição geral envolveu a caracterização da área de estudo, a seleção da mídia para apresentação da informação, a definição da escala de representação, bem como a seleção e a organização das informações.

A área de estudo está localizada no município de Álvares Machado, região oeste do estado de São Paulo, a qual vem sendo utilizada em estudos desenvolvidos na

FCT/UNESP (ex.: PUGLIESI, 2007; PUGLIESI *et al.*, 2009; MARQUES, 2011; OLIVEIRA *et al.*, 2012; RAMOS *et al.*, 2014d). Os critérios adotados para a seleção da área de estudo foram: pertencer à área urbana; conter pelo menos uma manobra para realização da tarefa de preparação para conversão; dispor de malha viária contendo vias arteriais, coletoras e locais, bem como área verde e outros elementos urbanos que oferecem contexto em relação à navegação em automóvel (ex.: quadra e cruzamentos de vias).

Um conjunto de representações cartográficas foi projetado para ser apresentado em um monitor de navegação do tipo *tablet*, denominado *Asus FonePad ME371MG*, com tela de sete polegadas. Optou-se por uma mídia desta dimensão, pois corresponde à dimensão aproximada que vem sendo adotada por grandes montadoras de veículos, tais como *Ferrari*, *Mercedes*, *Hyundai*, *BMW*, *Peugeot* e *Toyota*, as quais disponibilizam sistema de navegação e guia de rota como item de série em seus veículos. A mídia de resolução de vídeo utilizada foi de 1024 x 768 pixels. As especificações técnicas do monitor de navegação selecionado são apresentadas no ANEXO A.

A escala de representação adotada foi de 1/6.000. Isto porque, estudos recentes avaliaram quatro diferentes escalas de representação para mapas de sistema de navegação e guia de rota em automóvel junto a um grupo de motoristas com visão normal de cores (RAMOS *et al.*, 2014a; RAMOS *et al.*, 2014c; RAMOS *et al.*, 2014d). Os resultados obtidos nos estudos indicaram que, dentre as escalas avaliadas, a maioria dos motoristas apresentou melhor desempenho ao utilizarem representações cartográficas de SINGRA na escala 1/6.000. Esta escala resultou em maior eficiência (menor demanda visual) (RAMOS *et al.*, 2014c), maior eficácia (menor número de erros navegacionais) (RAMOS *et al.*, 2014d) e maior preferência subjetiva (maior nível de aceitação) (RAMOS *et al.*, 2014a) quando comparada às demais escalas avaliadas.

No contexto de sistema de navegação e guia de rota em automóvel, o motorista desempenha uma série de tarefas, dentre as quais se destaca a tarefa tática. Esta tarefa consiste em ações realizadas pelo motorista, as quais estão associadas à preparação para a tomada de decisões como, por exemplo, a realização de manobras, geralmente indicada por setas de direção de manobra (PUGLIESI, 2007). Durante a tarefa tática o motorista requer um conjunto de elementos de apoio à navegação em automóvel, os quais são fundamentais para a tomada de decisão. Outras informações de contexto secundário também são importantes para fornecer contexto espacial, o qual está associado ao processo de criação de uma imagem mental não ambígua do espaço em que o motorista se encontra (ROSS *et al.*, 1995; LABIALE, 2001; PUGLIESI; DECANINI, 2009). Neste sentido, os elementos para apoio à

navegação selecionados foram de natureza temática (automóvel, rota, seta de direção de manobra) e de contexto secundário (malha viária, toponímia de vias, área verde, quadra e linha férrea). Um símbolo pictórico de automóvel ‘visto de cima’ indica a posição do automóvel na via. A representação da rota acontece com uma linha espessa e indica o trajeto a ser percorrido pelo automóvel. Um símbolo de seta de manobra representa a direção do movimento a ser realizado na junção onde ocorrerá a conversão de manobra. Os elementos selecionados para apoio à navegação foram organizados (Quadro 1) em função das categorias de informação, hierarquia visual, dimensão espacial (ponto, linha ou área) e nível de medida (nominal ou ordinal).

Categoria de informação	Elemento de informação	Hierarquia visual	Dimensão espacial	Nível de medida	
Localização na rota	Automóvel	1 ^a	Ponto	Nominal	
Direção da manobra	Seta de manobra				
Indicação do trajeto na malha viária	Rota		Linha	Ordinal	
Contexto espacial	Malha viária: Vias arteriais Vias coletoras Vias locais	2 ^a	Linha		
	Linha férrea	3 ^a	Linha		Classe única
	Área verde	3 ^a	Área		Classe única
	Quadra	3 ^a	Área	Classe única	

Quadro 1 – Informações de apoio à navegação auxiliada por SINGRA.
Fonte: Adaptado de Pugliesi *et al.* (2009) e Marques (2011).

3.3.2 Projeto gráfico

O projeto gráfico das representações cartográficas foi proposto com base nos aspectos da percepção de cor dos dicromatas, bem como nos princípios da comunicação cartográfica no que se refere ao agrupamento perceptivo e à segregação de figura-fundo. Em relação aos aspectos da percepção de cor, inicialmente, utilizou-se duas imagens que representam diversas cores, dentre as quais as do espectro visível, vistas por dicromatas dos tipos protanope e deuteranope, respectivamente (Figura 21a e Figura 21b). As imagens são resultantes do procedimento de simulação de visão de cores realizado com o *Color Oracle*. Esta simulação mostra que os dicromatas dos tipos protanope e deuteranope são capazes de reconhecer, sem dificuldades, o branco, o preto, tons de cinza, o amarelo e o azul, bem como variações de saturação e brilho. Cabe ressaltar que, se uma combinação de cores é legível para

os indivíduos dicromatas, também terá boa compreensão por indivíduos tricromatas anômalos.

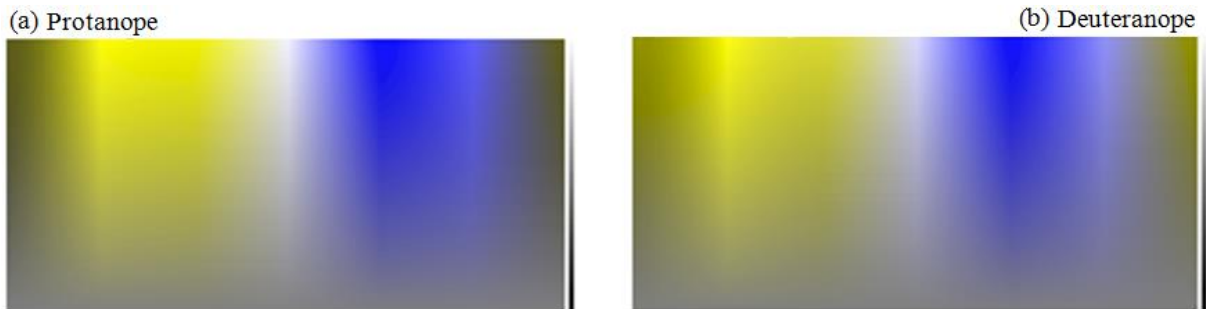












Figura 21 - Imagens que representam algumas cores conforme a visão de cores dos dicromatas dos tipos protanope (a) e deuteranope (b).

Durante o projeto gráfico também se considerou as vantagens apresentadas em relação às cores, as quais foram constatadas na análise dos mapas apresentados pelos sistemas GARMIN *nüvi* 3460 e *Google Maps Navigation*. Dessa forma, um conjunto de representações cartográficas para SINGRA foi proposto para acomodar a visão de cores dos dicromatas dos tipos protanope e deuteranope. As variáveis visuais aplicadas à espessura e ao tamanho dos símbolos foram mantidas para os diferentes símbolos que representam a figura e o fundo nos mapas. Além disso, os elementos da base cartográfica também tiveram suas variáveis visuais preservadas entre as diferentes representações propostas. Assim, a variação ocorreu para a variável visual cor entre os símbolos temáticos (automóvel, rota e seta de direção de manobra). Para tanto, levou-se em consideração diferentes tipos de contraste, como o contraste de matiz, contraste de valor, contraste de saturação e contraste simultâneo.

A partir disto, objetivou-se promover a segregação de figura-fundo, com o intuito de estabelecer diferentes níveis de hierarquia visual entre as feições cartográficas do tema e do fundo. As feições do tema consistiram em um conjunto mínimo de elementos conforme mencionado no projeto de composição geral, os quais são apresentados também nos mapas dos sistemas de navegação e guia de rota em automóvel analisados. As representações cartográficas foram projetadas no *software* ArcGIS, para a exibição em uma mídia de sete polegadas. Foram propostas diferentes opções de projetos gráficos para representar a rota, a seta de direção de manobra e o automóvel (Quadro 2), mantendo-se um padrão para as demais feições cartográficas dos mapas (Quadro 3).

Especificação gráfica				
Elemento de Informação	Opção 1		Opção 2	
	Sistema de cor (RGB)	Símbolo	Sistema de cor (RGB)	Símbolo
Automóvel	(55,55,248)		(0,0,0)	
	Preenchimento (255,255,255) Contorno (55,55,248)		Preenchimento (255,255,255) Contorno (55,55,248)	
Rota	(55,55,248)		(0,0,0)	

Quadro 2 – Especificação gráfica para representar as informações principais de navegação ao motorista daltônico.

Elemento de Informação	Especificação gráfica	
	Sistema de cor (RGB)	Símbolo
Malha viária: Via arterial Via coletora Via local	(255,255,0) (252,252,130) (255,255,255)	
Linha férrea	(0,0,0)	
Quadra	(200, 200, 200)	
Área Verde	(219, 218, 169)	

Quadro 3 – Especificação gráfica para representar as informações de navegação de contexto ao motorista daltônico.

As diferentes representações cartográficas propostas nesta pesquisa levaram em consideração diferentes aspectos gráficos em função do agrupamento perceptivo entre os símbolos de automóvel, seta de direção de manobra e rota. A principal mudança de uma representação para a outra esteve no emprego do azul e do preto, conforme apresentado no Quadro 2. Essas poucas opções aconteceram devido à limitação da percepção de cor dos dicromatas dos tipos protanope e deuteranope. Para a formação de uma representação legível no traçado da seta de manobra, o branco foi empregado no preenchimento, o qual também foi utilizado para contornar o automóvel e garantir a formação da figura deste objeto, o qual esteve na mesma cor da rota, em alguns casos. Quatro conjuntos de mapas foram elaborados

e, com o intuito de avaliar a variação do emprego da variável visual cor empregada nos elementos temáticos, seis casos foram estabelecidos a partir destes conjuntos, a fim de verificar a preferência por estas representações cartográficas junto a um grupo de motoristas com deficiência na visão de cores. No primeiro caso, o primeiro conjunto utilizou-se a técnica de agrupamento perceptivo para os três símbolos temáticos, com o uso do azul (Figura 22a) e do preto (Figura 22b).

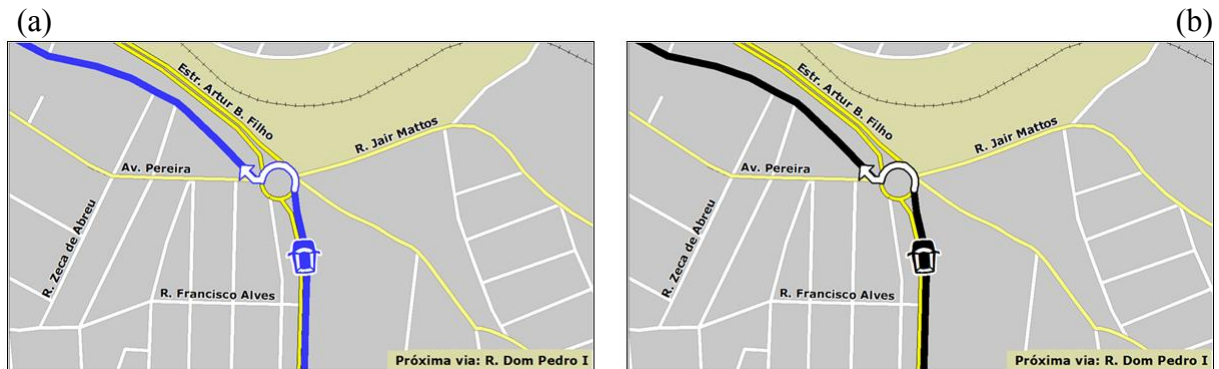


Figura 22 - Agrupamento perceptivo por cor entre o automóvel, rota e contorno da seta de direção de manobra, utilizando o azul (a) e o preto (b).

O segundo caso constituiu um novo conjunto de duas representações, as quais foram construídas com o intuito de promover o agrupamento perceptivo entre dois dos três elementos principais do mapa. Assim, no primeiro mapa, o automóvel e a rota foram representados em azul, diferenciando-os do contorno da seta de manobra em preto (Figura 23a). Enquanto no segundo mapa, a rota e o automóvel foram representados em preto, diferenciando-os do contorno da seta de direção na cor azul (Figura 23b). Cabe ressaltar que em relação à variável visual cor, a representação dos elementos temáticos da Figura 23a apresenta similaridades com os mapas apresentados pelo sistema *Google Maps Navigation*.

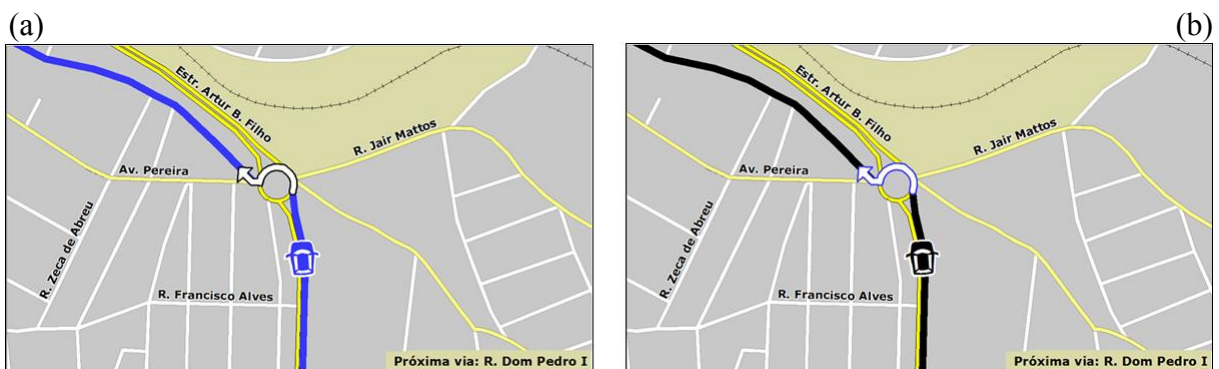


Figura 23 - Agrupamento perceptivo por cor entre automóvel e rota, utilizando o azul (a) e o preto (b).

No terceiro caso, também formado por dois mapas, procurou-se promover o agrupamento perceptivo entre os dois menores dos três elementos principais do mapa. Dessa

forma, foi estabelecido o agrupamento perceptivo entre o automóvel e o contorno da seta de manobra, diferenciando-os da rota. No primeiro mapa, a cor azul foi aplicada para representar o automóvel e o contorno da seta de manobra, enquanto o preto foi utilizado para representar a rota (Figura 24a). No segundo mapa, utilizou-se o preto para representar o automóvel e o contorno da seta de direção de manobra e o azul para a rota (Figura 25b). Consequentemente, houve o estabelecimento de segregação do automóvel em relação à rota.



Figura 24 - Agrupamento perceptivo por cor entre o automóvel e o contorno da seta de direção de manobra, utilizando o matiz azul (a) e o preto (b).

Para o quarto caso, o novo conjunto de mapas considerou o agrupamento perceptivo entre a rota e o contorno da seta de manobra, diferenciando-os do automóvel. A proposta aqui também é promover a continuidade da rota. No primeiro mapa, utilizou-se o azul para representar a rota e também o contorno da seta de direção de manobra, enquanto o preto foi utilizado para representar o automóvel (Figura 25a). No segundo mapa, utilizou-se o preto para representar a rota e o contorno da seta de manobra, e o azul para representar a rota (Figura 25b). Da mesma forma que no terceiro caso, houve o estabelecimento de segregação do automóvel em relação à rota.



Figura 25 - Agrupamento perceptivo por cor entre a rota e o contorno da seta de direção de manobra, utilizando o preto (a) e o azul (b).

Por fim, os dois últimos casos propostos apresentaram uma combinação de mapas elaborados anteriormente. Assim, o quinto caso foi formado pelas representações

exibidas nas Figuras 23a, 25b e 24a, sequencialmente, enquanto que o sexto caso foi composto pelas representações apresentadas na Figuras 23b, 25a e 24b, também nesta sequência.

4 PREFERÊNCIA POR REPRESENTAÇÕES CARTOGRÁFICAS DE SINGRA

Este capítulo apresenta os procedimentos adotados na avaliação da preferência por representações cartográficas de sistema de navegação e guia de rota em automóvel, junto a um grupo de motoristas daltônicos. Para isto, utilizou-se o conjunto de representações cartográficas projetado no capítulo anterior. O teste que avalia a preferência tem como finalidade apontar o grau de satisfação do usuário em relação ao uso de um determinado produto (YOUNG; STANTON, 2005; PUGLIESI *et al.*, 2013). Neste sentido, a realização do teste permitiu verificar o nível de satisfação dos motoristas daltônicos em relação às diferentes representações cartográficas no contexto de SINGRA. Dessa forma, este capítulo foi organizado de acordo com a realização das seguintes etapas: recrutamento dos participantes; seleção do aparato tecnológico e, procedimento do teste sobre a preferência.

4.1 Seleção dos Participantes

A seleção de candidatos à participação do teste sobre a preferência foi realizada de duas maneiras. A primeira consistiu na abordagem daquelas pessoas que já se sabe serem portadoras de deficiência na visão de cores. A segunda maneira ocorreu através da divulgação da pesquisa por meio de correio eletrônico, enviando-se *e-mail* às pessoas conhecidas, bem como aos alunos, professores e funcionários da FCT-UNESP. Os requisitos considerados para participar do teste foram: o candidato deveria ser portador de deficiência na visão de cores, possuir Carteira Nacional de Habilitação (CNH) e apresentar experiência com direção de automóvel. A partir disso, os candidatos foram formados por um grupo de 14 motoristas daltônicos, com idade entre 21 e 31 anos (média de 25,64) e tempo médio de direção de seis anos. Dentre os 14 motoristas daltônicos, sete relataram apresentar deficiência na visão das cores vermelha, verde e azul, seis descreveram ter deficiência na visão das cores vermelha e verde e, um participante não se manifestou quanto a isto.

4.2 Aparato Tecnológico

O teste junto ao grupo de motoristas daltônicos foi realizado em um automóvel estacionado em via urbana, durante o período diurno. Um dispositivo visual do tipo *tablet* (*Asus FonePad ME371MG*), com tela de sete polegadas, foi utilizado como monitor de navegação para a exibição das representações cartográficas de SINGRA aos

participantes. Optou-se por um monitor com tela de sete polegadas, uma vez que esta dimensão vem sendo adotada com frequência nos sistemas de navegação em automóvel comerciais (LI *et al.*, 2012). Além disso, as montadoras de automóveis, tais como *Hyundai*, *Toyota* e *Peugeot* vêm adotando este padrão nos sistemas de guia de rota que disponibilizam como item de série em seus veículos. A mídia de resolução de vídeo utilizada foi de 1024 x 768 pixels.

O monitor de navegação foi fixado na parte central e superior do painel do carro, voltado para a face do motorista, formando um ângulo de aproximadamente 25 graus entre o centro do monitor e o centro da via, a fim de facilitar o processo de busca visual pelas feições presentes nos mapas, conforme recomendações de Pugliesi *et al.* (2009) e Burnett *et al.* (2012). O dispositivo do tipo *tablet* também foi utilizado para gravar, no formato de arquivos de áudio, as respostas fornecidas pelos participantes durante o teste. Cabe ressaltar que a gravação das respostas fornecidas pelos motoristas facilitou tanto a realização do teste quanto a organização dos dados coletados. A Figura 26 ilustra o cenário do teste.



Figura 26 - Cenário do teste.

4.3 Procedimento do Teste sobre a Preferência

O procedimento de aplicação do teste que avalia a preferência foi iniciado com a entrada do participante no automóvel e sua preparação como se fosse dirigir. Durante todo o experimento o veículo permaneceu ligado, com o ar condicionado em funcionamento, para tornar o ambiente de simulação mais próximo ao contexto de direção em automóvel. O pesquisador permitiu que o participante fizesse ajustes em alguns dos equipamentos internos

do automóvel, tais como o cinto de segurança, o banco de direção, etc., com o intuito de proporcionar conforto durante o teste. Na sequência, o motorista foi esclarecido sobre o objetivo da pesquisa e sobre o ambiente de teste. Foi sugerido ao participante, que o mesmo compreendesse o ambiente de teste como se estivesse dirigindo o automóvel com o auxílio de um sistema de navegação e guia de rota em automóvel. Em seguida, o candidato leu e assinou o termo de consentimento livre e esclarecido, apresentado no Apêndice C, o qual possibilitou registrar a sua aceitação formal em participar do teste.

Uma entrevista estruturada (YOUNG; STANTON, 2005) foi aplicada após o candidato assinar o termo de consentimento livre e esclarecido. Esta entrevista compreendeu o preenchimento de um questionário de caracterização individual (Apêndice D). Assim, foi possível coletar dados dos participantes sobre gênero, idade, experiência com sistemas de navegação e guia de rota em automóvel, formação educacional, tempo de habilitação e tempo de direção, características oftalmológicas, etc. O quesito ‘experiência com SINGRA’ foi coletado mediante a seguinte pergunta: “Com que frequência você utiliza GPS de navegação, como motorista e/ou passageiro do automóvel?”. As opções de respostas oferecidas aos participantes foram: ‘frequentemente’ (uma ou mais vezes por semana), ‘ocasionalmente’ (no máximo uma vez por mês), ‘raramente’ (uma ou duas vezes por ano) e ‘nunca’. Em relação ao quesito características oftalmológicas, fez-se a seguinte pergunta ao participante: “Tem algum tipo de deficiência na visão de cores (ex.: daltonismo)?” Se sim, e caso saiba, especifique o tipo. As respostas oferecidas aos motoristas foram ‘leve confusão no vermelho’, ‘leve confusão no verde’, ‘leve confusão no azul’, ‘não enxerga o vermelho’, ‘não enxerga o verde’, ‘não enxerga o azul’ e ‘só enxerga tons de cinza’. Neste caso, o participante poderia escolher mais de uma opção como resposta.

Após o preenchimento do questionário de caracterização pelo motorista, o pesquisador indagou se poderia iniciar o teste sobre a preferência. Após a confirmação do candidato, o pesquisador explicou o roteiro e a sequência do teste (Apêndice E) e então, iniciou o processo de gravação do áudio por meio do *tablet*. Neste momento, foi explicado ao motorista a finalidade de um sistema de navegação e guia de rota em automóvel e, com o intuito de familiarizar o mesmo em relação às representações cartográficas apresentadas por este tipo de sistema, foram exibidas algumas representações cartográficas de SINGRA na tela do monitor de navegação. Estas representações foram apresentadas com o uso de diferentes cores em relação àquelas que seriam avaliadas em seguida.

Na sequência, iniciou-se o teste sobre a preferência, o qual foi organizado em seis casos. O Apêndice F apresenta a sequência de como os seis casos avaliados no teste

foram apresentados aos motoristas daltônicos. No primeiro caso, o objetivo foi identificar qual mapa o motorista prefere para auxiliá-lo na realização da tarefa tática em manobra do tipo rotatória, por meio das seguintes questões: “Qual mapa você prefere para utilizar em sistema de navegação em automóvel?” e “Por quê?”. No segundo, terceiro e quarto caso, o objetivo foi verificar a opinião dos motoristas daltônicos sobre a cor ou combinações de cores utilizadas nos símbolos cartográficos que representam as informações de automóvel, rota e seta de direção de manobra. As questões foram respectivamente: “Qual cor você prefere para identificar o automóvel e a rota no mapa?” e “Por quê?”; “Qual combinação de cor você prefere para identificar o automóvel e a seta no mapa?” e “Por quê?” e; “Qual combinação de cor você prefere para identificar a seta e a rota no mapa?” e; “Por quê?”. No quinto e sexto caso, o objetivo foi verificar se o agrupamento perceptivo entre os diferentes símbolos cartográficos dos mapas de SINGRA influencia na preferência dos motoristas daltônicos. Para isto, foram feitas as seguintes perguntas: “Qual mapa você prefere para utilizar em sistema de navegação em automóvel?”; “Indique a ordem de preferência (ex. 1º, 2º e 3º lugar)” e “Por quê?”.

Durante o teste, as questões feitas aos motoristas foram exibidas no monitor de navegação, por meio do *software Microsoft Power Point*. O pesquisador leu todas as questões em voz alta, e o participante foi solicitado para responder também em voz alta. Como forma de segurança, para evitar a perda de informação durante o teste, as repostas também foram anotadas em um formulário, o qual se encontra disponível no Apêndice G. Cabe ressaltar que após a realização do teste sobre a preferência, os motoristas foram submetidos a um teste para a avaliação da visão de cores.

4.4 Avaliação da Visão de Cores

Para detectar a deficiência na visão de cores dos participantes, aplicou-se o teste de Ishihara (ISHIHARA, 1972) em cada um deles, individualmente. O teste em questão está entre os que apresentam maior potencial para detectar a deficiência na visão de cores nos seres humanos, pois apresenta grande sensibilidade na detecção desta deficiência, além de ser eficiente e de fácil aplicação (LINKSZ, 1971; BIRCH, 1997). O teste de Ishihara é composto por 24 placas pseudoisocromáticas, sendo que cada uma das placas contém elementos gráficos como números e linhas sinuosas sem significado (COLOUR-BLINDNESS, 2012) (ANEXO B). Pessoas com visão normal de cores são capazes de identificar e interpretar a informação presente em todas as placas. Por outro lado, os indivíduos com deficiência na visão de cores

não são capazes de identificar e interpretar a informação presente na maioria dessas placas. A partir das respostas dos candidatos é possível ter um diagnóstico preliminar sobre a deficiência na visão de cores dos indivíduos. Este diagnóstico é confirmado conforme o gabarito do teste de Ishihara, o qual contém as respostas exatas para cada uma das placas pseudoisocromáticas (ANEXO C). Dessa forma, as respostas dos 14 participantes referentes a cada uma das 24 placas do teste de Ishihara foram anotadas em um formulário adaptado (Apêndice H). Após conferir as respostas dos participantes com o gabarito do teste de Ishihara, a deficiência na visão de cores foi detectada e confirmada em cada um dos 14 motoristas.

4.5 Organização dos Dados

Inicialmente, os dados obtidos foram organizados no *software Microsoft Excel* e, posteriormente, processados no *software* estatístico SPSS 21.0 (*Statistical Package for the Social Sciences*). Os arquivos de áudio, gravados com o *tablet*, foram extraídos por meio da reprodução no *software Windows Media Player*. Isto possibilitou ao pesquisador quantificar os dados sobre a preferência dos motoristas daltônicos, bem como a compreender e interpretar as razões que justificam as escolhas feitas por cada um dos participantes. As respostas anotadas no formulário para a coleta dos dados também foram organizadas juntamente com os dados advindos dos arquivos de áudio.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo são apresentados e discutidos os resultados obtidos no procedimento de avaliação da preferência subjetiva de motoristas com deficiência na visão de cores por representações cartográficas de SINGRA, propostas neste trabalho de pesquisa. Dessa forma, este capítulo é apresentado em duas etapas. A primeira consiste em um conjunto de análises estatísticas dos dados, enquanto a segunda compreende a discussão dos resultados.

5.1 Análise da Preferência por Mapas de SINGRA

No que consiste ao processamento dos dados, verificaram-se os percentuais sobre a preferência dos 14 participantes em relação aos diferentes mapas de SINGRA, propostos para auxiliar motoristas daltônicos na navegação em automóvel. Além disso, algumas análises não-paramétricas foram aplicadas sobre os dados, com o intuito de verificar se houve diferença na preferência por diferentes representações, e se esta diferença é estatisticamente significativa. Este tipo de análise é recomendado quando se utiliza dados de natureza qualitativa, bem como quando não se conhece a distribuição de probabilidade dos dados (SIEGEL, 1975; CONOVER, 1999).

Ao considerar os quatro primeiros casos do teste, utilizou-se a Frequência Observada (F_0) para quantificar os dados de cada caso avaliado. Os grupos com F_0 igual ou superior a cinco elementos foram analisados pelo teste Qui-Quadrado (χ^2), considerando-se duas amostras não relacionadas. Para indicar resultados estatisticamente significativos na preferência pelas diferentes representações, estabeleceu-se um nível de significância menor ou igual a 5%, ou seja, um nível de confiança maior ou igual a 95%. Para os dois últimos casos do teste, os dados foram analisados pelo teste de Friedman, considerando-se três amostras relacionadas.

Os resultados são apresentados conforme a sequência dos seis casos avaliados, os quais foram analisados separadamente. Para verificar se a preferência subjetiva pelos mapas de SINGRA projetados nesta pesquisa é influenciada pelo agrupamento perceptivo ou pela segregação dos símbolos cartográficos temáticos, foram analisados os casos de 1 a 6. Cabe ressaltar que para os casos 5 e 6 realizou-se análises em termos da ordem de preferência, do primeiro até o terceiro lugar, ou seja, do melhor para o pior.

No caso 1, 42,85% (6) dos motoristas preferiram o mapa 1 (Figura 22a: rota, automóvel e contorno da seta em azul), enquanto 57,15% (8) preferiram o mapa 2 (Figura

22b: rota, automóvel e contorno da seta em preto). Os percentuais sobre a preferência para o caso 2 são semelhantes ao ocorrido no caso 1 (Figura 23a: rota e automóvel em azul, contorno da seta em preto; Figura 23b: rota e automóvel em preto, contorno da seta em azul). No caso 3, 71,42% (10) dos motoristas preferiram o mapa 1 (Figura 24a: rota em preto, automóvel e contorno da seta em azul), enquanto 28,58% (5) preferiram o mapa 2 (Figura 24b: rota em azul, automóvel e contorno da seta em preto). No caso 4, 64,28% (9) dos motoristas preferiram o mapa 1 (Figura 25a: automóvel em azul, rota e contorno da seta em preto), enquanto 35,72% (5) preferiram o mapa 2 (Figura 25b: automóvel em preto, rota e contorno da seta em azul). Os valores, em termos de frequência e porcentagens sobre a preferência dos motoristas, para os casos de 1 a 4, são apresentados na Figura 27.

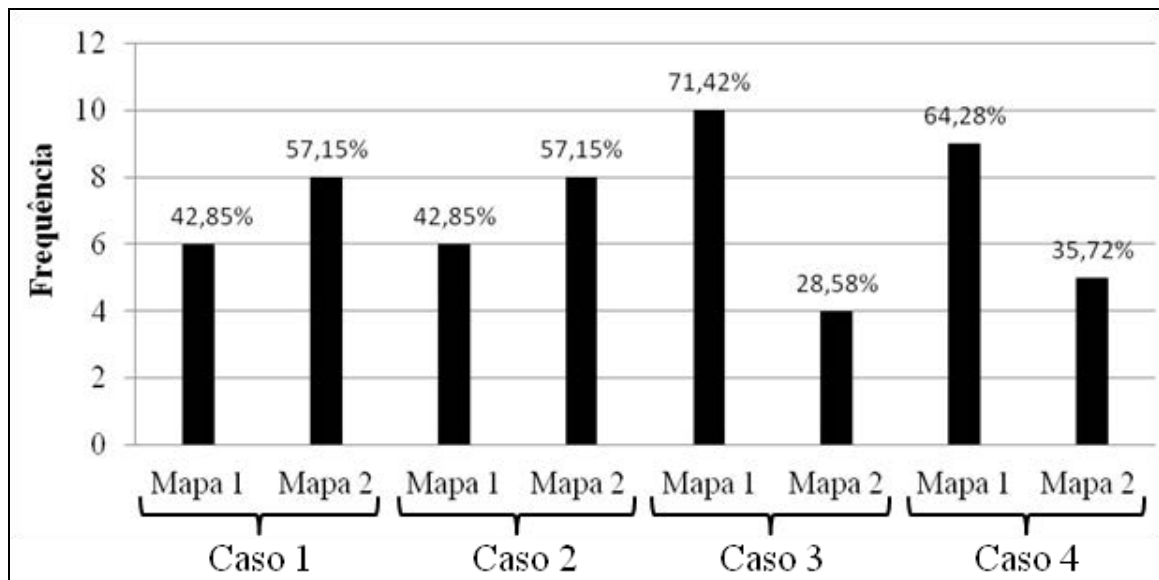


Figura 27 - Porcentagem e frequência sobre a preferência por diferentes mapas, nos casos de 1 a 4.

Embora a maioria dos motoristas tenha preferido o mapa 2, tanto para o caso 1 quanto para o caso 2, o teste Qui-Quadrado mostra que a diferença em termos da preferência pelos mapas apresentados não é estatisticamente significativa ($\chi^2 = 0,286$, $p = 0,593$). Isto mostra que a preferência pela representação dos elementos temáticos que usaram tanto o azul quanto o preto é indiferente pelos motoristas. Para o caso 3, o resultado do teste Qui-Quadrado ($\chi^2 = 2,571$, $p = 0,109$) mostra que a diferença em termos da preferência subjetiva não é estatisticamente significativa para um nível de confiabilidade maior ou igual a 95% e, o mesmo ocorre para o caso 4 ($\chi^2 = 1,143$, $p = 0,285$). No entanto, nota-se que, em relação ao caso 3, houve uma tendência por parte dos motoristas em apresentar maior preferência pelo mapa 1, o qual representa a rota em preto e o automóvel e contorno da seta

em azul. Uma síntese a respeito das razões sobre a preferência pelos diferentes mapas, para os casos de 1 a 4, é apresentada nos Quadros 4, 5, 6 e 7.

Caso 1	Mapa 1: rota, automóvel e contorno da seta em azul.	Mapa 2: rota, automóvel e contorno da seta em preto.
Comentários	Maior destaque para a rota; o azul chama mais a atenção; clareza do mapa; a rota pode confundir com feições hidrográficas.	Maior destaque para os elementos do tema; destaque para a rota e para a manobra; facilidade de diferenciar as informações; a rota chama mais a atenção.

Quadro 4 – Síntese dos comentários dos motoristas sobre os mapas apresentados no caso 1.

Caso 2	Mapa 1: rota e automóvel em azul, contorno da seta em preto.	Mapa 2: rota e automóvel em preto, contorno da seta em azul.
Comentários	A rota em azul está em maior destaque; identifica rapidamente os símbolos principais do mapa; o azul chama mais a atenção.	A rota em preto apresenta maior destaque; facilita melhor a distinção dos elementos do mapa; maior clareza; chama mais a atenção; os objetos parecem estar mais próximos.

Quadro 5 – Síntese dos comentários dos motoristas sobre os mapas apresentados no caso 2.

Caso 3	Mapa 1: rota em preto, automóvel e contorno da seta em azul.	Mapa 2: rota em azul, automóvel e contorno da seta em preto.
Comentários	Maior facilidade para perceber o carro e a seta em relação à rota; maior clareza do mapa; consegue ver o carro mais facilmente; os objetos ficam mais próximos; o carro e a seta estão na frente da rota; chama mais atenção.	Rota em maior destaque; maior diferença entre os elementos, cada um com uma cor; seta com o contorno em preto tem maior destaque em relação à rota.

Quadro 6 - Síntese dos comentários dos motoristas sobre os mapas apresentados no caso 3.

Caso 4	Mapa 1: automóvel em azul, rota e contorno da seta em preto.	Mapa 2: automóvel em preto, rota e contorno da seta em azul.
Comentários	Mapa está claro; mais fácil para perceber diferenças; contorno da seta em preto ajuda na identificação da informação.	Maior destaque para o carro, seta e rota; diferencia melhor as informações; rota em azul chama mais a atenção, o que facilita na identificação das informações.

Quadro 7 - Síntese dos comentários dos motoristas sobre os mapas apresentados no caso 4.

No caso 5, o mapa 1 (Figura 23a: rota e automóvel em azul, contorno da seta em preto) aparece com 7,14% (1) de preferência em primeiro lugar, 21,43% (3) em segundo lugar e 71,42% (10) em terceiro lugar. Enquanto que, o mapa 2 (Figura 25b: automóvel em preto, rota e contorno da seta em azul) aparece com 35,71% (5) de preferência em primeiro lugar, 50% (7) em segundo lugar e 14,29% (2) em terceiro lugar. O mapa 3 (Figura 24a: rota em preto, automóvel e contorno da seta em azul) aparece com 57,14% (8) de preferência em primeiro lugar, 28,57% (4) em segundo lugar e 14,29% (2) em terceiro lugar.

No caso 6, o mapa 1 (Figura 23b: rota e automóvel em preto, contorno da seta em azul) aparece com 21,43% (3) de preferência em primeiro lugar, 14,29% (2) em segundo lugar e 64,28% (9) em terceiro lugar. Enquanto que, o mapa 2 (Figura 25a: automóvel em azul, rota e contorno da seta em preto) aparece com 35,72% (5) de preferência em primeiro lugar, 64,28% (9) em segundo lugar e 0% (0) em terceiro lugar. O mapa 3 (Figura 24b: rota em azul, automóvel e contorno da seta em preto) aparece com 42,85% (6) de preferência em primeiro lugar, 21,43% (3) em segundo lugar e 35,72% (5) em terceiro lugar. Os valores em termos de frequência e porcentagens sobre a preferência dos motoristas daltônicos por mapas de SINGRA, para os casos 5 e 6, são apresentados na Figura 28.

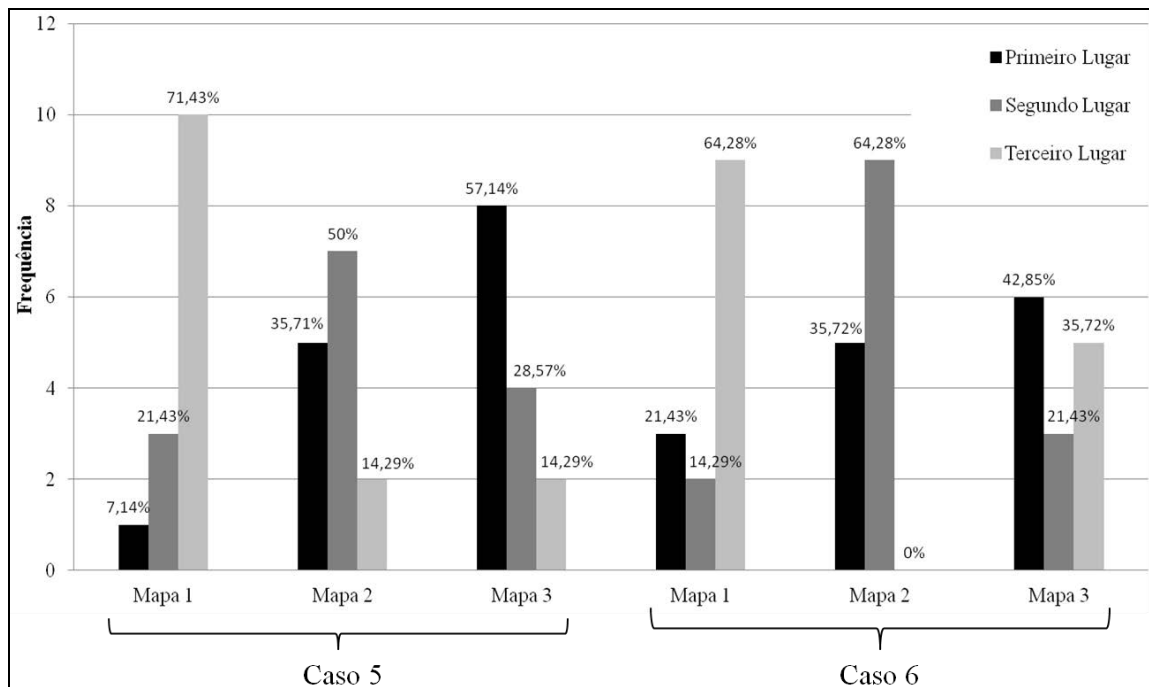


Figura 28 - Porcentagem e frequência sobre a preferência por diferentes mapas, nos casos 5 e 6.

Para o caso 5, o teste de Friedman mostra que a diferença em termos da preferência não é aleatória, e isto ocorreu de maneira significativa ($\chi^2_f = 9,000$, $p = 0,011$). Ao observar os percentuais sobre a preferência, verificou-se que os motoristas daltônicos tendem a preferir o mapa 3 (Figura 25a: rota em preto, automóvel e contorno da seta em azul), seguido do mapa 2 (Figura 26b: automóvel em preto, rota e contorno da seta em azul). Enquanto que para o caso 6, o teste de Friedman mostra que a diferença em termos da preferência é aleatória ($\chi^2_f = 4,429$, $p = 0,109$). Porém, esse resultado indica que há uma tendência de que a preferência não seja aleatória. Uma síntese a respeito das razões sobre a preferência pelos diferentes mapas, para os casos 5 e 6, é apresentada nos Quadros 8 e 9.

Caso 5	Mapa 1: rota e automóvel em azul, contorno da seta em preto.	Mapa 2: automóvel em preto, rota e contorno da seta em azul.	Mapa 3: rota em preto, automóvel e contorno da seta em azul.
Comentários	Facilidade para identificar as informações; seta bem definida.	Rota em azul possui maior destaque; importância para localização do automóvel; boa diferenciação entre o automóvel, rota e seta; maior destaque para a seta e o automóvel.	Maior destaque para rota e automóvel; chama mais a atenção; Maior contraste entre os três elementos; maior a legibilidade; facilidade de perceber distância entre automóvel e a manobra; maior destaque do carro sobre a rota; destaque da rota em relação às outras vias.

Quadro 8 - Síntese dos comentários dos motoristas sobre os mapas apresentados no caso 5.

Caso 6	Mapa 1: rota e automóvel em preto, contorno da seta em azul.	Mapa 2: automóvel em azul, rota e contorno da seta em preto.	Mapa 3: rota em azul, automóvel e contorno da seta em preto.
Comentários	O preto ajuda na diferenciação das informações; maior destaque para a seta de manobra.	Maior ênfase para a rota, elemento mais importante no mapa; maior contraste e clareza; facilidade em identificar o automóvel; contorno da seta facilita compreensão da manobra.	Rota apresenta maior destaque; a diferença entre os elementos é mais clara; mapa mais claro”; a rota chama mais a atenção.

Quadro 9 - Síntese dos comentários dos motoristas sobre os mapas apresentados no caso 6.

5.2 Discussões

Tanto no caso 1 quanto no caso 2, a maioria dos motoristas daltônicos preferiu os mapas com a rota em preto, embora a diferença em termos da preferência não tenha sido estatisticamente significativa. De acordo com as justificativas dos participantes, a rota em preto chama mais a atenção para a informação do trajeto a ser percorrido durante a navegação, a qual foi considerada como a informação de maior importância no mapa, em ambos os casos. Em consequência disto, a preferência em relação aos mapas que apresentam a rota em azul foi menor. Conforme as justificativas de alguns participantes, o azul pode ser confundido com informações hidrográficas. De acordo com o estudo de Ramos *et al.* (2014b), o qual teve como objetivo verificar a preferência pela cor da rota (em azul ou em preto) de mapas de SINGRA junto a um grupo de motoristas com visão normal de cores, a rota em

preto foi a preferida, pois contribuiu para o aumento do contraste no mapa, além de permitir uma associação com a representação do asfalto (elemento do mundo real). Além disso, os autores em questão verificaram que a rota em azul, além de apresentar associação com feições hidrográficas, prejudica a segregação de figura-fundo nos mapas.

Em relação aos casos 3 e 4, a preferência dos motoristas se concentrou em relação aos mapas que apresentam a rota em preto e o automóvel em azul. De acordo com as justificativas dos participantes, nota-se a necessidade da visualização de cada informação segregada uma da outra, o que contribuiu com o aumento do contraste entre os elementos do mapa. No que se refere à percepção visual, em termos de avanço e recuo da cor, nota-se que o azul saturado, sobre o preto, produz o efeito de avanço. No caso 4, os motoristas que preferiram a rota e o contorno da seta em azul parecem dar prioridade às informações de trajetória e manobra, por outro lado, os que preferiram a rota e o contorno da seta em preto parecem priorizar a sua posição ao longo da rota.

Quanto à ordem de preferência pelos mapas, o caso 5 mostra que existiu uma tendência por parte dos motoristas em preferir o mapa que apresenta a rota em preto, o automóvel e o contorno da seta em azul. Esta representação, contribuiu com a segregação de figura-fundo entre as informações do tema e da base. Além disso, a representação em questão favoreceu o agrupamento perceptivo de proximidade, por cor, entre o automóvel e o contorno da seta, o que contribuiu com a percepção de distância da posição que o motorista se encontra na via até o local da manobra. Além do mais, isto contribuiu para a segregação destes elementos em relação à rota. A leitura dos elementos temáticos ocorreu na seguinte ordem de importância: automóvel, seta e rota. Neste sentido, nota-se que a representação da rota em preto, com automóvel e contorno da seta em azul foi a mais legível, o que permitiu melhor diferenciação, identificação e interpretação dos símbolos cartográficos propostos por parte dos motoristas com deficiência na visão de cores. Assim, este resultado está de acordo com as abordagens de Morita (1993), o qual aponta que, durante a realização da tarefa tática, o motorista busca responder questões relacionadas com a sua posição e atividade a ser realizada a seguida, dentre as quais “Onde estou?”, “Quando e o que fazer em seguida?”.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa apontou que, dentre um conjunto de simuladores de visão de cores investigados, o *Color Oracle* é o que melhor representa visão dos daltônicos dicromatas dos tipos protanope, deuteranope e tritanope. Os testes foram realizados com uma imagem que representa as cores do espectro visível, com transição suave de um matiz para outro e também variações de saturação. Pode-se concluir que este simulador possui potencial na aplicação de projetos de mapas para usuários com este tipo de característica perceptiva. Verificou-se que os indivíduos dicromatas dos tipos protanope e deuteranope são capazes de identificar, sem dificuldades, tons de amarelo e azul, em diferentes níveis de brilho e saturação, bem como o branco, o preto e seus valores intermediários.

Uma investigação preliminar no projeto gráfico de dois diferentes sistemas de guia de rota em automóvel mostrou que o uso de determinadas cores, incapazes de serem percebidas pelos daltônicos dicromatas, torna a representação ilegível para esse tipo de usuário. Por outro lado, a representação da malha viária em tons de amarelo e os elementos temáticos em preto e na cor-matiz azul pareceram ser mais apropriados, o que poderia facilitar o processo de comunicação cartográfica. Embora o *Google Maps Navigation* apresente algumas vantagens em relação ao GARMIN *nüvi* 3460, o projeto gráfico de ambos necessita de adaptações para atender usuários com deficiência na visão de cores.

A partir dos resultados obtidos na presente pesquisa, conclui-se que ao considerar os princípios de organização perceptual, é possível projetar representações cartográficas legíveis de SINGRA, destinadas aos motoristas com deficiência na visão de cores. Nota-se que, mesmo com um número limitado de cores, foi possível estabelecer hierarquia visual e agrupamento perceptivo entre os elementos do tema sobre uma base que serviu de contexto espacial. A legibilidade e a clareza das representações cartográficas projetadas foram confirmadas por meio da avaliação da preferência subjetiva junto a um grupo de motoristas com deficiência na visão de cores.

Os principais achados deste trabalho revelam que há uma tendência na preferência por representações cartográficas de SINGRA que apresentam agrupamento perceptivo por cor entre automóvel e contorno da seta de direção de manobra, juntamente com a segregação destes dois elementos em relação à rota e a diferenciação dos elementos temáticos em relação à base. De acordo com os resultados das análises e com os relatos dos participantes, é provável que os motoristas daltônicos leem os símbolos temáticos dos mapas de SINGRA, na seguinte sequência: automóvel, seta e rota.

Como recomendação para trabalhos futuros destaca-se a necessidade de se fazer um estudo detalhado sobre o projeto de representações cartográficas de SINGRA, disponibilizados por empresas de desenvolvimento de *software*, bem como investigar a opinião dos motoristas daltônicos sobre o projeto gráfico apresentado por estes sistemas. Uma contribuição importante é a investigação das opiniões dos motoristas daltônicos, sobre suas estratégias de leitura de mapas com o apoio de sistemas de navegação existentes. Além disso, novos estudos deveriam considerar projetos de mapas que apresentem uma série de elementos, encontrados em grandes cidades, como por exemplo: malha viária com diferentes níveis de complexidade, apresentação de pontos de interesse (ex.: serviços, radares, perigo) e pontos de referência, representações 3D, etc. Consequentemente, a investigação e o emprego de novas variáveis visuais estáticas e dinâmicas se tornam necessárias.

Em relação à avaliação de representações cartográficas de SINGRA, futuros trabalhos deveriam considerar variáveis que possam mensurar, além da aceitação, a eficiência e a eficácia destas representações. Isto envolve a análise da demanda visual, do índice de Carga Mental de Trabalho e do erro navegacional. Fato que permitirá avaliar o desempenho de um grupo de motoristas daltônicos na tarefa de leitura de mapas de SINGRA projetados para esse grupo de usuários. Finalmente, sugere-se que sejam investigados o projeto e a avaliação de SINGRA para a visão noturna, considerando-se os aspectos da percepção de cores de indivíduos com deficiência na visão de cores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASADA, k. 2012. **Chromatic Vision Simulator**. Disponível em: <<http://asada.tukusi.ne.jp/webCVS/>>. Acesso em: Janeiro de 2014.
- ATCHISON, D. A.; PENDERSEN, C.; DAIN, S.; WOOD, J. M. Traffic signal color recognition is a problem for both protan and deutan color-vision deficient. **Human Factors**, 45(3), p. 495–503, 2003.
- BERTIN, J. **Semiology of Graphics: Diagrams, Networks, Maps**. Madison: University of Wisconsin. 1983. 415p.
- BICAS, H. E. A. Morfologia do sistema visual. **Medicina**, v. 30, p. 7-15. 1997.
- BIRCH, J. Efficiency of the Ishihara test for identifying red-green colour deficiency. **Ophthalmic and Physiological Optics**. 1997.
- BOS, E. S. **Cartographic Symbol Design**. ITC, The Netherlands, 1984.
- BRASIL. Artigo 17 da Lei Federal nº 10.098, de 19 de dezembro de 2000. **Lei da Acessibilidade**. Disponível em: <<http://presrepublica.jusbrasil.com.br/legislacao/103147/lei-da-acessibilidade-lei-10098-00#art-17>>. Acesso em: Janeiro de 2014.
- BRASIL. Resolução Nº 242, de 15 de Fevereiro de 2008. Dispõe sobre o exame de aptidão física e mental, a avaliação psicológica e o credenciamento das entidades públicas e privadas de que tratam o art. 147, I e §§ 1º a 4º e o art. 148, do Código de Trânsito Brasileiro. **Conselho Nacional de Trânsito – CONTRAN**, Fev. 2008.
- BRETTEL, H.; VIÉNOT, F.; MOLLON, J. Computerized simulation of color appearance for dichromats. **Journal of the Optical Society of America A** 14, 10, oct. 1997.
- BRUNI, L. F; CRUZ, A. A. V. Sentido cromático: tipos de defeitos e testes de avaliação clínica. **Arquivos Brasileiros de Oftalmologia**, 69(5):766-75, 2006.
- BURNETT, G. E. **Turn right at the King’s Head: Drivers’ requirements for route guidance information**. 1998. 341p. PhD Thesis (Doctorate em Philosophy) – Loughborough University, United Kingdom.
- BURNETT, G. E.; LAWSON, G.; MILLEN, L.; PICKERING, C.; WEBBER, E. Designing touchpad user-interfaces for right-hand drive vehicles: an investigation into where the touchpad should be located. **Behaviour & Information Technology**, p.1-14, 2012.
- CARNEY, C.; CAMBELL, J. L.; MITCHELL, E. A. In-Vehicle Display Icons and Other Information Elements: Literature Review. **U.S. Department of Transportation – Federal Highway Administration**, McLean, VA, Report Number FHWA-RD-98-164, 1998.
- COLOUR-BLINDNESS. **Ishihara Test for Color Blindness**. Disponível em: <<http://www.colour-blindness.com/pt/colour-blindness-tests/ishihara-colour-testplates/>>. Acesso em: julho, 2013.

- CONOVER, W. J. **Practical nonparametric statistics**. New York: J. Wiley, 1999.
- CULP, G. M. Increasing Accessibility for Map Readers with Acquired and Inherited Colour Vision Deficiencies: A Re-Colouring Algorithm for Maps. **The Cartographic Journal**, v. 49, n. 4, p.302–311, 2012.
- DECANINI, M. M. S.; IMAI, N. N. Mapeamento na Bacia do Alto Paraguai: Projeto e Produção Cartográfica. **Revista Brasileira de Cartografia**, p. 65-75, 2000.
- DENT, B. D. **Cartography: Thematic Map Design**. 6° ed. Dubuque: Wm. C. Brown Publishers, 2009.
- DINGUS, T. A.; HULSE, M. C. Some Human Factors Design Issues and Recommendations for Automobile Navigation Information Systems. **Transportation Research** 1C, p. 119-131. 1993.
- DONDIS, D. A. **Sintaxe da Linguagem Visual**. São Paulo: Martins Fontes, 2003.
- DOUGHERTY, B.; WADE, A. 2002. **Vischeck**. Disponível em: <<http://vischeck.com/vischeck/vischeckImage.php>>. Acesso em: Janeiro de 2014.
- ENVI - **Guia do ENVI em Português**. Sulsoft, 2000. Disponível em <www.sulsoft.com.br>. Acesso em 15 out. 2014.
- FERREIRA, K. X.; DIAS, M. R. A. C.; PEREIRA, A. T. C. Utilização das cores na arquitetura e no design com apoio computacional. **In: GRAPHICA 2000**, Ouro Preto. 2003.
- FORREST, D.; CASTNER, H. W. The Design and Perception of point symbols for tourist maps. **The Cartographic Journal**, 22(1): p. 11-9, 1985.
- FOSSE, J. M. **Representação Cartográfica Interativa Tridimensional: Estudo da Variável Visual Cor em Ambiente VRML**. 2004. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- FRUTIGER, A. **Sinais e Símbolos: Desenho, Projeto e Significado**. 2 ed. Martins Fontes, 2001.
- GARDNER, S. D. **Evaluation of the Colorbrewer color schemes for accommodation of map readers with impaired color vision**. 2005. 151. PhD Thesis (Master Science in Geography) – University of The Pennsylvania State University, United States.
- GOLDSTEIN, E. B. **Sensation and perception**. 8 ed. Wadsworth - USA. 2009.
- GOLDSTEIN, S., NAGLIERI, J. A.; OZONOFF, S. **Assessment of autism spectrum disorders**. New York: The Guilford Press. 2007.
- GOMES FILHO, J. **Gestalt do Objeto: Sistema de Leitura Visual da Forma**. São Paulo: Escrituras Editora, 2000.

GOURAS, P.; ROOD, M. T.; KJELDBYE, H.; BILEK, M. K.; EGGERS, H. M. Transplantation of human retinal epithelium to Bruch's membrane of owl monkey's eye. **Curr Eye Res**, 4:253, 1985.

GREEN, P. Crashes are induced by driver navigation systems and what can be done to reduce. **In: Convergence 2000 Conference Proceedings**, Warrendale, PA, p. 26-36, 2000.

GREEN, P. Why Safety and Human Factors Standards Are So Difficult to Establish. In de Waard, Brookhuis, Moraal, and Toffetti (Eds.). **Human Factors in Transportation, Communication, Health and the Workplace**. Maastricht, the Netherlands: Shaker Publishing, 2002.

GREENAWAY, F. **John Dalton and the atom**. New York: Cornell University Press, 1966.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física 3: Eletromagnetismo**, 9 ed. 2012.

HEWITT, P. G. **Fundamentos de Física Conceitual**. Tradução Trieste Ricci, Porto Alegre: Bookman, 2009.

HWAN, L. J.; JIN, J. S. Design Guidelines and Recommendations for In-Vehicle Navigation Systems. **Journal of Korean Society of Design Science**, v.23, n. 3, p. 309–327, 2010.

ISHIHARA, S. **The Series of Plates Designed as a Test for Colour-Blindness**. 24 Plates Edition, Tokyo: Kyoto, 1972.

JENNY, B.; KELSO, N. V. Color Design for the Color Vision Impaired. **Cartographic Perspectives**, 58, p. 61-67, 2007a.

JENNY, B.; KELSO, N. V. Designing maps for the colour-vision impaired. **Bulletin of the Society of Cartographers SoC**, 41, p. 9-12, 2007b.

KEATES, J. S. **Cartographic design and production**. 2nd ed. New York: Longman Group, 1989.

KRÖGER, J.; SCHIEWE, J.; WENINGER, B. Analysis and Improvement of the Open-StreetMap Street Color Scheme for Users with Color Vision Deficiencies. **In: 26th International Cartographic Conference**, 2013.

KÜPPERS, B. O. **The context-dependence of biological information**. In: KORNWACHS, K.; JACOBY, K. (Ed.). *Information. New questions to a multidisciplinary concept*. P. 137-145. Berlin: Akademie, 1996.

LABIALE, G. Visual search and preferences concerning different types of guidance displays. **Behaviour & Information Technology**. London: Taylor & Francis, v. 20, n. 3, p. 149-158, 2001.

LEE, J.; FORLIZZI, J.; HUDSON, S. Iterative design of MOVE: A Situationally Appropriate Vehicle Navigation System. **International Journal of Human-Computer Studies**, v. 66, p. 198–215, 2008.

- LI, B; ZHU, K.; ZHANG, W.; WU, A.; ZHANG, X. A comparative study of two wayfinding aids for simulated driving tasks – single-scale and dual-scale GPS aids. **Behaviour & Information Technology**. iFirst article, p.1-11. 2012.
- LINKSZ, A. Color vision tests in clinical practice. **Transactions - American Academy of Ophthalmology and Otolaryngology**, 75:1078-90, 1971.
- LIU, Y. C. Effect of advanced traveler information system displays on younger and older drivers' performance. **Displays**, v. 21, p. 161-168, 2000.
- LO, E-W. V.; GREEN, P. A.; FRANZBLAU, A. Where Do People Drive? Navigation System Use by Typical Drivers and Auto Experts. **The journal of navigation**, v. 64, p. 357-373, 2011.
- LOOMIS, J. M.; MARSTON, J. R.; GOLLEDGE, R. G.; KLATZKY, R. L. Personal guidance system for visually impaired people: Comparison of spatial displays for route guidance. **J. Vis. Impairment Blindness**, 99, 4, p. 219-232, 2005.
- MACEACHREN, A. M. **How maps work: Representation, Visualization and Design**. London: The Guilford Press, 1995.
- MACHADO, R. CET vai adaptar 17 mil semáforos de São Paulo para motoristas daltônicos. **O Estado de São Paulo online**, 10 de Janeiro de 2011.
- MAIA, A., F.; SPINILLO, C. G. Como os Daltônicos percebem as Representações Gráficas de Mapas: Um Estudo de Caso dos códigos de cores utilizados nos Diagramas e Estação-Tubo do Transporte Público de Curitiba. **Design & Tecnologia**, 2013.
- MARQUES, A. P. S. **Generalização Cartográfica para um Sistema de Navegação e Guia de Rota em Automóvel áudio-dinâmico com múltiplas escalas**. 2011. 100p. Dissertação (Mestrado em Ciências Cartográficas) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente.
- MARTIN, E. **La Composicion Em Artes Gráficas**. 7 ed. Edebé, 1974.
- MOLLON, J. D. Introduction. In: Mollon JD, Pokorny J, Knoblauch K, editors. **Colour and defective colour vision**. New York: Oxford University Press, 2003.
- MORETTI, A.; PUGLIESI, E. A.; DECANINI, M. M. S.; RAMOS, A. P. M. Seleção de informação de guia de rota com motoristas daltônicos. In: **XXV Congresso de Iniciação Científica da Unesp**, 1º fase, Presidente Prudente – SP, 2013.
- MORITA, T. Grading of the Map Funcions in Navegation System. In: **16th International Cartographic Conference**. Cologne. Koln. International Cartographic Association. 1993.
- NYGARD, K. E. Computing and Modeling Issues in Wide-Area Advanced Traveler Information Systems. **Great Britain: Mathl. Comput. Modelling**, v. 23, n. 4-7, p. 431-437, 1995.

OLIVEIRA, R. F.; PUGLIESI, E. A.; MARQUES, A. P. S.; DECANINI, M. M. S. Desenvolvimento de um módulo de mapas visuais para daltônicos em um protótipo de Sistema de Navegação em Automóvel. **In: Anais do III Simpósio Brasileiro de Geomática**, Presidente Prudente – SP, 26-28 de julho de 2012, v.1, 2012.

OLIVER, K. **Cognitive Map Development and Driver Distraction: The Role of Vehicle Navigation Systems**. 2007. 79p. MSc. in Interactive Systems Design – School of Computer Science and Information Technology University of Nottingham.

OLSON, J. M.; BREWER, C. A. An Evaluation of Color Selections to Accommodate Map Users with Color-Vision Impairments. **Annals of the Association of American Geographers**. Published by: Taylor & Francis, v. 87, n. 1, p. 103-134, mar. 1997.

PACHECO-CUTILLAS, M.; EDGAR, D. F.; SAHRAIE, A. Acquired colour vision defects in glaucoma - their detection and clinical significance. **British Journal of Ophthalmology**, 83 (12):1396-402, 1999.

POKORNY, J.; SMITH, V. C.; VERRIEST, G.; PINCKERS, A. J. L G. **Congenital and Acquired Color Vision Defects**. Grune and Stratton, New York, 1979.

PUGLIESI, E. A. **Avaliação da Comunicação Cartográfica de um Sistema de Navegação e Guia de Rota em Automóvel**. 2007. 292p. Tese (Doutorado em Ciências Cartográficas) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista. Presidente Prudente.

PUGLIESI, E. A.; DECANINI, M. M. S. Mapa ou Esquema de Seta: Qual Modalidade os Motoristas preferem para Sistema de Navegação e Guia de Rota em Automóvel? **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 15, n. 1, p. 03-15, 2009.

PUGLIESI, E. A.; DECANINI, M. M. S.; TACHIBANA, V. M. Evaluation of the Cartographic Communication Performance of a Route Guidance and Navigation System. **Cartography and Geographic Information Science**, v. 36, n. 2, p.193- 207, apr. 2009.

PUGLIESI, E. A.; DECANINI, M. M. S. Cartographic Design of In-car Route Guidance for Color-Blind Users. **In: International Cartographic Conference**. Enlightened view on Cartography and GIS, Paris, 2011.

PUGLIESI, E. A.; DECANINI, M. M. S.; RAMOS, A. P. M.; TSUCHIYA, I. Métodos para Avaliação da Usabilidade de Sistemas de Navegação e Guia de Rota. **Revista Brasileira de Cartografia**. v. 5, n. 65, 2013.

RAMOS, A. P. M. ; DECANINI, M. M. S. ; PUGLIESI, E. A. ; TACHIBANA, V. M. Drivers Preference for Map Scales of Route Guidance and Navigation System. In: **XVI Simposio Internacional en SIG y Percepción Remota - SELPER**, Medellin, 2014a.

RAMOS, A. P. M.; PUGLIESI, E. A.; DECANINI, M. M. S.; TACHIBANA, V. M. Estudo preliminar da preferência de cor para rota e seta de manobra em mapas de sistemas de guia de rota. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v.20, n. 02. p.317-333, 2014b.

RAMOS, A. P. M.; PUGLIESI, E. A.; DECANINI, M. M. S.; TACHIBANA, V. M. Visual Demand for Maps at Different Scales of In-Route Guidance and Navigation System. In: **11th International Symposium on Location-Based Services - LBS**, Vienna, Austria, 2014c.

RAMOS, A. P. M.; OLIVEIRA, R. F.; PUGLIESI, E. A.; DECANINI, M. M. S.; TACHIBANA, V. M. Avaliação de Erros de Direção de Manobra no Uso de Mapas em Diferentes Escalas em Sistema de Guia de Rota. **Revista Brasileira de Cartografia**, v.6, n.66. 2014d.

REAGAN, I.; BALDWIN, C. L. Facilitating Route Memory with Auditory Route Guidance Systems. **Journal of Environmental Psychology**, v. 26, n. 2, p. 146–155, 2006.

RIGDEN, C. The eye of the beholder – Designing for colour-blind users. **British Telecommunications Engineering**, v. 17, 1999.

ROBINSON, A. H.; MORRISON, J. L.; MUEHRCKE, P. C.; KIMERLING, A. J.; GUPTILL, S. C. **Elements of Cartography**, sixth edition. John Wiley & Sons, Inc. 1995

ROSS, T.; VAUGHAN, G.; ENGERT, A.; PETERS, H.; BURNETT, G.E.; MAY, A.J. **Human factors guidelines for information presentation by route guidance and navigation systems** (DRIVE II V2008 HARDIE, Deliverable 19). Loughborough, UK: HUSAT Research Institute, 1995.

SARDEGNA, J.; SHELLY, S.; RUTZEN, A. R.; STEIDL, S. M. **The Encyclopedia of Blindness and Vision Impairment**. 2 ed, New York: Facts On File, 2002.

SEKULER, R.; SEKULER, A. B. Age-Related, Optical Factors, and Neural Process. **Encyclopedia of Psychology**. American Psychological Association/Oxford University Press, v. 8, p. 180-183, 2000.

SHARPE, L.T.; STOCKMAN, A.; JÄGLE, H.; NATHANS, J. Opsin genes, cone pigments, color vision and color blindness. **Color Vision - From genes to perception**. Cambridge University Press, p. 3-51, 1999.

SIEGEL, S. **Estatística não-paramétrica para as ciências do comportamento**. São Paulo: McGraw-Hill, 1975.

SIMÕES, E. A. Q.; TIEDEMANN, K. B. **Psicologia da percepção**. 4ª reimpressão. São Paulo: EPU, 2003.

SLOCUM, T. A. **Thematic Cartography and Geovisualization**. Upper-Saddle River, 3a ed. NJ: Prentice-Hal, 2009.

SOUTO, R. P. **Segmentação de imagem multiespectral utilizando-se o atributo matiz**. São José dos Campos: INPE, 2000. Disponível em <www.obt.inpe.br/pgsere/Souto-R-P-2000/publicacao.pdf>. Acesso em: 16 out. 2014.

TSIMHONI, O.; GREEN, P. Visual Demand of Driving and the Execution of Display-Intensive, In-Vehicle Tasks. **Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 45th Annual Meeting**. Santa Monica, CA: Human Factors and Ergonomics Society, 2001.

VIÉNOT, F; BRETTEL, H. Colour display for dichromats, **Proceedings of SPIE**, 4300, p. 199–207. 2001

WONG, W. **Princípios Del diseño em color**. Barcelona: GG, 1987.

YOUNG, M. S.; STANTON, N. A. Applying Interviews to Usability Assessment. In: STANTON, N. A.; et al. **The handbook of human factors and ergonomics methods**. USA: CRC Press LLC, cap. 29. p. 29-1; 29-6, 2005.

APÊNDICE A – Simulador de Visão de Cores para Aplicação na Cartografia: Da Visão Tricromata Normal para a Visão do Daltônico Dicromata (trabalho completo apresentado e publicado no V SIMGEO - Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação).

V Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação

Recife - PE, 12- 14 de Nov de 2014

SIMULADOR DE VISÃO DE CORES PARA APLICAÇÃO NA CARTOGRAFIA: DA VISÃO TRICROMATA NORMAL PARA A VISÃO DO DALTÔNICO DICROMATA

RENAN FURLAN DE OLIVEIRA ¹
 EDMUR AZEVEDO PUGLIESI ²
 ANA PAULA MARQUES RAMOS ³
 MÔNICA MODESTA SANTOS DECANINI ⁴

Universidade Estadual Paulista (UNESP) - Faculdade de Ciências e Tecnologia (FCT)

^{1,3} Programa de Pós-Graduação em Ciências Cartográficas – PPGCC

^{2,4} Departamento de Cartografia

¹{renanfurlanoliveira@hotmail.com}; ²{edmur@fct.unesp.br}

³{marques.engcart@gmail.com}; ⁴{monca@fct.unesp.br}

RESUMO – O uso de um simulador de visão de cores inadequado pode causar ruídos no resultado do processo de transformação de cores e prejudicar o processo de comunicação visual por parte do daltônico. O objetivo deste trabalho é selecionar um simulador de visão de cores que melhor represente a visão do daltônico dicromata a fim de apoiar projetos de mapas destinados a usuários daltônicos. A partir de uma imagem que representa as cores do espectro visível, vistas por pessoas com visão normal de cores, foram utilizados diferentes simuladores para verificar como os dicromatas veem as cores. Utilizou-se os simuladores: *Web-Safe Palette*, *Vischeck*, *Color Oracle* e *Chromatic Vision Simulator*. Nenhuma referência sobre a qualidade resultante de cada simulador foi encontrada na literatura. A partir das imagens resultantes do procedimento de simulação obtidas com cada um dos simuladores, observou-se que o *Color Oracle* é o que melhor possibilita uma transição suave e contínua entre as cores do espectro visível, sem a presença de ruídos e borrões que prejudicam a visualização das imagens. Assim, para os casos estudados, conclui-se que o *Color Oracle* é o aplicativo que simula de maneira mais adequada as visões dicromata, e, por isso, é recomendado em projetos destinados a daltônicos.

ABSTRACT – Inappropriate use of a color vision simulator may cause noises in results of the colors transformation process and impair the visual communication process by the color vision deficient. This work aims to select a colors vision simulator which better represents the dichromatic vision of a colorblind in order to support map designs for colorblind users. Four different simulators were used to check out how colors are seen by dichromats users. These simulators were applied on an image representing the colors of visible spectrum, as they are seen people without color vision deficiency. The following simulators were used *Web-Safe Palette*, *Vischeck*, *Color Oracle* and *Chromatic Vision Simulator*. There are no findings have presented in the literature review about the quality of each these simulators. We noted that the *Color Oracle* simulator is the best option to enable a smooth and continuous transition among colors of the visible spectrum since it eliminates the noises and the blurs presence which impair the image viewing. In the studied cases, we conclude that the *Color Oracle* simulator consists of an application that simulates more adequately the dichromatic vision. Therefore, it is recommended to apply this simulator in projects to attend to color vision deficient, i.e., colorblind users.

1 INTRODUÇÃO

As questões envolvidas com a sensibilidade cromática são importantes para a compreensão da percepção visual de cores, a qual é utilizada em diversos contextos e tarefas do dia a dia. De acordo com a teoria

tricromática, a percepção de cor consiste de uma função da estimulação relativa dos três tipos de cones presentes na retina (MOLLON, 2003; SLOCUM, 2009). Os cones podem ser diferenciados conforme a sensibilidade a diferentes comprimentos de onda do espectro eletromagnético no intervalo visível. Assim, os cones sensíveis aos comprimentos de onda longo, médio e curto estão associados, respectivamente as percepções das cores vermelha, verde e azul (WADE; SWANSTON, 1991; MACEACHREN, 1995). A percepção de outras cores é uma função da quantidade relativa de estimulação. Se somente um tipo de cone é estimulado, então apenas aquela cor correspondente é percebida (WADE; SWANSTON, 1991; MACEACHREN, 1995).

A compreensão do processo de percepção visual de cores é importante não somente entre indivíduos com visão normal de cores, mas, principalmente, entre aqueles que possuem deficiência nesta característica perceptiva, ou seja, os daltônicos. A deficiência na visão de cores está associada à dificuldade de um indivíduo em identificar ou distinguir uma cor entre as demais (SARDEGNA et al., 2002).

Os indivíduos em termos de visão de cores podem ser classificados em tricromatas, dicromatas e monocromatas (POKORNY et al., 1979; SHARPE et al., 1999; SARDEGNA et al., 2002). Pessoas com visão normal de cores, também denominadas tricromatas normais, apresentam funcionamento regular nos três tipos de cones presentes na retina. Por outro lado, tricromatas anômalos, dicromatas e monocromatas são classes de indivíduos com deficiência na visão de cores (POKORNY et al., 1979; SHARPE et al., 1999; BRUNI; CRUZ, 2006). Caso os três tipos de cones funcionem, porém algum deles apresente um deslocamento no pico de sensibilidade retinal, o que caracteriza uma deficiência na visão de cores de grau leve ou moderado, este indivíduo é classificado como tricromata anômalo. Se um dos pigmentos falha, a pessoa é dicromata e, quando o indivíduo apresenta incapacidade de reconhecer qualquer cor, este pertence à classe dos monocromatas ou acromatas (SHARPE et al., 1999; SARDEGNA et al., 2002). Os dicromatas podem ser classificados também conforme a deficiência em determinado cone e, quando comparados com os tricromatas anômalos, são considerados como a classe de daltônicos que apresentam maior grau de severidade na deficiência de visão de cores. Os dicromatas com deficiência no vermelho são denominados protanopes, aqueles com deficiência no verde, deuteranopes e para aqueles que apresentam deficiência no azul, tritanopes. Por outro lado, os tricromatas anômalos podem ser classificados em protanômalos (deficiência no vermelho), deuteranômalos (deficiência no verde) e tritanômalos (deficiência no azul) (SHARPE et al., 1999; SARDEGNA et al., 2002).

Pelo fato do gene que afeta a visão de cores ser de caráter recessivo, ligado ao cromossoma X, a incidência do daltonismo em homens (cerca de 8%) é muito maior do que em mulheres (cerca de 0,4%). Da população de dicromatas, tem-se que 1% são protanopes, 1,1% deuteranopes e 0,001% tritanopes; enquanto que da população de tricromata anômalos, tem-se que 1% são protanômalos, 4,9 % deuteranômalos e 0,001% tritanômalos (POKORNY et al., 1979; RIGDEN, 1999; SHARPE et al., 1999).

A importância da visão e, sobretudo, da cor pode ser demonstrada em diversos contextos, por exemplo, no contexto da cartografia (DENT, 2009; SLOCUM, 2009). A visão é responsável por captar cerca de 80% das informações recebidas pelo ser humano diariamente, das quais 40% são referentes à cor (KÜPPERS, 1996). O elemento cor se torna especialmente relevante em se tratando dos daltônicos, visto que estes apresentam tempos de reação mais longos e cometem mais erros que as pessoas com visão normal de cores quando respondem a sinais coloridos (ATCHISON et al., 2003). Segundo Atchison et al. (2003), os daltônicos dicromatas do tipo deuteranope têm, ainda, a percepção mais prejudicada em relação aos daltônicos dicromatas do tipo protanope.

O conhecimento sobre o funcionamento dos cones é de grande relevância para auxiliar em projetos de mapas coloridos (MACEACHREN, 1995). Diversos estudos elaboraram projetos que visam à acomodação da visão de usuários daltônicos (OLSON; BREWER, 1997; PUGLESI; DECANINI, 2011; CULP, 2012; OLIVEIRA et al., 2012). Entretanto, antes de se projetar e construir mapas destinados a usuários com deficiência na visão de cores, os projetistas devem entender como os daltônicos veem as cores. Nesse sentido, vêm sendo empregadas algumas técnicas de simulação de visão de cores, também conhecidas como transformação de cores (RIGDEN, 1999). Algumas dessas técnicas utilizam algoritmos computacionais baseados em linhas de confusão, como a proposta apresentada por Brettel, Viénot e Mollon (1997), enquanto outras técnicas são baseadas em aplicações de paletas de cores (RIGDEN, 1999). As técnicas em questão são utilizadas em diferentes simuladores de visão de cores, os quais têm como finalidade simular a visão do daltônico dicromata. O procedimento de simulação de visão de cores permite verificar como as pessoas com deficiência na visão de cores veem uma composição visual elaborada para tricromatas normais. Os resultados dessas simulações podem fornecer importantes indicações para auxiliar na seleção de cores visando à representação de feições nos mapas e o estabelecimento de hierarquias visuais entre as diferentes representações cartográficas quando necessário.

Atualmente, existem diversos simuladores que permitem verificar como os daltônicos dicromatas veem uma composição visual. No entanto, não foi encontrada na literatura nenhuma referência a respeito da qualidade resultante de cada simulador. Vale ressaltar que o uso de um simulador inadequado pode causar ruídos no resultado do processo de transformação de cores e, conseqüentemente, prejudicar o processo de comunicação visual, por parte do daltônico. A partir disso, este trabalho tem como objetivo selecionar um simulador de visão de cores que melhor represente a visão do daltônico dicromata e tenha potencial para apoiar projetos de mapas para daltônicos. As questões investigadas são: “Qual simulador melhor representa a visão dicromata, e por quê?”

e; “Como os dicromatas veem as cores do espectro eletromagnético no intervalo do visível?”.

2 SIMULAÇÃO DA VISÃO DE CORES DO DALTÔNICO DICROMATA

O presente trabalho é composto de duas etapas. A primeira consistiu no estudo e na seleção preliminar dos simuladores de visão de cores encontrados, tanto em trabalhos de aplicação científica quanto em trabalhos de aplicação técnica. A segunda etapa consistiu na realização das simulações da visão do daltônico dicromata com diferentes simuladores, a partir do uso de uma imagem que representa as cores do espectro visível vistas por tricromatas normais.

2.1 Simuladores de visão de cores

Fez-se um estudo sobre quatro diferentes simuladores de visão de cores: *Chromatic Vision Simulator*, *Color Oracle*, *Vischeck* e *Web-Safe Palette*. Estes simuladores permitem verificar como os daltônicos dicromatas dos tipos protanope, deuteranope e tritanope veem as cores de uma composição visual elaborada para pessoas com visão normal de cores. Os aplicativos foram encontrados em trabalhos de natureza técnica e científica.

O *Chromatic Vision Simulator* foi desenvolvido por Kazunori Asada (2012) e se encontra disponível em ambiente *web* desde o ano de 2012 (<http://asada.tukusi.ne.jp/webCVS/>). Para simular a visão de cores do dicromata, o aplicativo utiliza o algoritmo baseado em linhas de confusão, o qual foi desenvolvido por Brettel, Viénot e Mollon (1997). Além disso, este simulador é utilizado como uma ferramenta opcional de acessibilidade para usuários daltônicos no *software* de edição de imagens *Adobe Photoshop*, desde a versão CS4, o qual permite a simulação da visão de cores dos daltônicos dicromatas dos tipos protanope e deuteranope (ADOBE SYSTEMS INCORPORATED, 2008, p. 148).

O *Color Oracle* foi desenvolvido por Bernhard Jenny, a partir de contribuições, ideias e testes de Nathaniel Vaughn Kelso (<http://colororacle.org/index.html>). Este simulador de visão de cores também utiliza o algoritmo desenvolvido por Brettel, Viénot e Mollon (1997). Jenny e Kelso (2007a, 2007b) utilizaram o simulador de visão de cores *Color Oracle* para verificar como as cores de um determinado mapa são vistas por usuários daltônicos dicromatas. Estes autores apontam que o *Color Oracle* auxilia no projeto e na elaboração de mapas quando se tem a finalidade de contribuir com a acessibilidade de pessoas com visão normal de cores e aquelas com deficiência na visão de cores.

O aplicativo *Vischeck* (<http://www.vischeck.com/>) foi desenvolvido por Bob Dougherty e Alex Wade (2002) e, da mesma forma que os simuladores citados anteriormente, utiliza o algoritmo proposto por Brettel, Viénot e Mollon (1997). Este simulador pode ser utilizado em ambiente *web* e também nos *softwares Photoshop* e *Matlab*. Por exemplo, no *Matlab* o usuário dispõe de alguns esquemas de cores elaborados para acomodar a visão dos daltônicos conforme os princípios adotados pelo simulador de visão de cores *Vischeck* (<http://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/screenshots/5614/original.jpg>).

Cabe ressaltar que diferentemente dos simuladores de visão de cores supracitados, o *Web-Safe Palette* foi desenvolvido por uma empresa, a HCI Resources Network (1998). Além disso, o processo de transformação de cores aplicado por este simulador não considera a matemática complexa de alguns algoritmos existentes na literatura, como é o caso do algoritmo desenvolvido por Brettel, Viénot e Mollon (1997). Para fazer uso das paletas de cores do *Web-Safe Palette* é preciso utilizar algum *software* de edição de imagens, como o *Paint Shop Pro*. Assim, a aplicação das paletas de cores, de maneira separada ou individual, pode ser realizada sobre qualquer imagem para simular a visão de cores do daltônico dicromata para os tipos protanope, deuteranope e tritanope, conforme o interesse do usuário (RIGDEN, 1999).

2.2 Simulação das visões de cores

Para realizar as simulações da visão do daltônico dicromata com diferentes simuladores, inicialmente, foi selecionada uma imagem que representa as cores do espectro eletromagnético no intervalo do visível (Figura 1). Esta imagem foi obtida do *Microsoft Word* e apresenta as cores do espectro visível, as quais são vistas por pessoas com visão normal de cores. A escolha desta imagem se deu pelo fato de apresentar os principais matizes percebidos pelo olho humano, bem como a transição contínua de um matiz para o outro. A partir da verificação da qualidade da imagem obtida em cada simulador de visão de cores, pode-se compreender como os daltônicos dicromatas dos tipos protanope, deuteranope e tritanope veem as cores vermelha, laranja, amarela, verde, ciano, azul e violeta, e suas variações de matiz e saturação. Dessa forma, cada um dos simuladores de visão de cores foi aplicado separadamente nos procedimentos de simulação, na seguinte sequência: *Web-Safe Palette*, *Vischeck*, *Color Oracle* e *Chromatic Vision Simulator*.

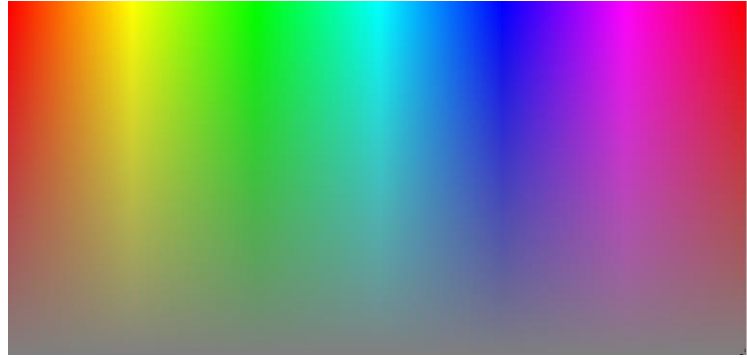


Figura 1 – Imagem que representa as cores do espectro visível vistas por tricromatas normais.

Dando início aos procedimentos de simulação, primeiramente, foram aplicadas as paletas de cores do *Web-Safe Palette* sobre a imagem da Figura 1, por meio do *software Paint Shop Pro*. A simulação ocorreu da visão de cores do tricromata normal para as visões do dicromata protanope, deuteranope e tritanope. Conforme o resultado apresentado na Figura 2 nota-se alguns problemas relacionados ao simulador em questão. As imagens resultantes da simulação com as paletas de cores do *Web-Safe Palette* apresentam ruídos decorrentes da interpolação de cores de um matiz para o outro, bem como do mesmo matiz, mas com diferentes níveis de saturação. Esses ruídos podem ser identificados visualmente (Figura 2) e consistem na transição abrupta de uma cor para outra. Tais problemas podem ter ocorrido, provavelmente, por causa da limitação da quantidade de cores que as paletas apresentam, totalizando apenas 216.

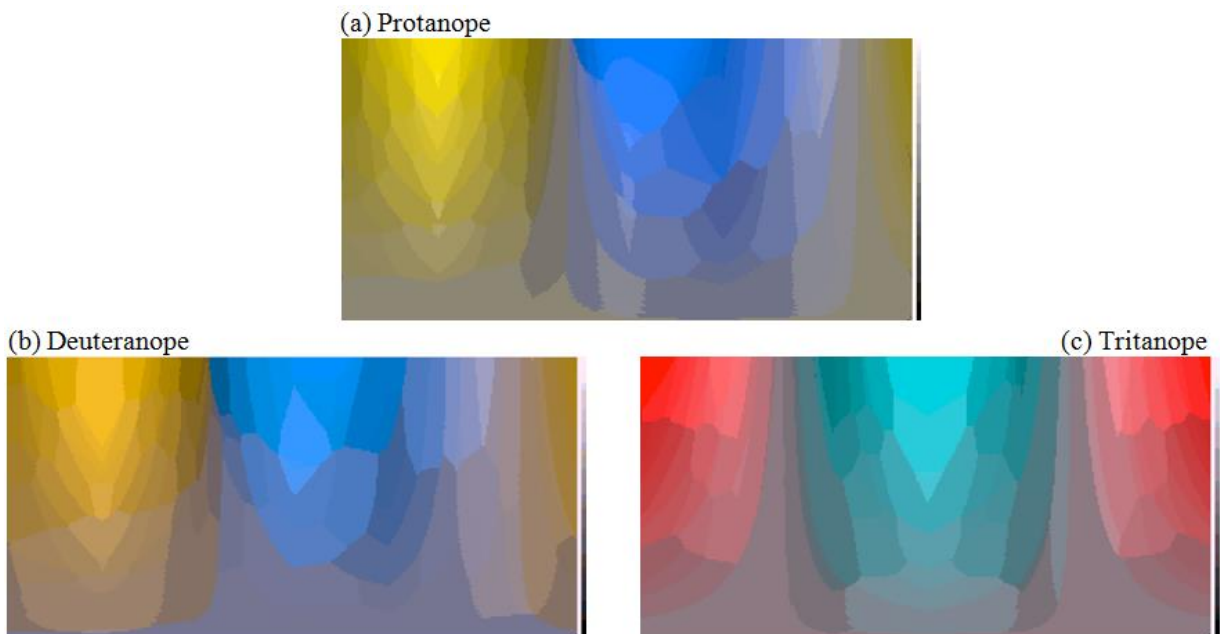


Figura 2 – Imagens resultantes da simulação da visão de cores do tricromata normal para as visões do daltônico dicromata (a) protanope, (b) deuteranope e (c) tritanope, utilizando o *Web-Safe Palette*.

Em seguida, o procedimento de simulação da visão de cores dos tricromatas normais para a visão de cores dos daltônicos dicromatas foi realizado por meio do simulador *Vischeck*. O resultado obtido a partir da simulação com base na imagem apresentada na Figura 1 pode ser verificado nas imagens exibidas na Figura 3. Conforme o resultado do procedimento de simulação para protanopes, deuteranopes e tritanopes, nota-se a presença de um borrão nas três imagens na transição do matiz azul para o ciano, e do ciano para o matiz violeta. Além disso, observa-se que este borrão apresenta variação de dimensão no matiz azul de uma visão de cor para a outra. Devido ao ruído existente, a visualização da imagem é prejudicada por não apresentar uma transição suave e contínua de um matiz para outro.

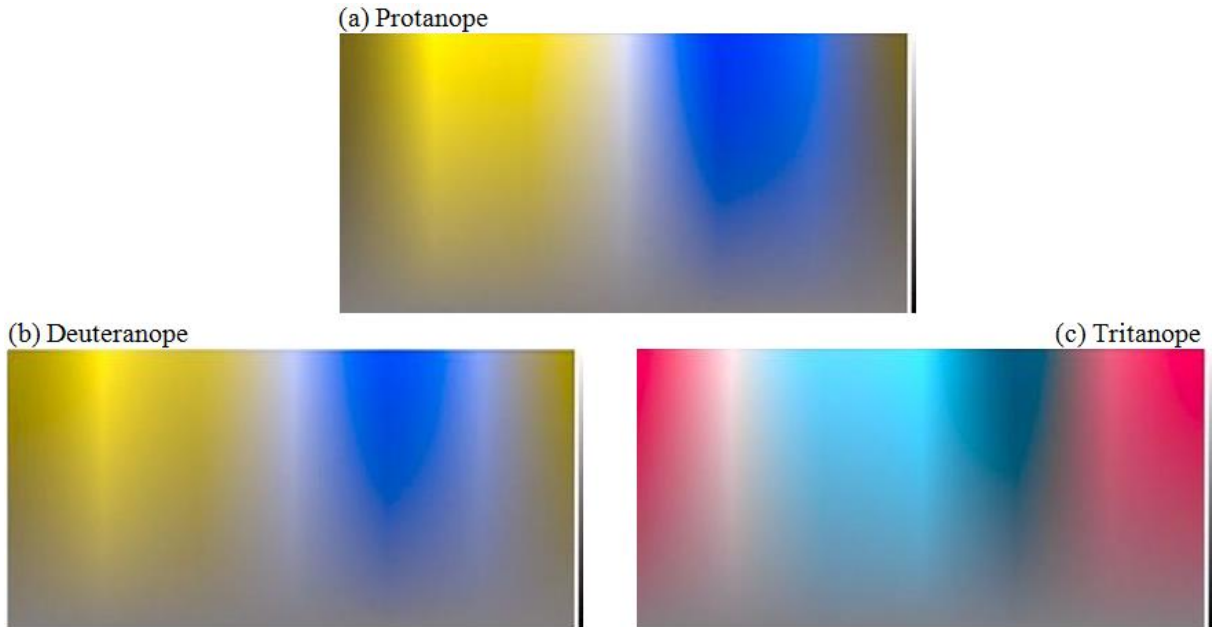


Figura 3 – Imagens resultantes da simulação da visão de cores do tricromata normal para as visões do daltônico dicromata (a) protanope, (b) deuteranope e (c) tritanope, utilizando o *Vischeck*.

Na sequência, a simulação da visão de cores foi realizada no aplicativo *Color Oracle*. O resultado desse procedimento é apresentado na Figura 4. O resultado obtido mostra que o aplicativo não apresenta problemas de transição abrupta de um matiz para o outro, bem como não ocorre a formação de borrões. As cores do espectro visível são apresentadas de maneira suave e contínua para os três tipos de visão de cores. Além disso, verifica-se que as variações de cores como o verde escuro, marrom, laranja e vermelho escuro aparecem como tons quase indistinguíveis para os protanopes e deuteranopes; assim como as variações de azul saturado e roxo manifestam-se como tons azulados quase idênticos.

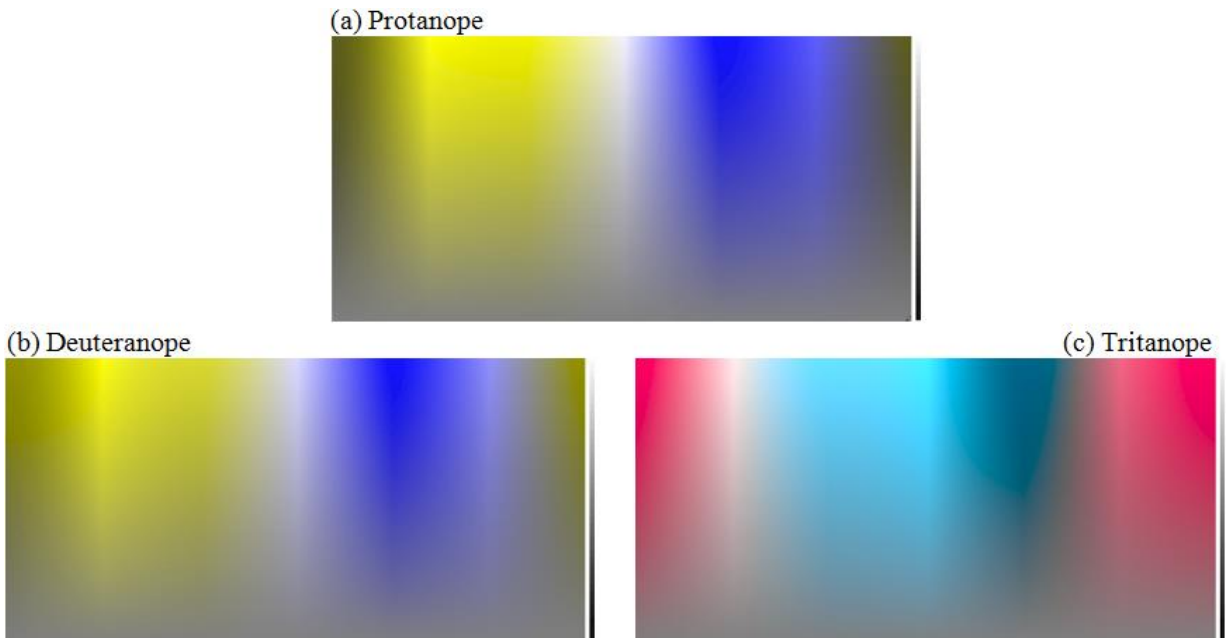


Figura 4 – Imagens resultantes da simulação da visão de cores do tricromata normal para as visões do daltônico dicromata (a) protanope, (b) deuteranope e (c) tritanope, utilizando o *Color Oracle*.

Por fim, o processo de simulação de visão de cores foi feito por meio do aplicativo *Chromatic Vision Simulator*. A Figura 5 apresenta o resultado desta simulação. Verificaram-se alguns problemas decorrentes do simulador utilizado. Os ruídos mais evidentes nas imagens foram percebidos na transição do matiz azul para os matizes ciano e violeta. Similar ao *Vischeck*, nota-se a existência de um borrão que prejudica a visualização da imagem, em termos de continuidade e suavidade. Outro ponto a ser destacado, refere-se ao borrão que abrange uma região de maior extensão comparada aos resultados obtidos pelo uso do simulador *Vischeck*.

Diferentemente do observado nos resultados obtidos pelo uso dos simuladores *Web-Safe Palette*, *Vischeck*, *Color Oracle*, o *Chromatic Vision Simulator*, para o caso da visão protanope e deuteranope, transformou o matiz azul em magenta, enquanto que a borda resultante da transição do azul para o ciano, e do ciano para o violeta, foi transformada para ciano. Adicionalmente, o *Chromatic Vision Simulator* mostra que os indivíduos protanopes e deuteranopes não veem a cor azul.

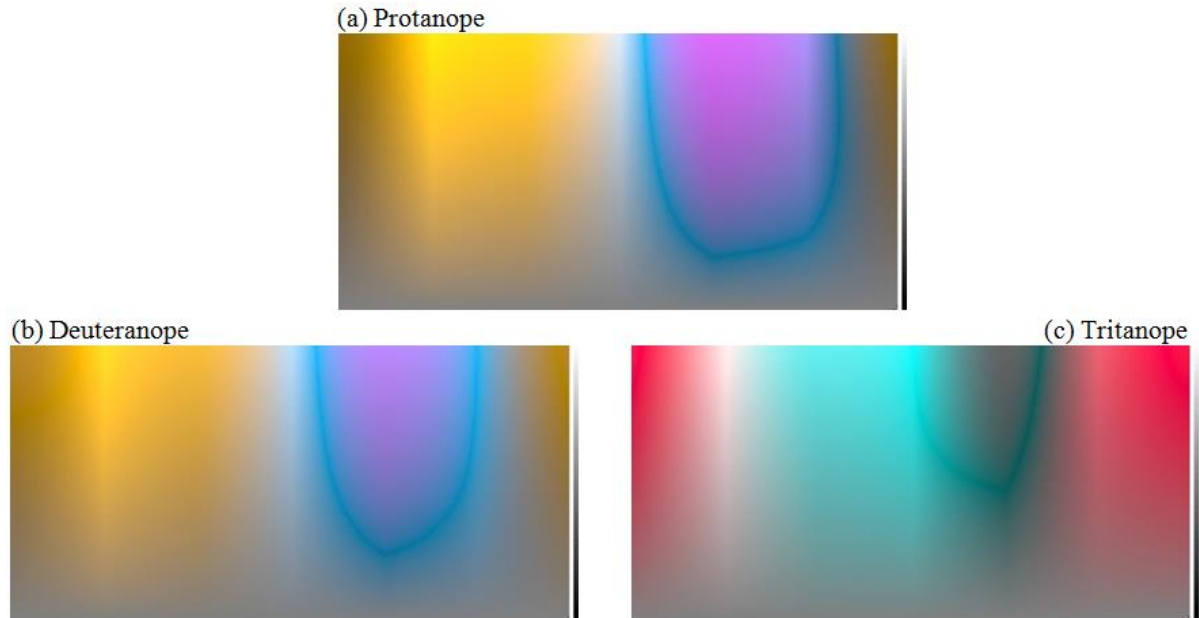


Figura 5 - Imagens resultantes da simulação da visão de cores do tricromata normal para as visões do daltônico dicromata (a) protanope, (b) deuteranope e (c) tritanope, utilizando o *Chromatic Vision Simulator*.

3 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

Este trabalho apresenta o primeiro relato sobre a seleção de um simulador de visão de cores para aplicação em projetos gráficos que sejam destinados a usuários daltônicos. A partir dos resultados obtidos por meio de cada simulador, as pessoas com visão normal de cores podem compreender como os daltônicos dicromatas dos tipos protanope, deuteranope e tritanope veem as cores de uma composição visual. Isto é de relevante importância no processo de elaboração de projetos gráficos que sejam acessíveis para usuários com essa deficiência perceptiva.

Dentre os simuladores de visão de cores avaliados neste trabalho, pode-se concluir que o *Color Oracle* é o que melhor simula a visão do daltônico dicromata. Diferentemente dos demais simuladores, o aplicativo em questão é o único que apresenta transição suave e contínua de uma cor para a outra, para todos os matizes exibidos na imagem que representa o espectro visível. Após a simulação das visões dos dicromatas protanope e deuteranope, a cor azul é preservada pelo *Color Oracle*, da mesma maneira como no *Web Safe-Palette* e o *Vischeck*. A partir dos casos estudados, conclui-se que os dicromatas protanopes, deuteranopes e tritanopes veem as cores do espectro do visível conforme é apresentado na Figura 4. No que diz respeito à área da cartografia, o *Color Oracle* pode ser utilizado para compreender como as pessoas com deficiência na visão de cores veem mapas de qualquer natureza. Uma vez que a linguagem cartográfica implica na determinação de aspectos como o nível de medida, natureza do fenômeno espacial, dimensão espacial e as variáveis visuais (SLOCUM, 2009), o simulador em questão pode contribuir com a elaboração de projetos cartográficos para usuários daltônicos. Futuras pesquisas deveriam utilizar o *Color Oracle* como uma ferramenta de apoio para verificar se os aspectos da linguagem cartográfica de mapas temáticos são preservados ou não quando vistos por pessoas com deficiência na visão de cores. Além disso, recomenda-se que novos trabalhos utilizem o *Color Oracle* no projeto e produção de representações cartográficas para usuários daltônicos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADOBE SYSTEMS INCORPORATED. **Utilização do ADOBE PHOTOSHOP CS4**. 2008.

ASADA, k. 2012. **Chromatic Vision Simulator**. Disponível em: <<http://asada.tukusi.ne.jp/webCVS/>>. Acesso em: Janeiro de 2014.

ATCHISON, D. A.; PENDERSEN, C.; DAIN, S.; WOOD, J. M. Traffic signal color recognition is a problem for both protan and deutan color-vision deficient. **Human Factors**, 45(3), p. 495–503, 2003.

- BRETTEL, H.; VIÉNOT, F.; MOLLON, J. Computerized simulation of color appearance for dichromats. **Journal of the Optical Society of America A** 14, 10, oct. 1997.
- BRUNI, L. F.; CRUZ, A. A. V. Sentido cromático: tipos de defeitos e testes de avaliação clínica. **Arquivos Brasileiros de Oftalmologia**, 69(5):766-75. 2006.
- CULP, G. M. Increasing Accessibility for Map Readers with Acquired and Inherited Colour Vision Deficiencies: A Re-Colouring Algorithm for Maps. **The Cartographic Journal** Vol. 49 No. 4 pp.302–311. 2012.
- DENT, B. D. **Cartography: Thematic Map Design**. 6° ed. Dubuque: Wm. C. Brown Publishers, 2009.
- DOUGHERTY, B.; WADE, A. 2002. **Vischeck**. Disponível em: <<http://vischeck.com/vischeck/vischeckImage.php>>. Acesso em: Janeiro de 2014.
- HCI RESOURCES NETWORK. **Colour Vision Deficiencies**. Retrieved May 1998 from the World Wide. Disponível em: <<http://www.hcirn.com/atoz/atozc/coldef.html>>. Acesso em: Junho de 2012.
- JENNY, B.; KELSO, N. V. Color Design for the Color Vision Impaired. **Cartographic Perspectives**, 58, p. 61-67, 2007a.
- JENNY, B.; KELSO, N. V. Designing maps for the colour-vision impaired. **Bulletin of the Society of Cartographers SoC**, 41, p. 9-12, 2007b.
- KÜPPERS, B. O. **The context-dependence of biological information**. In: KORNWACHS, K.; JACOBY, K. (Ed.). *Information. New questions to a multidisciplinary concept*. P. 137-145. Berlin: Akademie, 1996.
- MACEACHREN, A. M. **How maps work: Representation, Visualization and Design**. London: The Guilford Press. 1995.
- MOLLON, J. D. Introduction. In: Mollon JD, Pokorny J, Knoblauch K, editors. **Colour and defective colour vision**. New York: Oxford University Press, 2003.
- OLIVEIRA, R. F.; PUGLIESI, E. A.; MARQUES, A. P. S.; DECANINI, M. M. S. Desenvolvimento de um módulo de mapas visuais para daltônicos em um protótipo de Sistema de Navegação em Automóvel. In: **Anais do III Simpósio Brasileiro de Geomática**, Presidente Prudente – SP, 26-28 de julho de 2012, v.1, 2012.
- OLSON, J. M.; BREWER, C. A. An Evaluation of Color Selections to Accommodate Map Users with Color-Vision Impairments. **Annals of the Association of American Geographers**. Published by: Taylor & Francis, n. 1, v. 87, p. 103-134, Mar., 1997.
- POKORNY, J.; SMITH, V. C.; VERRIEST, G.; PINKERS, A. J. L G. **Congenital and Acquired Color Vision Defects**. Grune and Stratton, New York, 1979.
- PUGLIESI, E. A.; DECANINI, M. M. S. Cartographic Design of In-car Route Guidance for Color-Blind Users. In: **International Cartographic Conference**. Enlightened view on Cartography and GIS. Paris. 2011.
- RIGDEN, C. The eye of the beholder – Designing for colour-blind users. **British Telecommunications Engineering**, vol. 17. 1999.
- SARDEGNA, J.; SHELLY, S.; RUTZEN, A. R.; STEIDL, S. M. **The Encyclopedia of Blindness and Vision Impairment**. 2 ed., New York: Facts On File, 2002.
- SHARPE, L.T.; STOCKMAN, A.; JÄGLE, H.; NATHANS, J. Opsin genes, cone pigments, color vision and color blindness. **Color Vision - From genes to perception**. Cambridge University Press, p. 3-51, 1999.
- SLOCUM, T. A. **Thematic Cartography and Geovisualization**. Upper-Saddle River, 3a ed. NJ: Prentice-Hal, 2009.
- WADE, N. J.; SWANSTON, M. **Visual Perception: An Introduction**. Routledge, 1991.

APÊNDICE B – Análise de representações cartográficas com base na percepção de cores dos daltônicos (trabalho completo apresentado e publicado no XVII SBSR – Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto).

Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015, INPE

Análise de representações cartográficas com base na percepção de cores dos daltônicos

Renan Furlan de Oliveira ¹
 Ana Paula Marques Ramos ²
 Edmur Azevedo Pugliesi ³
 Mônica Modesta Santos Decanini ⁴

^{1, 2, 3, 4} Universidade Estadual Paulista (UNESP) - Faculdade de Ciências e Tecnologia (FCT)
 Rua Roberto Simonsen, 305, 19060-900 - Presidente Prudente – SP, Brasil
¹renanfurlanoliveira@hotmail.com; ²marques.engcart@gmail.com;
^{3, 4}{edmur, monca}@fct.unesp.br

Abstract. The aim of this work is to analyze the cartographic representations of in-car navigation systems, considering the color perception of dichromats and the formation of visual hierarchy between the map features. The analysis of maps was presented by the two in-car navigation systems, a commercial, and another free. The analysis of the maps was conducted by experts in the field of thematic cartography. It was observed that the two in-car navigation systems adopt different graphic designs for the maps to check how the dichromats see the maps presented by the systems was used the simulator color vision named Color Oracle. From the application's Color Oracle, it is concluded that there is a loss of visual hierarchy between features of the maps when considering the color perception of dichromats. This loss of visual hierarchy implies the lack of segregation of figure and ground, which means readability problems on the maps. As a result, the colorblind drivers possibly have difficulties to understand the navigation information, especially with the car in motion.

Keywords: In-car navigation systems, maps, color vision deficiency, dichromats.

1. Introdução

Os Sistemas de Navegação e Guia de Rota em Automóvel (SINGRA) são utilizados pelos motoristas para auxiliá-los em suas tarefas de navegação, tanto em ambientes conhecidos (LO et al., 2011) quanto desconhecidos (BURNETT, 1998; PUGLIESI *et al.*, 2009). A utilização desses sistemas tem apresentado um rápido crescimento, em diversas partes do mundo (GALLEN, 2007; AKAMATSU *et al.*, 2013), o que demonstra o importante papel que este tipo de sistema desempenha em setores fortes da economia, como o transporte e o turismo. Atualmente, diversas marcas e modelos de sistemas de navegação em automóvel estão disponíveis aos usuários. Isto inclui sistemas comerciais, e também gratuitos, os quais são obtidos por meio de *downloads* em lojas virtuais com dispositivos *smartphones* e *tablets*. De maneira similar à variedade de marcas e modelos de SINGRA disponíveis, os sistemas dispõem de diferentes representações cartográficas. Essas representações vêm sendo projetadas com o emprego de diversas variáveis visuais (BERTIN, 1983; MACEACHREN, 1995; SLOCUM *et al.*, 2009), das quais a cor pode ser considerada como a variável visual mais dominante nos processos de busca visual (FORREST; CASTNER, 1985).

No que concerne ao projeto e produção de mapas temáticos, a variável visual cor é frequentemente utilizada para representar diferentes informações em mapas, bem como para aumentar o significado de uma mensagem (DENT *et al.*, 2009; SLOCUM *et al.*, 2009). Além disso, a cor é capaz de permitir a formação de hierarquias visuais por meio da separação e diferenciação de diferentes informações em uma mesma composição visual (DENT *et al.*, 2009; SLOCUM *et al.*, 2009). Em relação aos sistemas de guia de rota em automóvel, os mapas apresentados por estes sistemas têm sido projetados e produzidos com ampla riqueza

de cores para representar as informações de navegação ao motorista. Com isso, compreender determinadas informações de navegação pode ser uma tarefa difícil, frustrante e até mesmo impossível para motoristas com deficiência na visão de cores (PUGLIESI; DECANINI, 2011).

A deficiência na visão de cores afeta a população mundial, em aproximadamente 8% dos homens e 0,4% das mulheres (POKORNY *et al.*, 1979; RIGDEN *et al.*, 1999; BRUNI; CRUZ, 2006). Conhecida popularmente como daltonismo, esta deficiência está associada ao mal funcionamento das células fotorreceptoras presentes na retina (cones), as quais são responsáveis pela discriminação das cores. De acordo com a teoria tricromática, (SLOCUM, *et al.*, 2009), a percepção das cores é o resultado do funcionamento dos três tipos de cones presentes na retina. Para indivíduos com visão normal de cores, também denominados tricromatas normais, existem três tipos de cones na retina, os quais são responsáveis pela percepção das cores azul, verde e vermelha. Todavia, tricromatas anômalos, dicromatas e monocromatas são classes que apresentam deficiência na visão de cores (POKORNY *et al.*, 1979; SHARPE *et al.*, 1999; RIGDEN, 1999; BRUNI; CRUZ, 2006). Caso os três tipos de cones funcionem, porém algum tipo de cone apresente um deslocamento no pico de sensibilidade retinal, o indivíduo é classificado como tricromata anômalo, o que caracteriza uma deficiência de grau leve ou moderado (POKORNY *et al.*, 1979; SHARPE *et al.*, 1999). Comparados com os tricromatas anômalos, os dicromatas possuem maior grau de severidade de deficiência na visão de cores. Os dicromatas com deficiência no vermelho são denominados protanopes, aqueles com deficiência no verde, deuteranopes e para aqueles que apresentam deficiência no azul, tritanopes (SHARPE *et al.*, 1999; SARDEGNA *et al.*, 2002).

Pesquisas sugerem que os mapas de sistemas de navegação em automóvel deveriam conter um conjunto básico de informações de navegação. Essas informações deveriam ser representadas em termos de hierarquia visual, de maneira a priorizar a informação essencial ao motorista para que o mesmo navegue confiante ao longo de uma rota (PUGLIESI *et al.*, 2009). Basicamente, as representações cartográficas de natureza principal envolvem símbolos cartográficos para o automóvel (localização onde o motorista se encontra), a rota (trajetória a ser percorrida para chegar até o destino desejado) e a seta de direção de manobra (ex. indicação da direção a ser tomada na transição de uma via para outra). As representações de nível secundário envolvem a malha viária, quadra e toponímia de via. Quanto ao nível terciário, podem ser considerados os pontos de interesse, marcos, hidrografia, ferrovia, área verde, parques e praças, etc.

Diante disso, este trabalho tem como objetivo analisar as representações cartográficas de sistemas de navegação em automóvel, tanto com base na percepção de cores dos daltônicos dicromatas, quanto em termos de hierarquias visuais entre as feições cartográficas. Pretende-se responder as seguintes questões: “Como os dicromatas veem os mapas apresentados pelos sistemas de navegação e guia de rota em automóvel?” e “A hierarquia visual entre as feições cartográficas se mantém quando vistas por dicromatas?”.

2. Método

Este trabalho está dividido em quatro etapas: seleção dos sistemas de navegação em automóvel; seleção da área de estudo; levantamento dos dados com os sistemas selecionados e; simulação da visão de cores dos daltônicos dicromatas.

2.1 Seleção dos sistemas de navegação e guia de rota em automóvel

A seleção dos sistemas foi realizada de acordo com alguns critérios: exibição de mapa em vista ortogonal (mapa 2D); apresentação de esquema de referência egocêntrico (mapa orientado para o ponto de vista do motorista) e; adoção de monitores de tamanho similar, para que a quantidade de informação exibida nos mapa não fosse influenciada pela dimensão da

tela de apresentação. A partir disso, dois sistemas de navegação foram selecionados, um comercial e o outro gratuito.

Em relação ao sistema comercial, optou-se por selecionar o GARMIN *nüvi* 3460, uma vez que os sistemas de guia de rota em automóvel da marca GARMIN estão entre os mais comercializados no mundo todo, conforme aponta uma pesquisa de mercado realizada em 2014 (<http://www.cnet.com/topics/gps/best-gps/>). Os mapas apresentados pelo sistema em questão são exibidos ao motorista em um monitor com tela sensível e dimensão de 4,3 polegadas.

Quanto ao sistema gratuito, optou-se por selecionar o *Google Maps Navigation*, uma vez que o sistema de guia de rota disponibilizado pela empresa *Google* apresenta cerca de um bilhão de *downloads* realizados por usuários, segundo o *site* da loja virtual *Play Store* (<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.google.android.apps.maps>). Além disso, conforme uma avaliação realizada por cerca de 4.022.075 usuários, este aplicativo apresenta uma pontuação média de 4,3 pontos em uma escala que varia de 0 a 5. O *download* e a instalação do *Google Maps Navigation* foram realizados diretamente no dispositivo *smartphone Samsung S3 mini*. Optou-se por este dispositivo, pelo fato de mesmo apresentar uma tela com dimensão de 4,1 polegadas, similar à tela do GARMIN *nüvi* 3460.

2.2 Seleção da área de estudo

A área de estudo está localizada na cidade de Presidente Prudente, situada a oeste do estado de São Paulo. Por se tratar de uma cidade de médio porte (cerca de 200 mil habitantes), Presidente Prudente possui um *layout* urbano com diferentes tipos de pontos nodais (LYNCH, 1997), tais como cruzamentos e rotatórias. O cenário urbano da cidade é também composto por uma grande quantidade de vias com distintas características geométricas (largas, estreitas, longas, curtas, retas, curvilíneas, etc.). Dentre os tipos de pontos nodais, as rotatórias têm sido consideradas como importantes elementos do ambiente urbano na avaliação da apresentação da informação visual e sonora em SINGRA, devido à complexidade geométrica desses elementos (BURNETT; JOYNER, 1997; LABIALE, 2001; PUGLIESI *et al.*, 2009). Diante desse contexto, optou-se por selecionar uma rotatória na cidade de Presidente Prudente-SP, com diferentes números de faixas, bem como com distintas classes de vias (rodovia, marginal, via urbana arterial e local, etc.). A Figura 1 apresenta uma imagem do local em questão.



Figura 1 - Imagem da área de estudo.

Fonte: *Google Earth*.

2.3 Levantamento dos dados

Para cada um dos sistemas selecionados, foi realizado o procedimento de captura de tela. Durante a navegação em automóvel, o procedimento em questão foi efetuado no momento da

realização da tarefa tática em rotatória. A realização da tarefa tática é um dos momentos mais críticos durante a navegação em automóvel, pois o motorista deve manipular em poucos segundos uma grande quantidade de informação, no intuito de se preparar para realizar a manobra com segurança (BURNETT, 1998; LABIALE, 2001; KABER *et al.*, 2012). Duas pessoas participaram do levantamento dos dados. Enquanto uma dirigia o veículo, a outra pessoa realizava a captura das telas. Durante este procedimento, procurou-se estabelecer sincronia entre os dois sistemas de guia de rota em automóvel, de tal maneira que a captura das telas ocorresse no mesmo momento.

Dentre os projetos de representações cartográficas oferecidos pelo sistema GARMIN *nüvi* 3460, optou-se por utilizar o projeto padrão, denominado GARMIN. O mesmo procedimento foi adotado para o sistema *Google Maps Navigation*, que, no entanto, apresenta somente uma única opção de projeto gráfico de representações cartográficas. Além disso, optou-se por capturar as telas dos sistemas de navegação na posição vertical, uma vez que os mapas apresentados pelo *Google Maps Navigation* se dispõem de maneira mais adequada nesta posição. Vale ressaltar que, além dos mapas, os sistemas de navegação em automóvel utilizados neste estudo apresentam informações marginais nas partes superior e inferior.

2.4 Aplicação do simulador de visão de cores e resultados

Para verificar como os daltônicos dicromatas veem os mapas apresentados pelos sistemas GARMIN *nüvi* 3460 e *Google Maps Navigation*, foi utilizado o simulador de visão de cores *Color Oracle*. Um estudo recente mostrou que, dentre um conjunto de diferentes simuladores de visão de cores analisados, o *Color Oracle* demonstrou em seus resultados ser o que melhor representa a visão dos dicromatas protanopes, deuteranopes e tritanopes (OLIVEIRA *et al.*, 2014). Os resultados obtidos a partir da simulação de visão de cores nos mapas exibidos pelo GARMIN *nüvi* 3460 e pelo *Google Maps Navigation* são apresentados, respectivamente, nas Figuras 2 e 3.

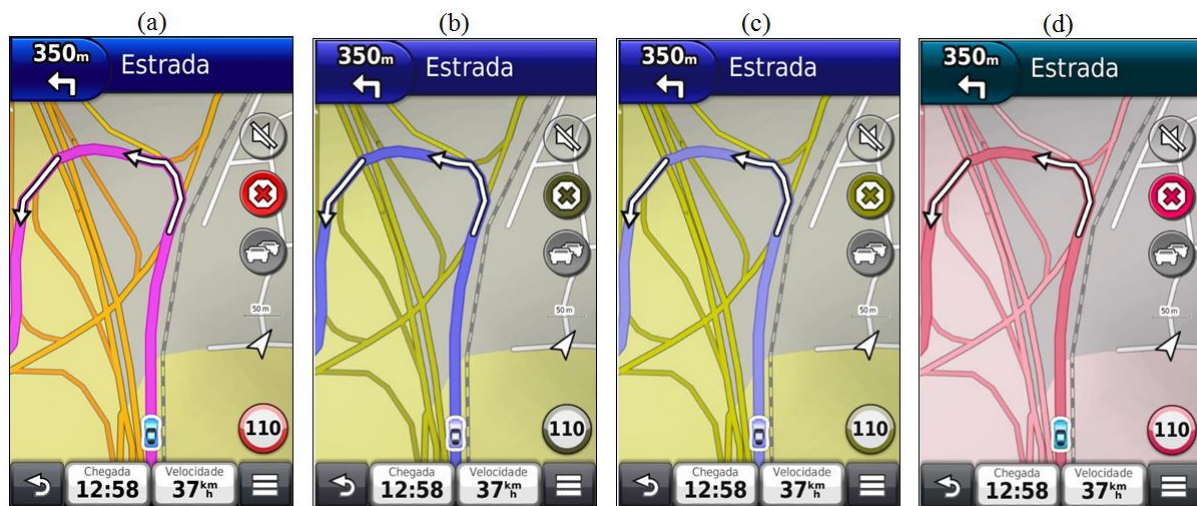


Figura 2 - Mapas do sistema GARMIN *nüvi* 3460 com a simulação da visão de cores do tricromata normal (a) para as visões de cores dos dicromatas protanope (b), deuteranope (c) e tritanope (d), utilizando o *Color Oracle*.

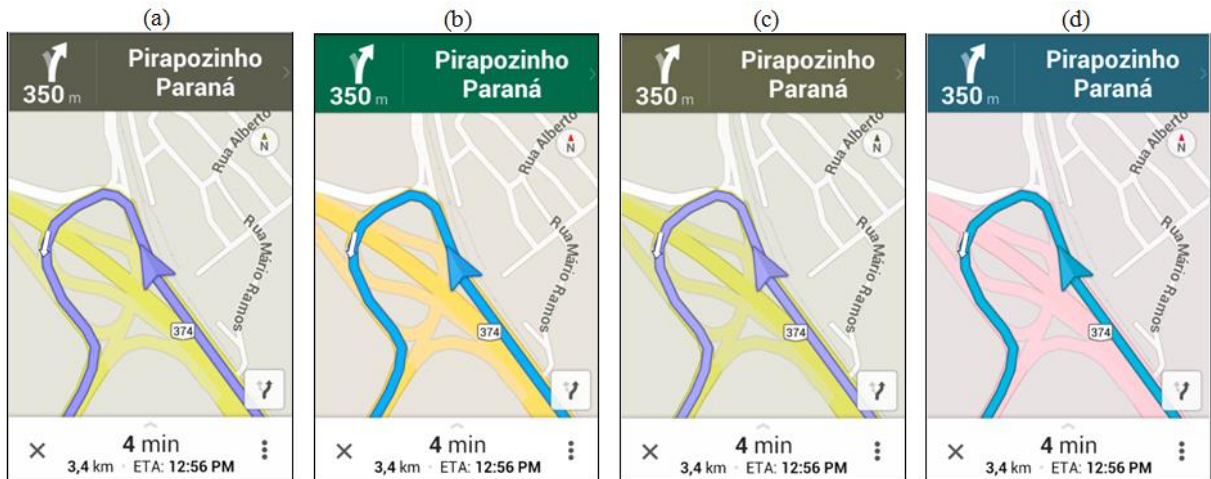


Figura 3 - Mapas do sistema *Google Maps Navigation* com a simulação da visão de cores do tricromata normal (a) para as visões de cores dos dicromatas protanope (b), deuteranope (c) e tritanope (d), utilizando o *Color Oracle*.

3. Discussão dos resultados

A análise dos mapas apresentados pelos sistemas GARMIN *nüvi* 3460 e *Google Maps Navigation* foi conduzida por especialistas da área de cartografia temática. Em relação ao mapa apresentado pelo GARMIN *nüvi* 3460 (Figura 2a), nota-se que a seta de manobra, com preenchimento em branco e contorno em preto, e a rota, com preenchimento em magenta, apresentam-se no mesmo nível de hierarquia visual.

Ao considerar a percepção dos protanopes (Figura 2b), nota-se que a rota passa a ser vista na cor azul e isso contribui para a diminuição do contraste com o símbolo do automóvel (em tons de roxo). A redução do contraste é ainda maior no caso da percepção de cores dos deuteranopes (Figura 2c), pois o símbolo da rota recua e compete visualmente com a simbologia da malha viária. Com isso, o símbolo da seta de direção de manobra passa a ser visto como o elemento de maior destaque no mapa (Figura 2c). Nesse contexto, pode-se apontar que houve uma perda de hierarquia visual entre as feições do mapa, quando considerou-se a percepção de cores dos dicromatas.

Quanto ao mapa exibido pelo *Google Maps Navigation*, nota-se que há pouca alteração na hierarquia visual entre as feições (Figura 3), principalmente ao se considerar a percepção de cores dos dicromatas protanopes (Figura 3b) e dicromatas deuteranopes (Figura 3c). Isso porque, as cores selecionadas para representar as informações de navegação são aquelas vistas por protanopes e deuteranopes, azul, para a rota e a seta, amarelo, para as vias principais, o branco para as vias secundárias da malha viária, e o cinza, para as quadras.

4. Conclusão e recomendações

Para os casos estudados, observou-se que a GARMIN e o *Google* adotam projetos gráficos distintos para os mapas que apoiam a navegação em automóvel. Conclui-se que ocorre uma perda de hierarquia visual entre as feições do mapa, ao se considerar a percepção de cores dos dicromatas. No entanto, esta perda de hierarquia visual é maior nos mapas apresentados pelo GARMIN *nüvi* 3460, comparado aos mapas apresentados pelo *Google Maps Navigation*. A perda de hierarquia visual implica na falta de segregação de figura-fundo, o que significa problemas de legibilidade no mapa. Como consequência disso, os motoristas daltônicos podem ter dificuldades de compreender as informações de navegação. As dificuldades no processo de leitura do mapa, sobretudo, com o automóvel em movimento, podem contribuir para o aumento das chances de acidentes no trânsito.

Recomenda-se que as representações cartográficas analisadas neste trabalho sejam avaliadas com um grupo de motoristas daltônicos no intuito de identificar a satisfação dos

motoristas por tais representações. Além disso, recomenda-se analisar o projeto gráfico de outros sistemas de navegação, visto que há uma grande variedade de marcas e modelos disponíveis para os motoristas.

5. Referências

- AKAMATSU, M.; GREEN, P.; BENGLER, K. Automotive Technology and Human Factors Research: Past, Present, and Future. **International Journal of Vehicular Technology**. v. 2013, p. 1–28. 2013.
- BERTIN, J. **Semiology of Graphics: Diagrams, Networks, Maps**. Madison: University of Wisconsin. 1983. 415p.
- BURNETT, G. E. **"Turn right at the King's Head": Drivers' requirements for route guidance information**. PhD Thesis, Loughborough University, UK. 1998.
- BURNETT, G. E.; JOYNER, S. An Assessment of Moving Map and Symbol-Based Route Guidance Systems. In: **Ergonomics and safety of intelligent driver interfaces**. USA: Lawrence Erlbaum Associates, Inc. 1997. Cap. 6. p. 115-137.
- BRUNI, L. F.; CRUZ, A. A. V. Sentido cromático: tipos de defeitos e testes de avaliação clínica. **Arquivos Brasileiros de Oftalmologia**, 69(5):766-75, 2006.
- CALORI, C. **Signage and Wayfinding Design: A Complete Guide to Creating Environmental Graphic Design Systems**.: Wiley, 2007.
- DENT, B. D.; TORGUSON, J.; HODLER, T. **Cartography: Thematic Map Design**. 6nd ed. Boston: McGraw Hill Higher Education. 2009.
- FORREST, D.; CASTNER, H. W. The Design and Perception of point symbols for tourist maps. **The Cartographic Journal**, 22(1): p. 11-9, 1985.
- GALLEN, C. Navigation device shipments to show 22.5% compound annual growth to 2012 Singapore. **ABI Research**, 2007. Disponível em http://www.businesswire.com/news/home/20071023005486/en/Navigation-Device-Shipments-Show-22.5-Compound-Annual#.U7vhO_ldX-s. Acesso em 08 de agosto de 2014.
- KABER, D. B.; LIANG, Y.; ZHANG, Y.; ROGERS, M. L.; GANGAKHEDKAR, S. Driver performance effects of simultaneous visual and cognitive distraction and adaptation behavior. **Transportation Research Part F**. v. 15, p.491-501. 2012.
- LABIALE, G. Visual search and preferences concerning different types of guidance displays. **Behaviour & Information Technology**. London: Taylor & Francis. n. 3, v. 20, p.149-158. 2001.
- LYNCH, K. **A imagem da cidade**. 11 ed. São Paulo: Martins Fontes, 1997. 227p.
- LO, E-W. V.; GREEN, P. A.; FRANZBLAU, A. Where Do People Drive? Navigation System Use by Typical Drivers and Auto Experts. **The journal of navigation**, v. 64, p. 357-373, 2011.
- MACEACHREN, A. M. **How maps work: Representation, Visualization and Design**. London: The Guilford Press, 1995.
- POKORNY, J.; SMITH, V. C.; VERRIEST, G.; PINCKERS, A. J. L. G. **Congenital and Acquired Color Vision Defects**. Grune and Stratton, New York, 1979.
- PUGLIESI, E. A.; DECANINI, M. M. S. Cartographic Design of In-car Route Guidance for Color-Blind Users. In: **International Cartographic Conference**. Enlightened view on Cartography and GIS, Paris, 2011.
- PUGLIESI, E. A.; DECANINI, M. M. S.; TACHIBANA, V. M. Evaluation of the Cartographic Communication Performance of a Route Guidance and Navigation System. **Cartography and Geographic Information Science**. v. 36, n. 2, p.193-207. 2009.
- OLIVEIRA, R. F.; PUGLIESI, E. A.; RAMOS, A. P. M.; DECANINI, M. M. S. Simulador de Visão de Cores para Aplicação na Cartografia: Da Visão Tricromata Normal para a Visão do Daltônico Dicromata. In: **V Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação**, Recife-PE. 2014.
- RAMOS, A. P. M.; PUGLIESI, E. A.; DECANINI, M. M. S.; OLIVEIRA, R. F. Escalas dos mapas de sistemas de guia de rota comercial. **Revista Brasileira de Cartografia**. v.1, n. 66. p.195-207. 2014a.
- RIGDEN, C. The eye of the beholder – Designing for colour-blind users. **British Telecommunications Engineering**, v. 17, 1999.
- SARDEGNA, J.; SHELLY, S.; RUTZEN, A. R.; STEIDL, S. M. **The Encyclopedia of Blindness and Vision Impairment**. 2 ed, New York: Facts On File, 2002.
- SHARPE, L.T.; STOCKMAN, A.; JÄGLE, H.; NATHANS, J. Opsin genes, cone pigments, color vision and color blindness. **Color Vision - From genes to perception**. Cambridge University Press, p. 3-51, 1999.
- SLOCUM, A. T.; MCMASTER, R. B.; KESSLER, F. C.; HOWARD, H. H. **Thematic Cartography and Geovisualization**. 3rd ed. Prentice Hall, 2009.

APÊNDICE C – Documento de explanação da pesquisa e Termo de consentimento livre e esclarecido para a avaliação da preferência subjetiva por representações cartográficas de SINGRA.

DOCUMENTO DE EXPLANAÇÃO DA PESQUISA E TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Título da pesquisa: “MAPAS DE GUIA DE ROTA EM AUTMÓVEL PARA MOTORISTAS DALTÔNICOS”.

Contexto da pesquisa: esta pesquisa vem sendo realizada pelo mestrando Renan Furlan de Oliveira, do Programa de Pós-Graduação em Ciências Cartográficas (PPGCC), da FCT/UNESP, sob orientação do Prof. Dr. Edmur Azevedo Pugliesi, do departamento de Cartografia da FCT/UNESP. O objetivo da pesquisa é avaliar a preferência subjetiva de um grupo de motoristas daltônicos por mapas de GPS de navegação em automóvel.

Participantes da pesquisa: motoristas daltônicos com experiência na direção de automóvel

Natureza da pesquisa: o Sr.(Sra.) está sendo convidado(a) a participar desta pesquisa que tem por finalidade verificar a preferência subjetiva de um grupo de motoristas daltônicos por mapas de GPS de navegação em automóvel. O conhecimento obtido no teste poderá contribuir de tal forma para promover acessibilidade no uso de sistemas desta natureza, pois os resultados permitirão projetar e produzir mapas de acordo com as preferências dos motoristas daltônicos.

Envolvimento na pesquisa: ao participar desta pesquisa o(a) Sr.(Sra.) permitirá que o(a) experimentador(a) aplique: (i) a tarefa de perguntar qual mapa de GPS de navegação o(a) Sr.(Sra.) prefere para auxiliar nas tarefas de navegação, e (ii) a razão da sua escolha, bem como (iii) questionário de características individuais. Além disso, o(a) Sr.(Sra.) permitirá que o(a) experimentador(a) registre as respostas. O Sr.(Sra.) tem liberdade de se recusar a participar e, ainda, se recusar a continuar participando em qualquer fase da pesquisa, sem qualquer prejuízo. Sempre que quiser poderá pedir mais informações para o(a) experimentador(a). Deve-se salientar que o seu anonimato será preservado.

OBS.: tarefas de navegação se referem, por exemplo, à localização, orientação, seleção de trajetos, deslocamento e realização de manobras (mudança de uma via para outra).

Explanação do ambiente da pesquisa:

- Um automóvel será estacionado em via pública;
- O automóvel estará equipado com um monitor de navegação sobre o painel do veículo;
- Você será convidado a entrar no automóvel e um conjunto de mapas de GPS de navegação em automóvel será apresentado;
- Serão feitas algumas perguntas sobre os mapas dos GPS.

Sobre as entrevistas: serão aplicados: (i) um questionário de caracterização do participante, (ii) tarefas relacionadas à preferência subjetiva pelos símbolos dos mapas dos GPS de navegação em automóvel.

Riscos e desconforto: a participação nesta pesquisa não infringe as normas legais e éticas e não envolve nenhum tipo de risco à saúde física e (ou) mental do(a) Sr.(Sra.). Nenhum dos procedimentos aplicados oferece riscos à sua dignidade.

Confidencialidade: todas as informações coletadas neste estudo são estritamente confidenciais. Somente o(a) pesquisador(a) e seu(sua) orientador(a) (e/ou grupo de pesquisa) terão conhecimento de sua identidade e nos comprometemos a mantê-la em sigilo ao publicar os resultados desta pesquisa.

Benefícios: ao participar desta pesquisa o(a) Sr.(Sra.) não terá nenhum benefício direto. Entretanto, esperamos que este estudo produza informações importantes sobre as preferências dos motoristas daltônicos por informações de GPS de navegação em automóvel. Com o conhecimento que será adquirido na pesquisa pretende-se apoiar a indústria automobilística na produção de GPS de navegação para motoristas daltônicos, com a ressalva de que o pesquisador se compromete a divulgar os resultados obtidos, respeitando-se o sigilo das informações coletadas, conforme previsto no item confidencialidade.

Pagamento: o Sr.(Sra.) não terá nenhum tipo de despesa para participar desta pesquisa, bem como nada será pago por sua participação.

Após estes esclarecimentos, solicitamos o seu consentimento de forma livre para participar desta pesquisa. Portanto preencha, por favor, os itens que se seguem: Confiro que recebi cópia deste termo de consentimento, e autorizo a execução do trabalho de pesquisa e a divulgação dos dados obtidos neste estudo.

Obs: Não assine esse termo se ainda tiver dúvida a respeito.

Consentimento Livre e Esclarecido

Tendo em vista os itens acima apresentados, eu, de forma livre e esclarecida, manifesto meu consentimento em participar da pesquisa

Nome do Participante da Pesquisa

Assinatura do Participante da Pesquisa

Assinatura do Pesquisador

Assinatura do Orientador

Pesquisador: Renan Furlan de Oliveira – Mestrando (18) 99771-2669

Orientador: Prof. Dr. Edmur Azevedo Pugliesi (18) 3229-5513

Coordenadora do Comitê de Ética em Pesquisa: Profa. Dra. Edna Maria do Carmo

Vice-Coodenadora: Profa. Dra. Renata Maria Coimbra Libório

Telefone do Comitê: 3229-5315 ou 3229-5526

E-mail cep@fct.unesp.br

APÊNDICE D – Questionário para levantamento das características individuais do motorista para o teste de preferência subjetiva por representações cartográficas de SINGRA.

Número do participante: _____

QUESTIONÁRIO DE CARACTERIZAÇÃO DO MOTORISTA

Obs.: o seu anonimato será mantido – todas as informações são estritamente confidenciais.

1. Dados pessoais

Nome: _____

Idade: ____ anos Gênero: () feminino () masculino

Telefone: (____) _____

E-mail: _____

2. Escolaridade

Especifique o seu maior nível de escolaridade: _____

Profissão: _____

3. Experiência com direção

3.1 Indique quantos anos você possui carteira de habilitação: ____

3.2 Indique quantos anos você dirige: ____

3.3 Indique o período em que mais dirige

() dia () noite () aproximadamente igual para ambos

4. Experiência com GPS de navegação em automóvel

4.1 Com que frequência você utiliza GPS de navegação, como motorista e/ou passageiro do automóvel?

() frequentemente (uma ou mais vezes por semana)

() ocasionalmente (no máximo uma vez por mês)

() raramente (uma ou duas vezes por ano)

() nunca

5. Características oftalmológicas

5.1 Tem algum tipo de deficiência na visão de cores (ex.: daltonismo)?

() Sim () Não

Se sim, e caso saiba, especifique o tipo:

() leve confusão no vermelho

() leve confusão no verde

() leve confusão no azul

() não enxerga o vermelho

() não enxerga o verde

() não enxerga o azul

() só enxerga tons de cinza

Data da entrevista: ____________

Obrigado pela sua participação!

APÊNDICE E – Roteiro do teste para a avaliação da preferência subjetiva por mapas de SINGRA.

ROTEIRO DO TESTE PARA A AVALIAÇÃO DA PREFERÊNCIA SUBJETIVA POR MAPAS DE GPS DE NAVEGAÇÃO EM AUTOMÓVEL

Cenário da pesquisa:

Imagine que você esteja dirigindo um automóvel em uma cidade desconhecida ou que não tenha boa familiaridade com a região e terá que utilizar um GPS de navegação em automóvel para ajudá-lo no deslocamento de um ponto da cidade a outro, incluindo a realização de uma manobra (mudança de via).

Você verá mapas de GPS de navegação em automóvel, com diferentes símbolos de representação para o sistema viário, rota, seta de direção de manobra, quadra, automóvel, etc. Serão feitas algumas perguntas e as respostas serão gravadas em áudio. Por favor, responda as seguintes questões:

Questões:

1. “Qual mapa você prefere para utilizar em sistema de navegação em automóvel? Por quê?”;
2. “Qual cor você prefere para identificar o automóvel e a rota no mapa? Por quê?”;
3. “Qual combinação de cor você prefere para identificar o automóvel e a seta no mapa? Por quê?”;
4. “Qual combinação de cor você prefere para identificar a seta e a rota no mapa? Por quê?”;
5. “Qual mapa você prefere para utilizar em sistema de navegação em automóvel? Por quê? Indique a ordem de preferência”;
6. “Qual mapa você prefere para utilizar em sistema de navegação em automóvel? Por quê? Indique a ordem de preferência”.

Em caso de eventuais dúvidas, consulte o experimentador sempre que necessário.

Agradecemos a sua participação,

Renan Furlan de Oliveira – Mestrando
Prof. Dr. Edmur Azevedo Pugliesi - Professor

APÊNDICE F – Teste para avaliação da preferência subjetiva por mapas de SINGRA

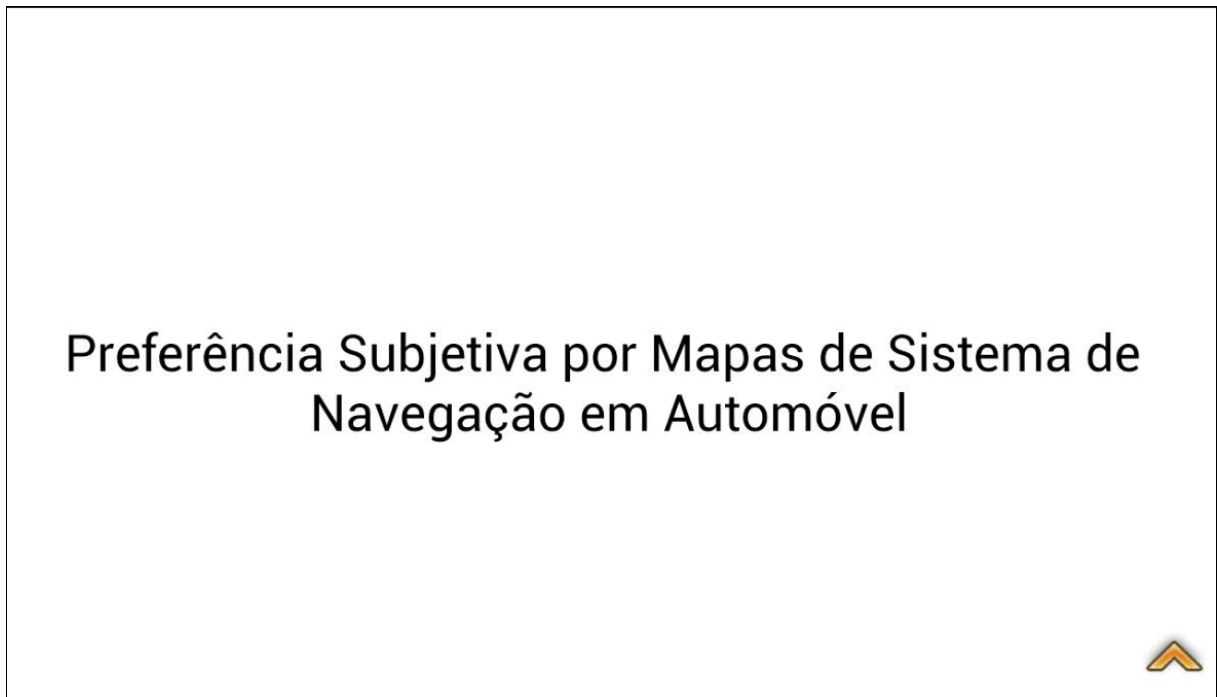


Figura F.1 – Tela inicial de preparação para iniciar o teste de preferência subjetiva.

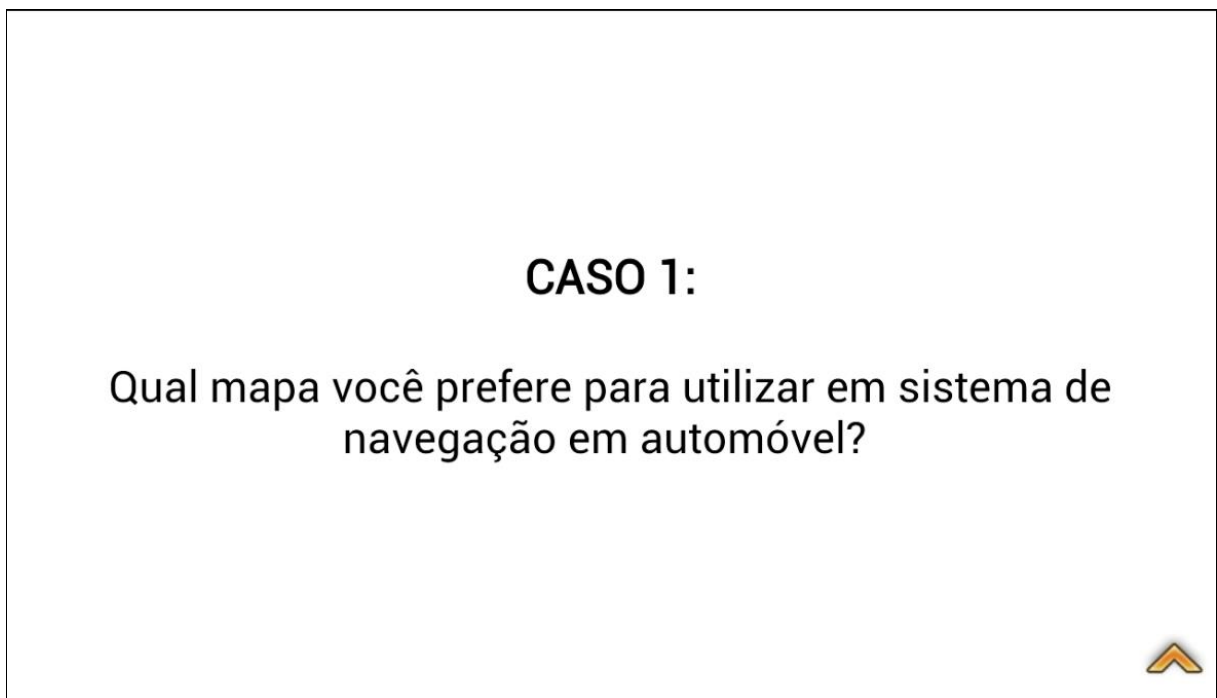


Figura F.2 – Tela com a primeira questão do teste de preferência subjetiva.



Figura F.3 – Tela com a primeira opção de mapa para responder a primeira questão do teste.



Figura F.4 – Tela com a segunda opção de mapa para responder a primeira questão do teste.

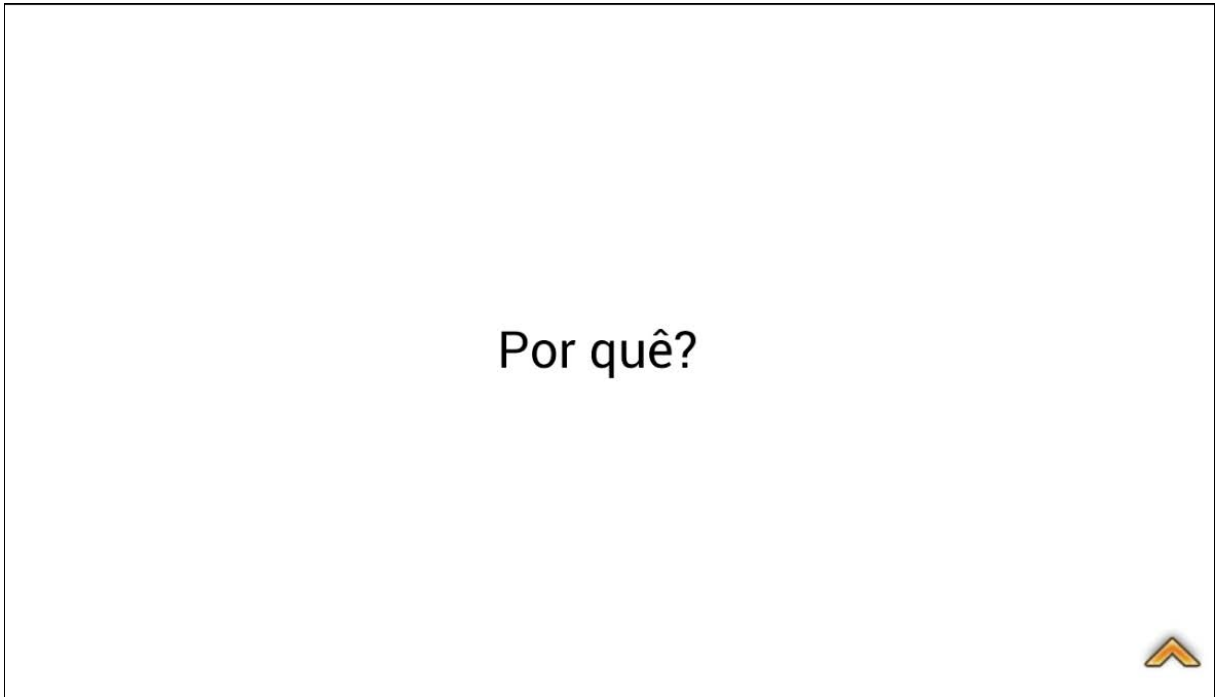


Figura F.5 – Tela com a pergunta sobre a justificativa do participante em relação à opção de mapa escolhida para responder a primeira questão do teste.

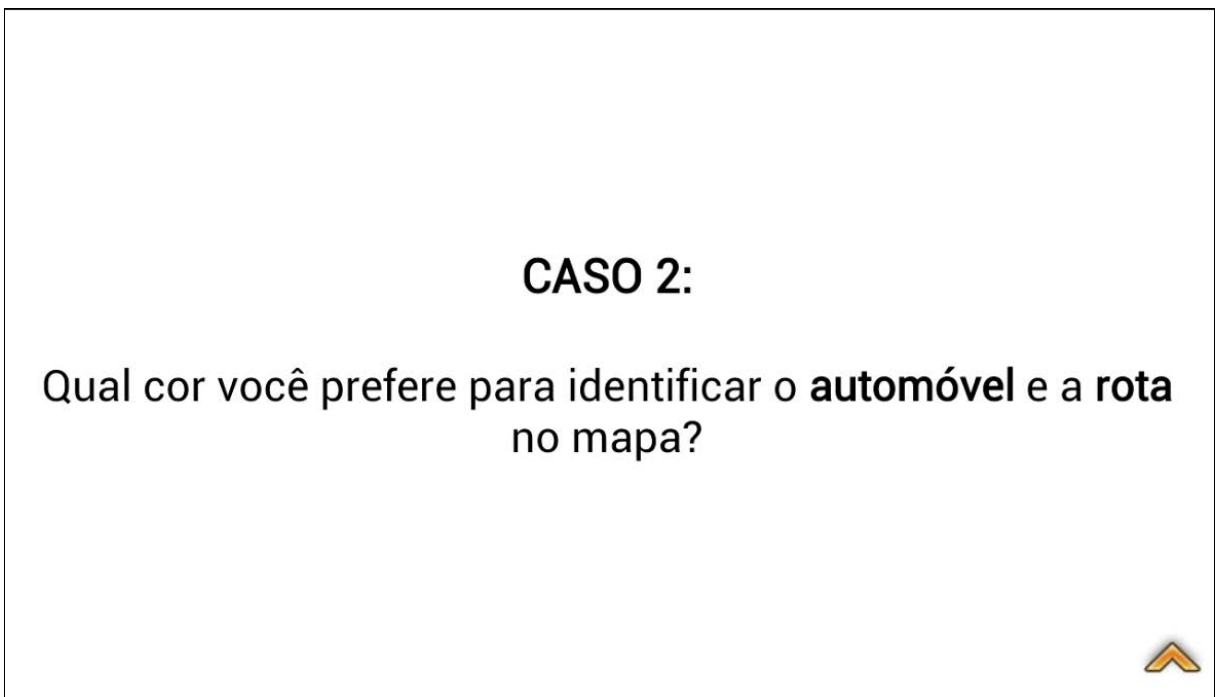


Figura F.6 – Tela com a segunda questão do teste de preferência subjetiva.



Figura F.7 – Tela com a primeira opção de mapa para responder a segunda questão do teste.



Figura F.8 – Tela com a segunda opção de mapa para responder a segunda questão do teste.

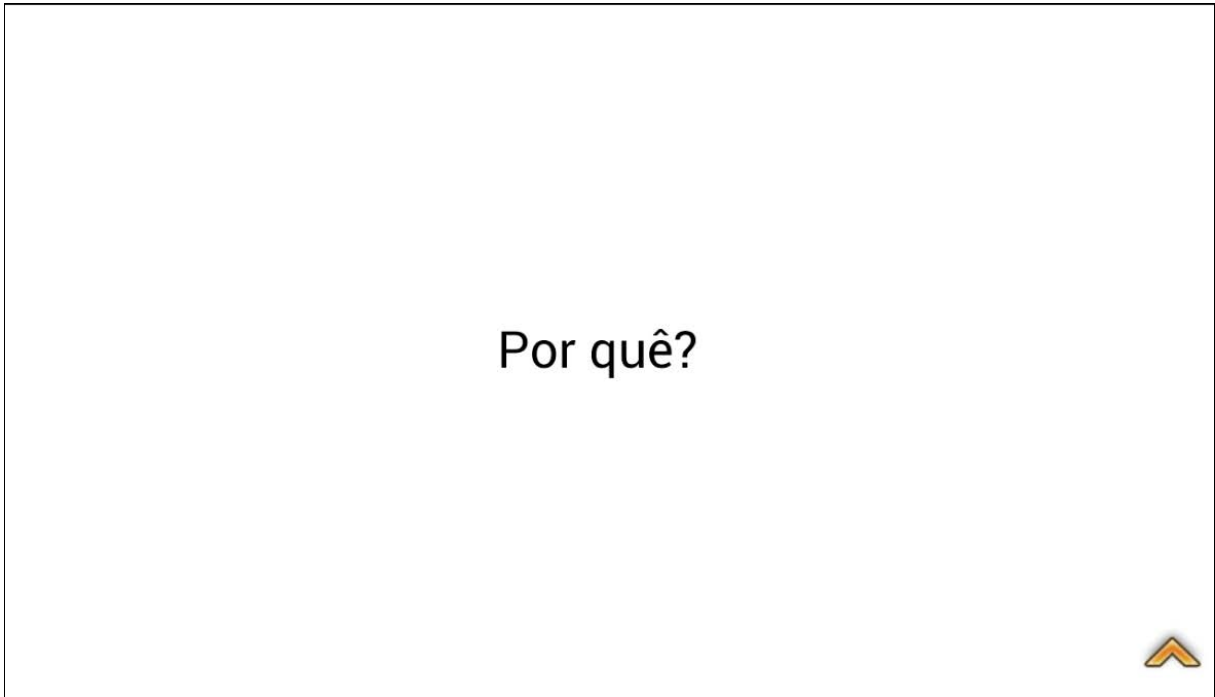


Figura F.9 – Tela com a pergunta sobre a justificativa do participante em relação à opção de mapa escolhida para responder a segunda questão do teste.

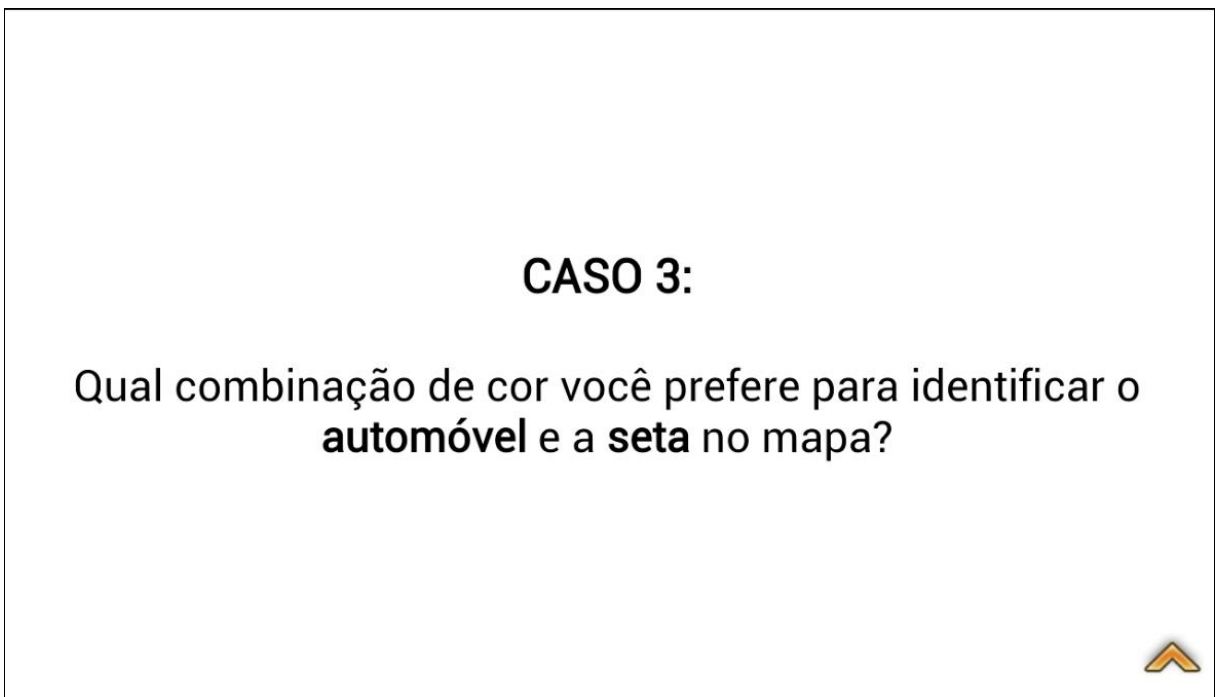


Figura F.10 – Tela com a terceira questão do teste de preferência subjetiva.

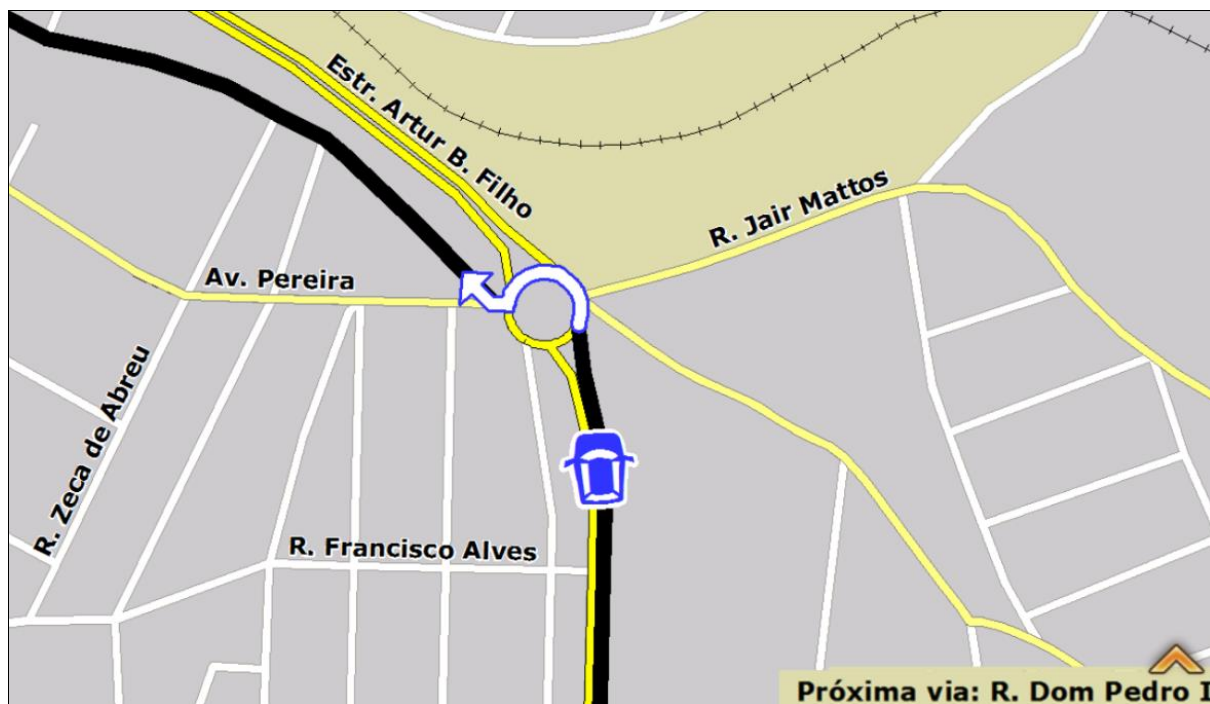


Figura F.11 – Tela com a primeira opção de mapa para responder a terceira questão do teste.

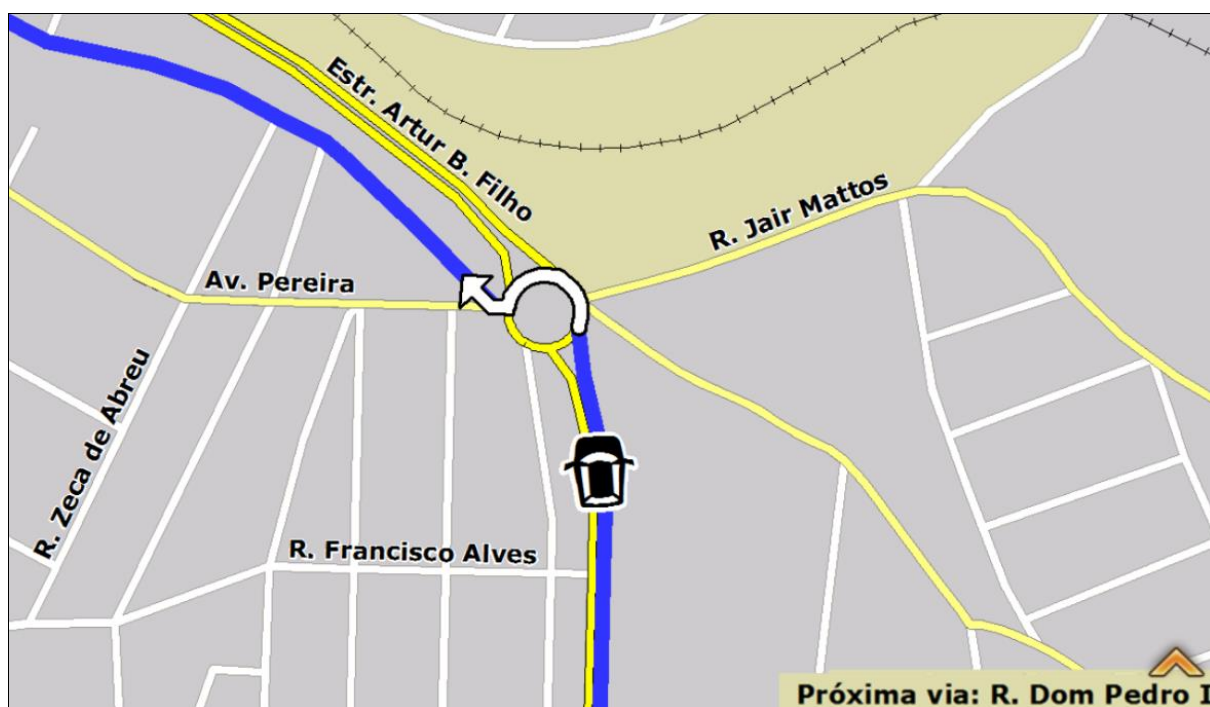


Figura F.12 – Tela com a segunda opção de mapa para responder a terceira questão do teste.

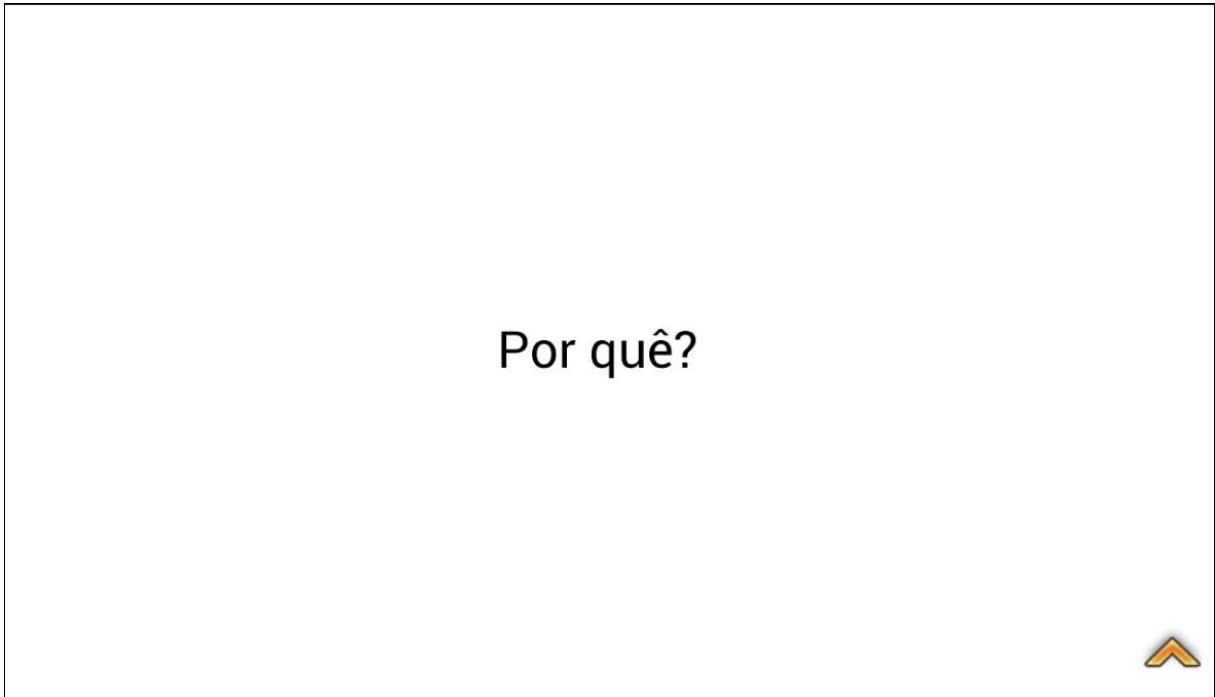


Figura F.13 – Tela com a pergunta sobre a justificativa do participante em relação à opção de mapa escolhida para responder a terceira questão do teste.

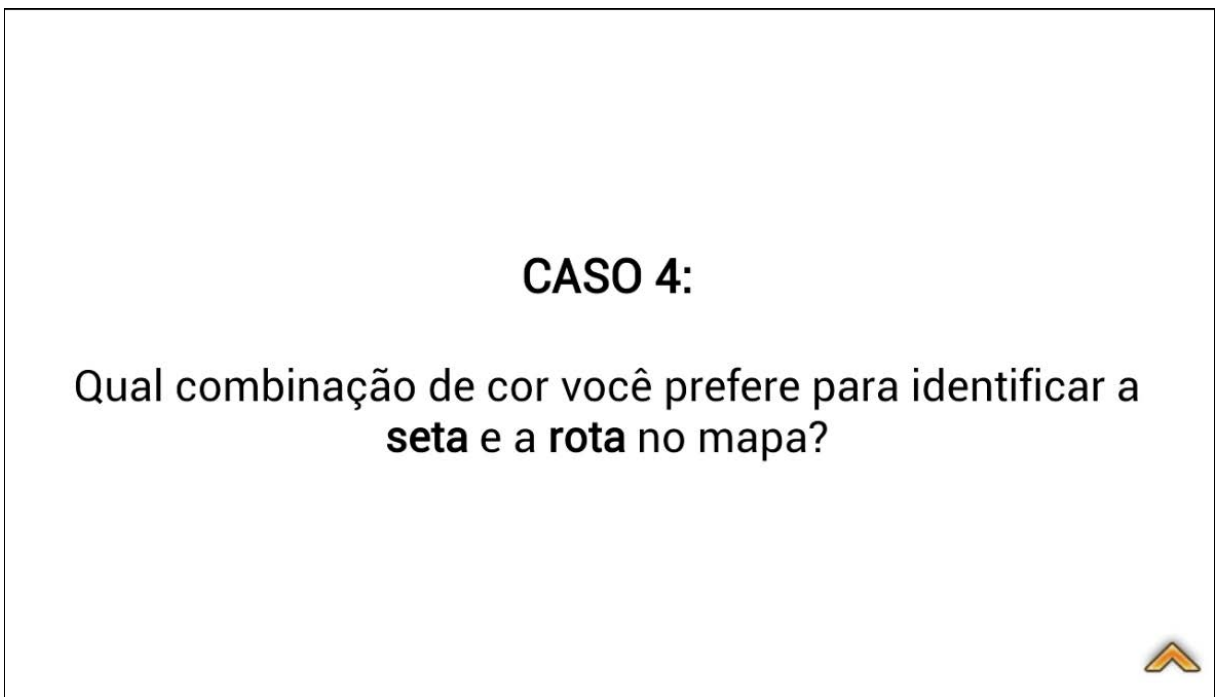


Figura F.14 – Tela com a quarta questão do teste de preferência subjetiva.



Figura F.15 – Tela com a primeira opção de mapa para responder a quarta questão do teste.



Figura F.16 – Tela com a segunda opção de mapa para responder a quarta questão do teste.

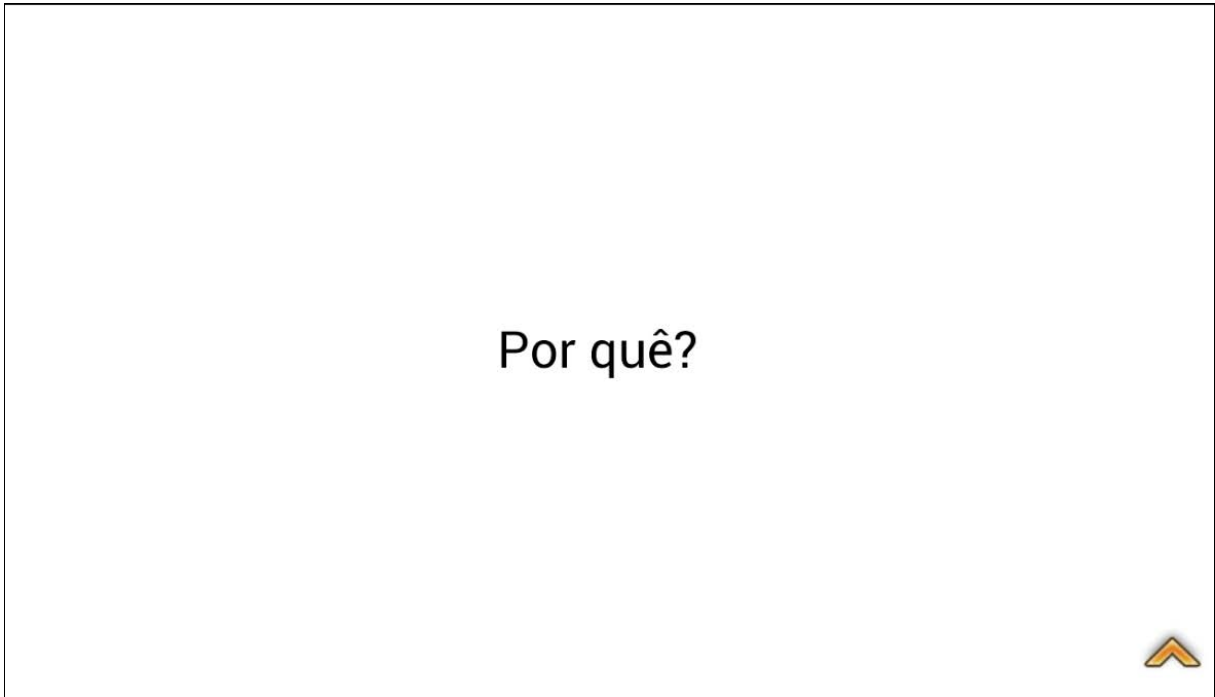


Figura F.17 – Tela com a pergunta sobre a justificativa do participante em relação à opção de mapa escolhida para responder a quarta questão do teste.

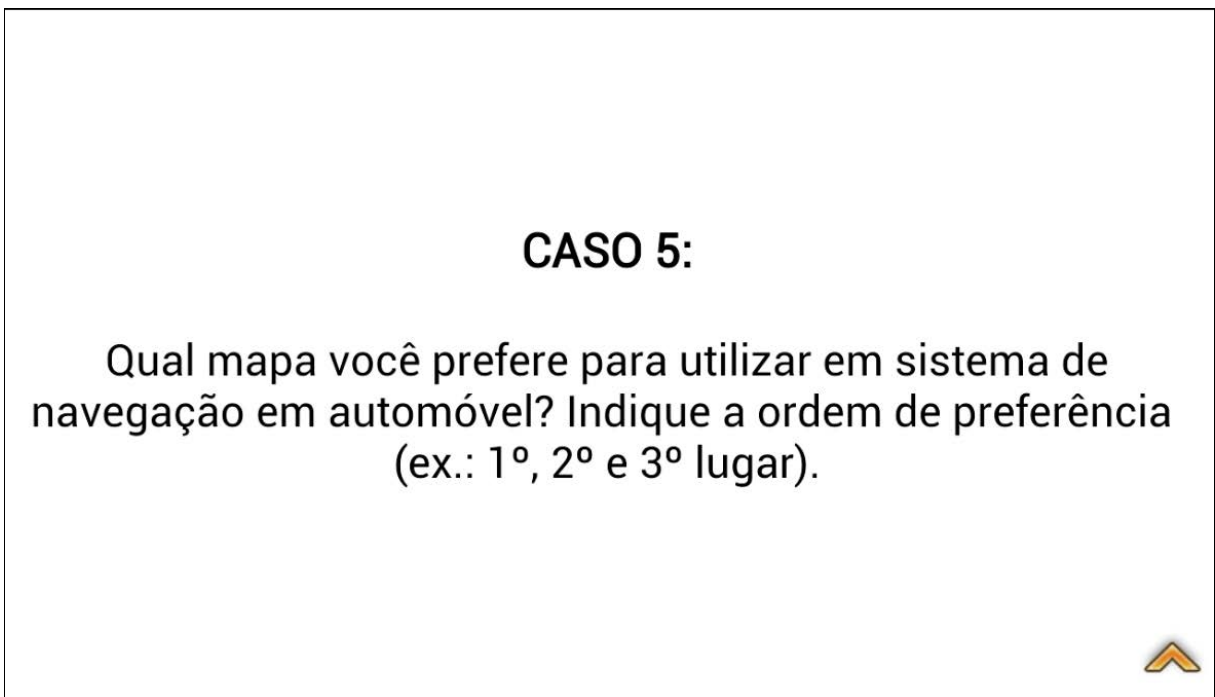


Figura F.18 – Tela com a quinta questão do teste de preferência subjetiva.



Figura F.19 – Tela com a primeira opção de mapa para responder a quinta questão do teste.



Figura F.20 – Tela com a segunda opção de mapa para responder a quinta questão do teste.

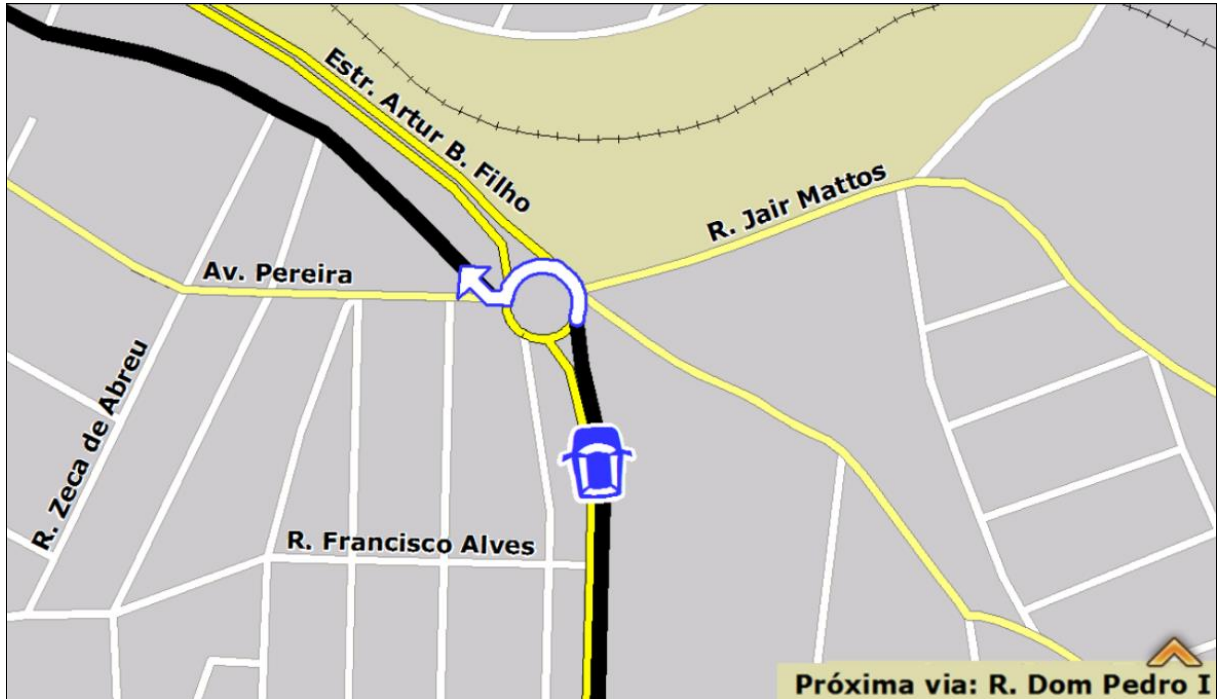


Figura F.21 – Tela com a terceira opção de mapa para responder a quinta questão do teste.

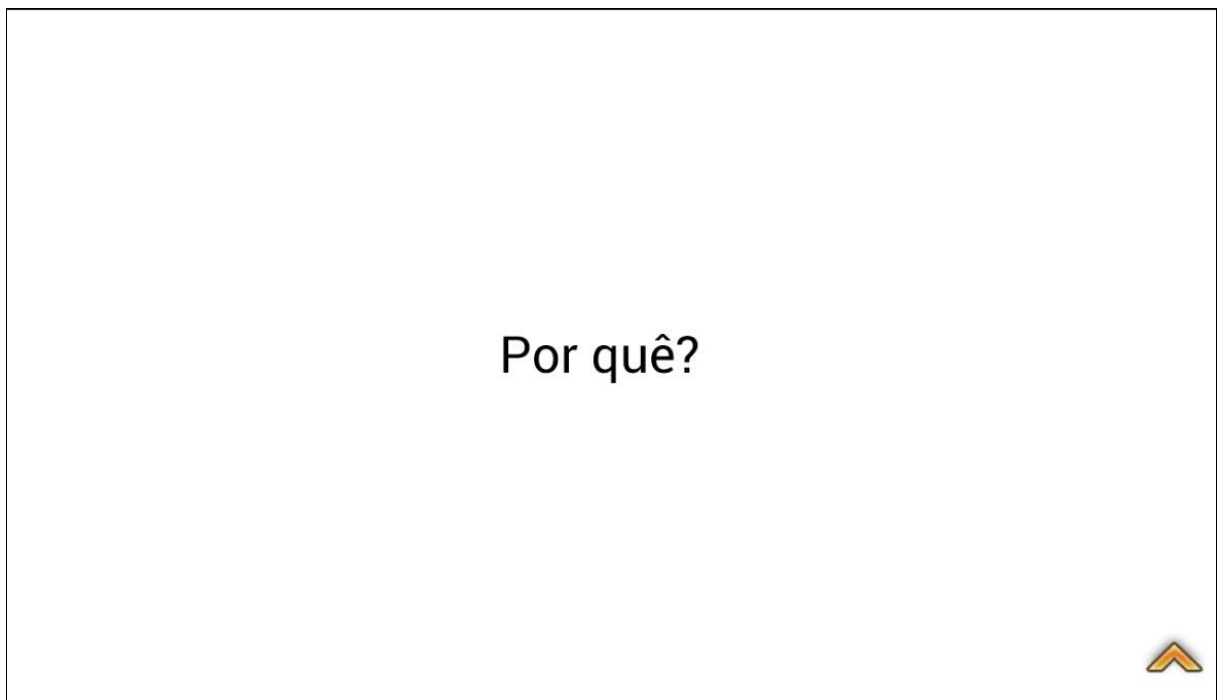


Figura F.22 – Tela com a pergunta sobre a justificativa do participante em relação à opção de mapa escolhida para responder a quinta questão do teste.

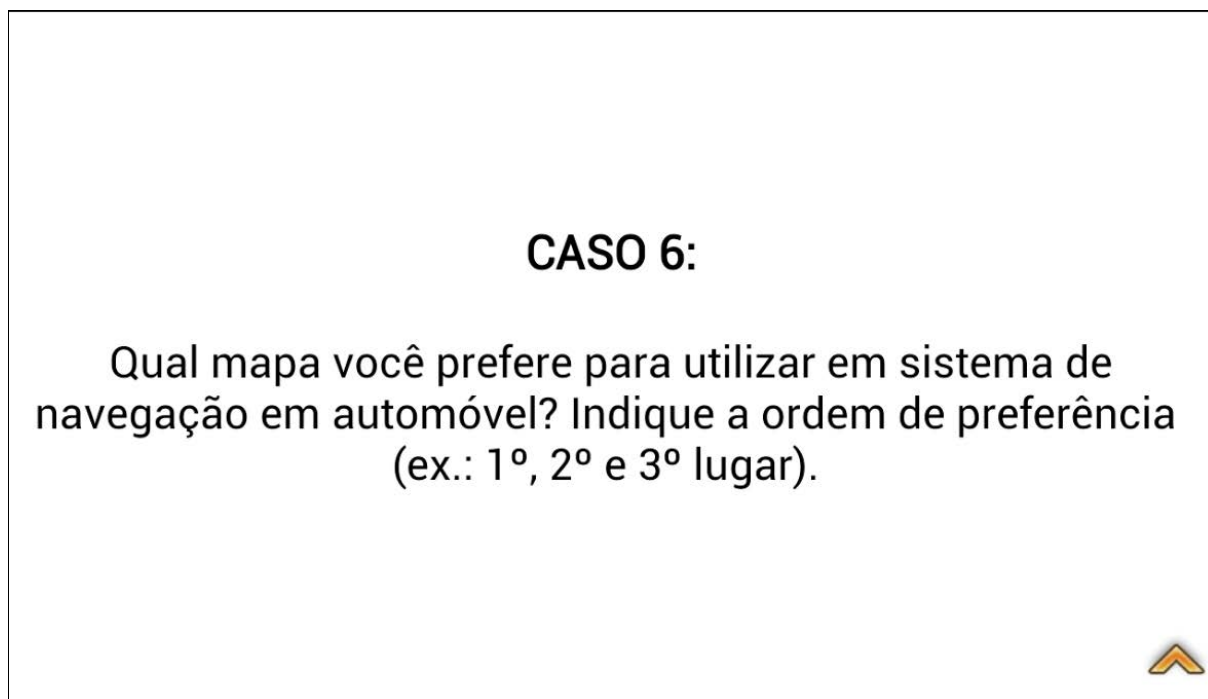


Figura F.23 – Tela com a sexta questão do teste de preferência subjetiva.



Figura F.24 – Tela com a primeira opção de mapa para responder a sexta questão do teste.

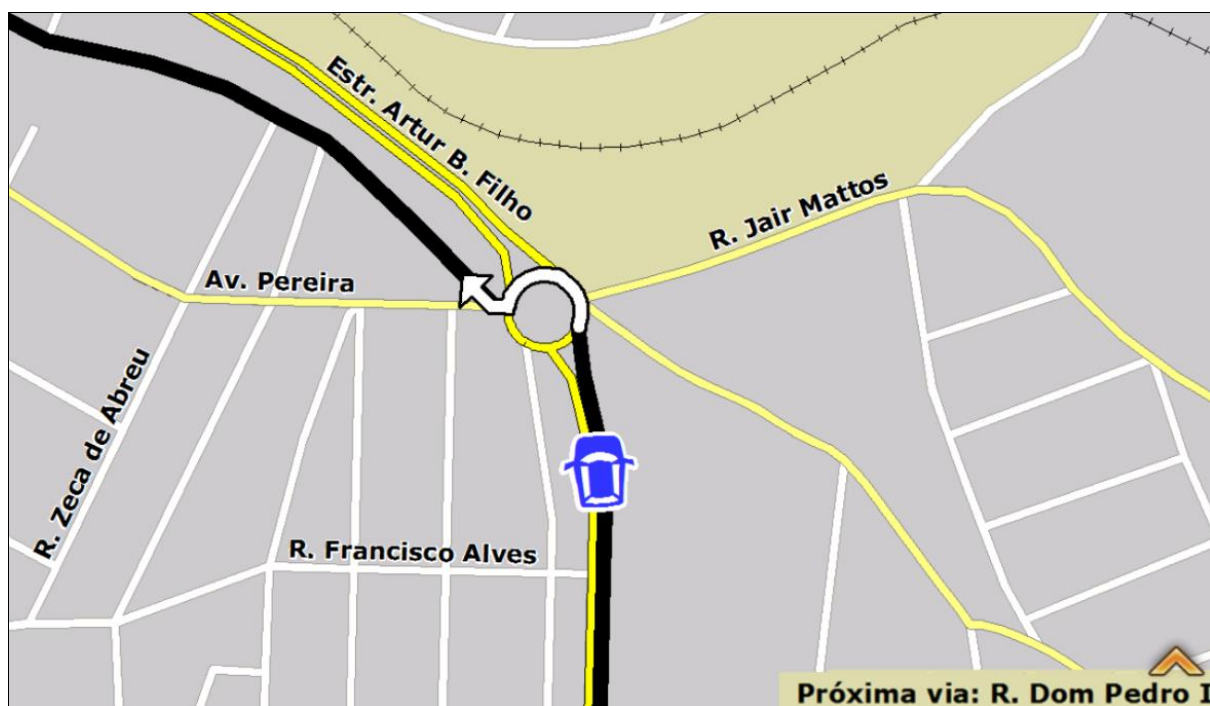


Figura F.25 – Tela com a segunda opção de mapa para responder a sexta questão do teste.

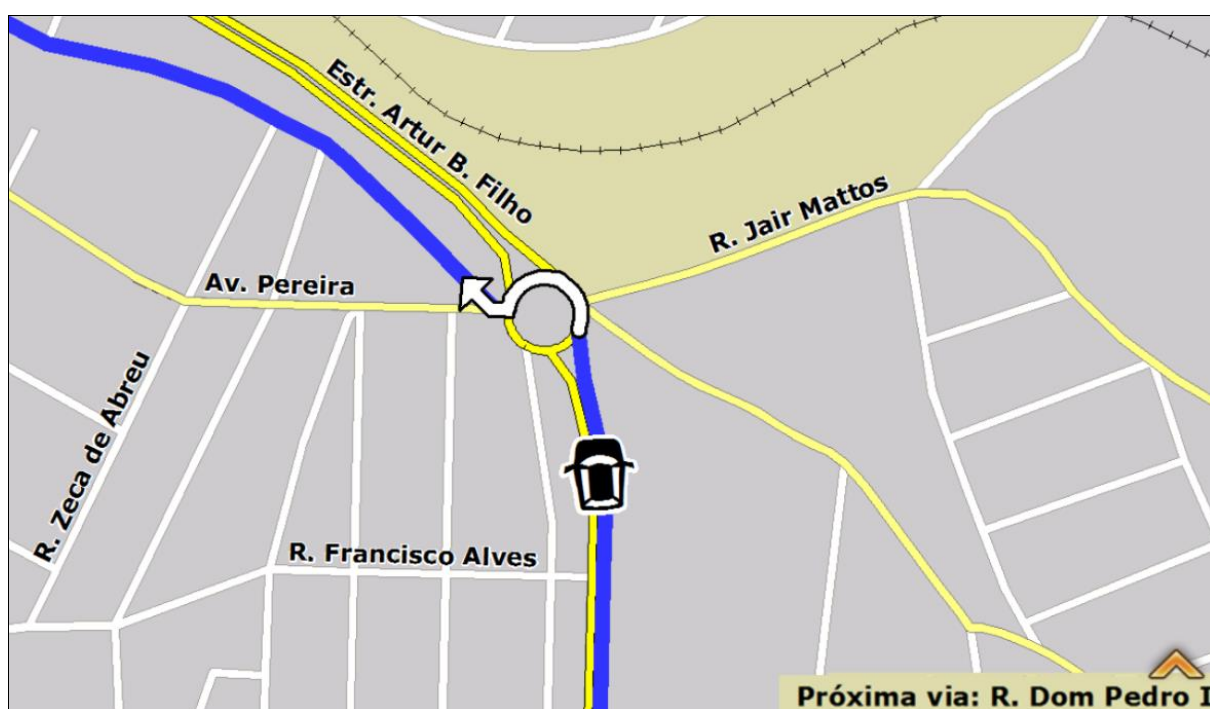


Figura F.26 – Tela com a terceira opção de mapa para responder a sexta questão do teste.

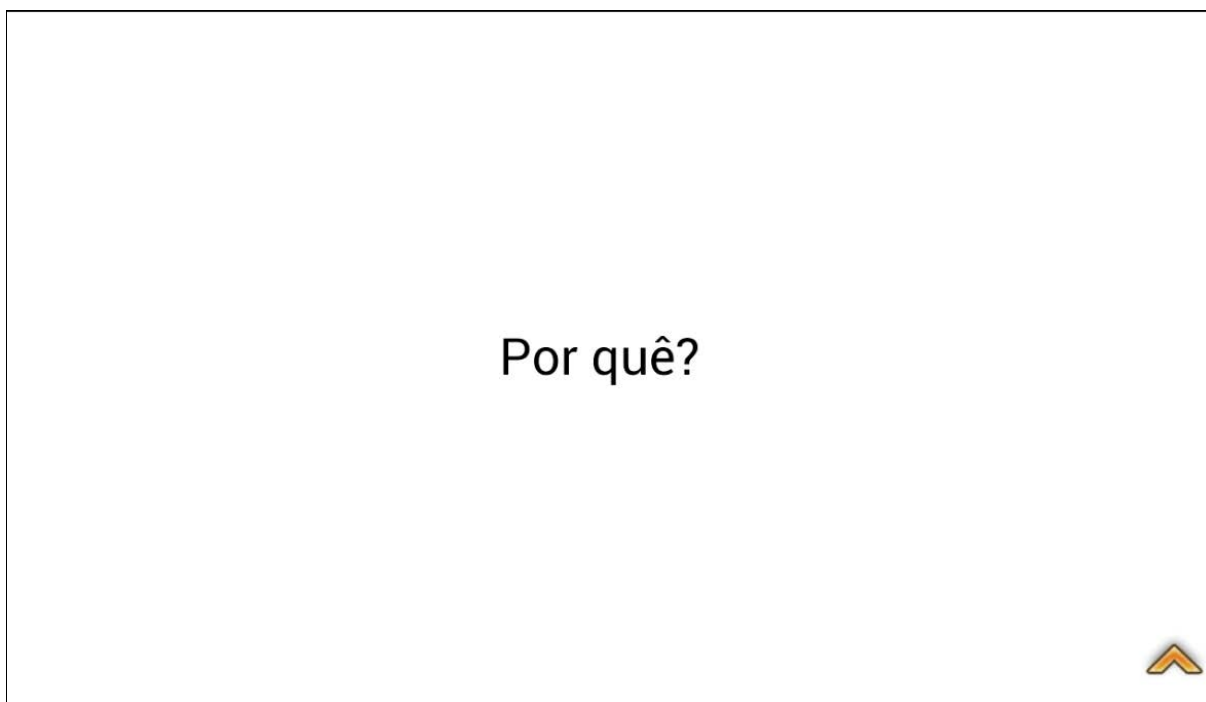


Figura F.27 – Tela com a pergunta sobre a justificativa do participante em relação à opção de mapa escolhida para responder a sexta questão do teste.

APÊNDICE G – Formulário para coleta dos dados de preferência subjetiva por mapas de sistema de navegação e guia de rota em automóvel.

Número do participante: _____

PREFERÊNCIA SUBJETIVA POR MAPAS DE SISTEMA DE NAVEGAÇÃO E GUIA DE ROTA EM AUTOMÓVEL

Questões:

1 - Qual mapa você prefere para utilizar em sistema de navegação em automóvel?

- () Mapa 1
() Mapa 2

Por quê?

2 - Qual cor você prefere para identificar o automóvel e a rota no mapa?

- () Azul
() Preto

Por quê?

3 - Qual combinação de cor você prefere para identificar o automóvel e a seta no mapa?

- () automóvel em preto e seta em branco com contorno em azul
() automóvel em azul e seta em branco com contorno em preto

Por quê?

4 - Qual combinação de cor você prefere para identificar a seta e a rota no mapa?

- () seta em branco com contorno em preto e rota em preto
() seta em branco com contorno em azul e rota em azul

Por quê?

5 - Qual mapa você prefere para utilizar em sistema de navegação em automóvel? Indique a ordem de preferência.

- () Mapa 1
() Mapa 2
() Mapa 3

Por quê?

6 - Qual mapa você prefere para utilizar em sistema de navegação em automóvel? Indique a ordem de preferência.

- () Mapa 1
() Mapa 2
() Mapa 3

Por quê?

APÊNDICE H – Formulário para anotar as respostas do entrevistado: Teste de Ishihara

Número do participante: _____

Formulário para anotar as respostas do entrevistado: Teste de Ishihara(Fonte: <http://www.colour-blindness.com/colour-blindness-tests/ishihara-colour-test-plates>)

Nome: _____

As placas abaixo serão utilizadas para detectar a deficiência na visão de cores, bem como o tipo de daltonismo. As placas de 1 a 17 contêm um número, e as placas de 18 a 24 contêm linhas sinuosas. Durante a realização do teste, você deve identificar o que viu nas 24 placas, verbalmente. Para a realização do teste:

1. Sente-se cerca de 75 centímetros da folha, cada círculo definido ao nível dos olhos;
2. Você terá 5 segundos para identificar cada número ou linhas ocultos;
3. Após completar o teste, as respostas serão reveladas, juntamente com uma explicação. O experimentador poderá fazer uma explanação sobre a sua situação e poderá sanar possíveis dúvidas.

Observação: Este teste pode não garantir total precisão. A perda de qualidade das imagens por conta da impressão pode afetar as cores utilizadas no teste. Caso este teste sugerir que você possa ser daltônico, você pode procurar pela confirmação de um profissional.

Placa 1: _____

Obs: _____

Placa 2: _____

Obs: _____

Placa 3: _____

Obs: _____

Placa 4: _____

Obs: _____

Placa 5: _____

Obs: _____

Placa 6: _____

Obs: _____

Placa 7: _____

Obs: _____

Placa 8: _____

Obs: _____

Placa 9: _____

Obs: _____

Placa 10: _____

Obs: _____

Placa 11: _____

Obs: _____

Placa 12: _____

Obs: _____

Placa 13: _____

Obs: _____

Placa 14: _____

Obs: _____

Placa 15: _____

Obs: _____

Placa 16: _____

Obs: _____

Placa 17: _____

Obs: _____

Placa 18: _____

Obs: _____

Placa 19: _____

Obs: _____

Placa 20: _____

Obs: _____

Placa 21: _____

Obs: _____

Placa 22: _____

Obs: _____

Placa 23: _____

Obs: _____

Placa 24: _____

Obs: _____

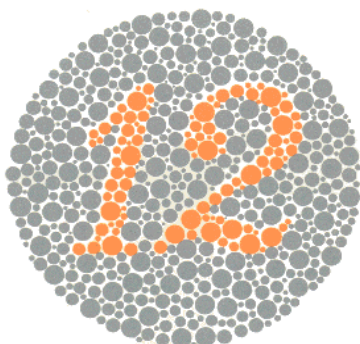
ANEXO A – Especificações técnicas do monitor de navegação (Tablet Asus FonePad ME371MG).

Tabela A.1 - Especificações técnicas do monitor de navegação. Fonte: saraiva.com.br (2014).

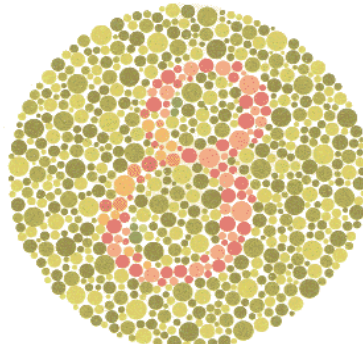
Especificações	Tablet Asus FonePad ME371MG
Sistema operacional	Android™ 4.1 Jelly Bean
Memória / Armazenamento	RAM: 1GB / ROM: 16 GB
Conectividade	Wi-Fi, Bluetooth, 3G
Tela	7 polegadas, multi toque
Resolução da mídia	1280 x 800 LED
Câmera	Frontal: HD 1.2 MP e Traseira: 3MP, Auto-foco, Filma em HD 720p
Conexões	Estéreo para fone e microfone, alto falante de alta definição, microfones digitais, porta Micro-USB, leitor de cartão Micro SD

ANEXO B – Placas pseudoisocromáticas do Teste de Ishihara.

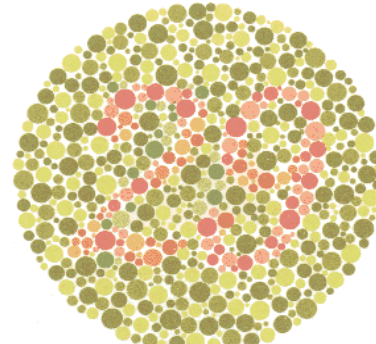
Placa 1



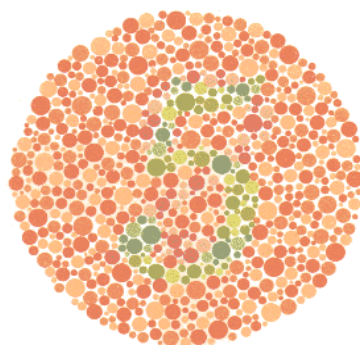
Placa 2



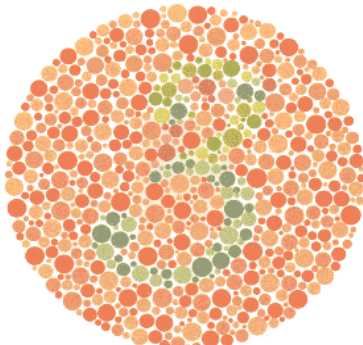
Placa 3



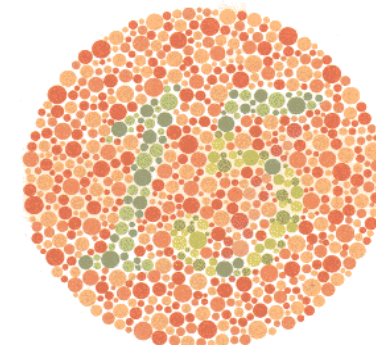
Placa 4



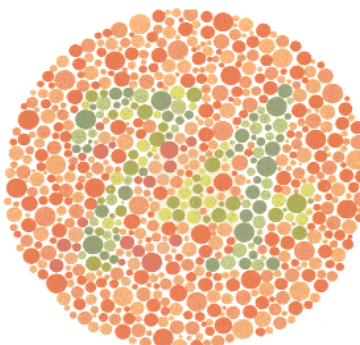
Placa 5



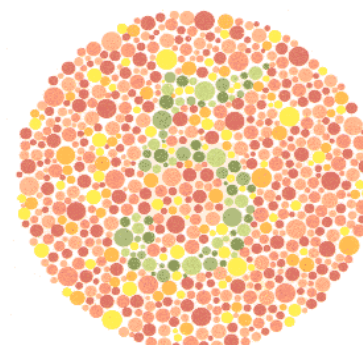
Placa 6



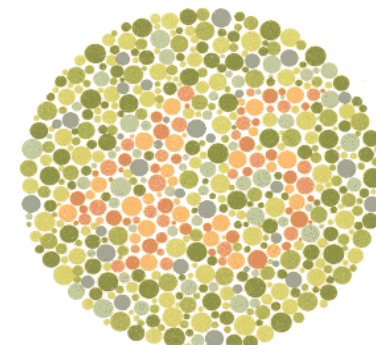
Placa 7



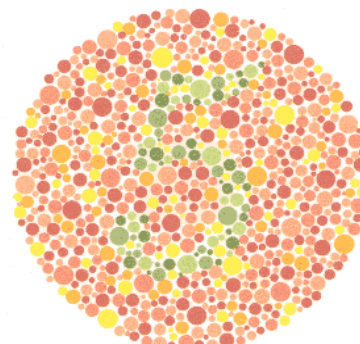
Placa 8



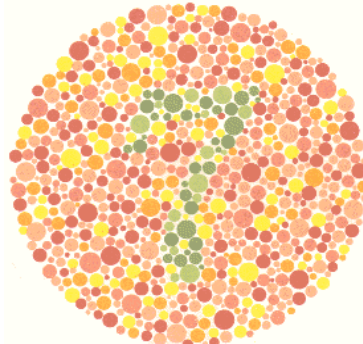
Placa 9



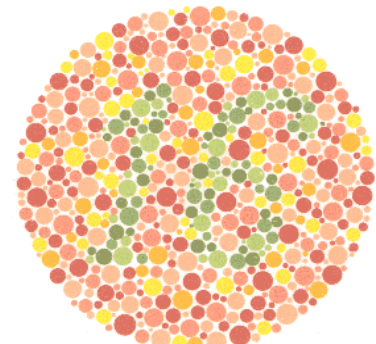
Placa 10



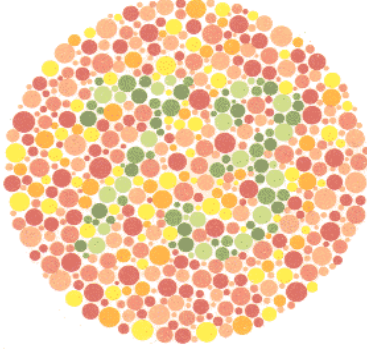
Placa 11



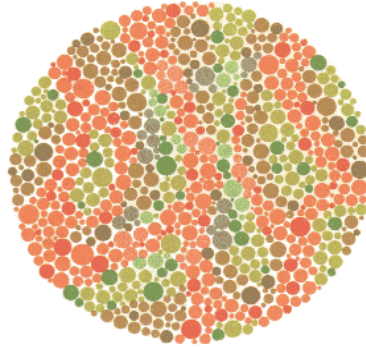
Placa 12



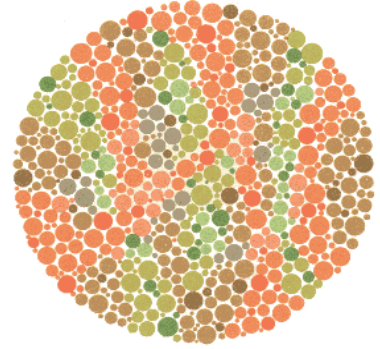
Placa 13



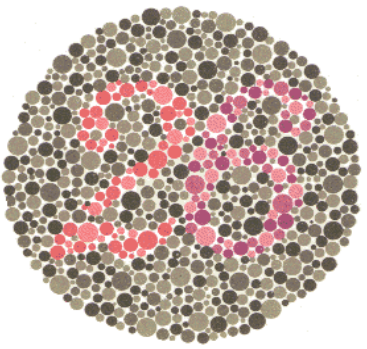
Placa 14



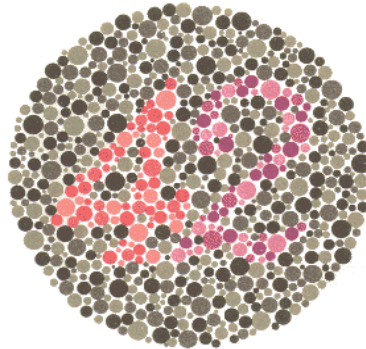
Placa 15



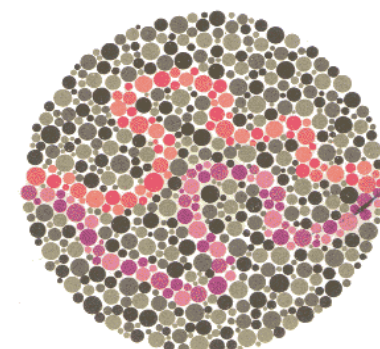
Placa 16



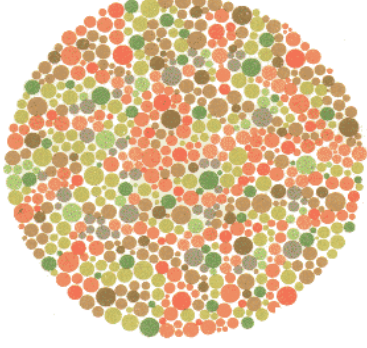
Placa 17



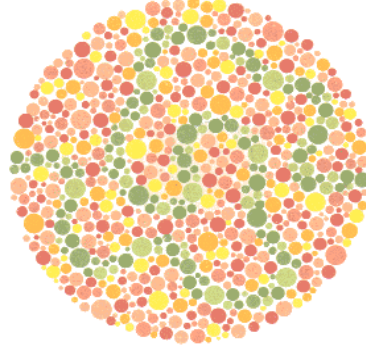
Placa 18



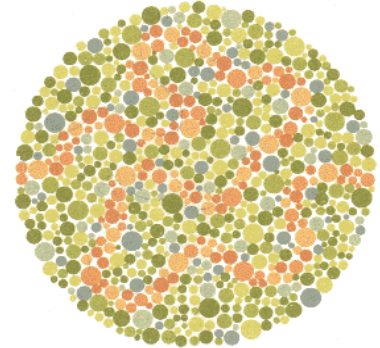
Placa 19



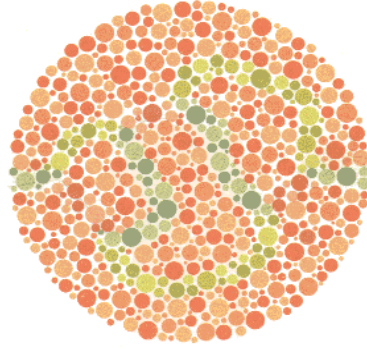
Placa 20



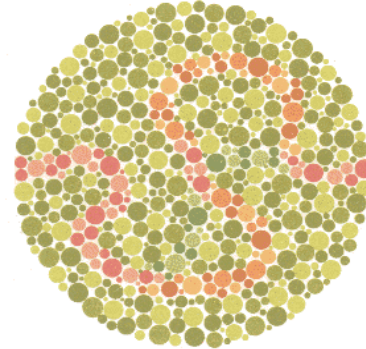
Placa 21



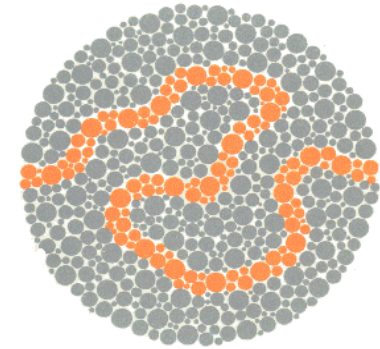
Placa 22



Placa 23



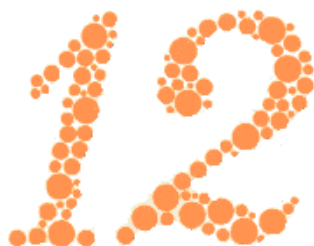
Placa 24



ANEXO C – Gabarito do teste de Ishihara para análise das respostas dos entrevistados.

Para análise das respostas do entrevistado

As placas 1 e 24 são testes de controle – pessoas com visão normal de cores e todas as ‘formas’ de daltonismo devem ser capazes de distinguir estas. Estas duas placas são particularmente úteis para identificar o comportamento insolente.

Ishihara Color Test for Color Blindness**Placa 1****O que você viu?**

Todas as pessoas devem ver o número 12, incluindo aqueles com ‘daltonismo total’.

“12”
(Caso alguém disser que não pode ver nada, ou ver algo a mais – não estará dizendo a verdade)

Placa 2**O que você viu?**

“8”
Aqueles com visão normal de cores devem ver o número 8.

“3”
Aqueles com cegueira para as cores vermelha e verde devem ver o número 3.

Nada
Aqueles com daltonismo total devem não ver nada.

Placa 3



O que você viu?

“29” Aqueles com visão normal de cores devem ver o número 29.

“70” Aqueles com cegueira para as cores vermelha e verde devem ver o número 70.

Nada Aqueles com daltonismo total devem não ver nada.

Placa 4



O que você viu?

“5” Aqueles com visão normal de cores devem ver o número 5.

“2” Aqueles com cegueira para as cores vermelha e verde devem ver o número 2.

Nada Aqueles com daltonismo total devem não ver nada.

Placa 5



O que você viu?

“3” Aqueles com visão normal de cor devem ver o número 3.

“5” Aqueles com cegueira para as cores vermelha e verde devem ver o número 5.

Nada Aqueles com daltonismo total devem não ver nada.

Placa 6



O que você viu?

“15” Aqueles com visão normal de cores devem ver o número 15.

“17” Aqueles com cegueira para as cores vermelha e verde devem ver o número 17.

Nada Aqueles com daltonismo total devem não ver nada.

Placa 7



O que você viu?

“74” Aqueles com visão normal de cores devem ver o número 74.

“21” Aqueles com cegueira para as cores vermelha e verde devem ver o número 21.

Nada Aqueles com daltonismo total devem não ver nada.

Placa 8



O que você viu?

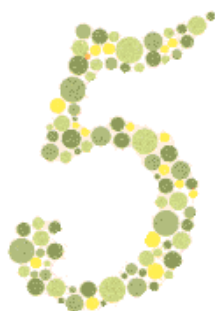
“6” Aqueles com visão normal de cores devem ver o número 6.

Nada A maioria dos daltônicos não pode ver o número claramente.

Placa 9**O que você viu?**

“45” Aqueles com visão normal de cores devem ver o número 45.

Nada A maioria dos daltônicos não pode ver o número claramente.

Placa 10**O que você viu?**

“5” Aqueles com visão normal de cores devem ver o número 5.

Nada A maioria dos daltônicos não pode ver o número claramente.

Placa 11**O que você viu?**

“7” Aqueles com visão normal de cores devem ver o número 7.

Nada A maioria dos daltônicos não pode ver o número claramente.

Placa 12**O que você viu?**

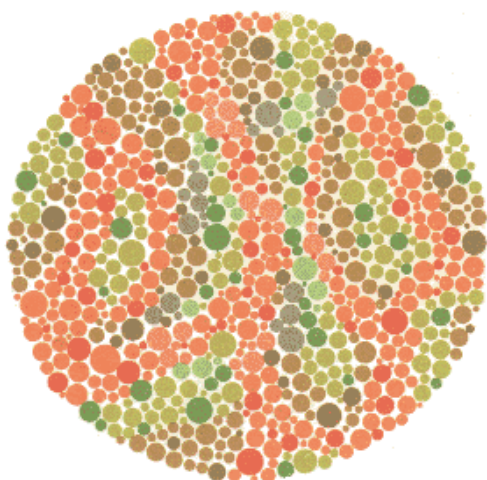
“16” Aqueles com visão normal de cores devem ver o número 16.

Nada A maioria dos daltônicos não pode ver o número claramente.

Placa 13**O que você viu?**

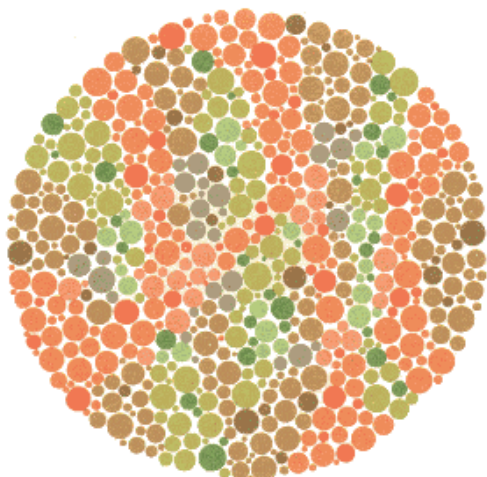
“73” Aqueles com visão normal de cores devem ver o número 73.

Nada A maioria dos daltônicos não pode ver o número claramente.

Placa 14**O que você viu?**

Nada Pessoas com visão normal de cores ou com daltonismo total não são capazes de ver qualquer número.

“5” Aqueles com daltonismo para as cores vermelha e verde devem ver o número 5.

Placa 15**O que você viu?**

Nada Pessoas com visão normal de cores ou com daltonismo total não são capazes de ver qualquer número.

“45” Aqueles com daltonismo para as cores vermelha e verde devem ver o número 45.

Placa 16**O que você viu?**

“26” Aqueles com visão normal de cores devem ver o número 26.

6, suave 2 Pessoas com cegueira no vermelho (protanopia) devem ver o número 6. Aqueles com leve deficiência no vermelho (protanomalia) devem ver o número 2, suavemente.

2, suave 6 Pessoas com cegueira no verde (deuteranopia) devem ver o número 2. Aqueles com leve deficiência no verde (deuteranomalia) devem ver o número 6, suavemente.

Placa 17**O que você viu?****“42”**

Aqueles com visão normal de cores devem ver o número 42.

Aqueles com cegueira no vermelho (protanopia) devem ver o número 2.

2, suave 4

Pessoas com leve deficiência no vermelho (protanomalia) devem ver o número 4, suavemente.

4, suave 2

Pessoas com cegueira no verde (deuteranopia) devem ver o número 4.

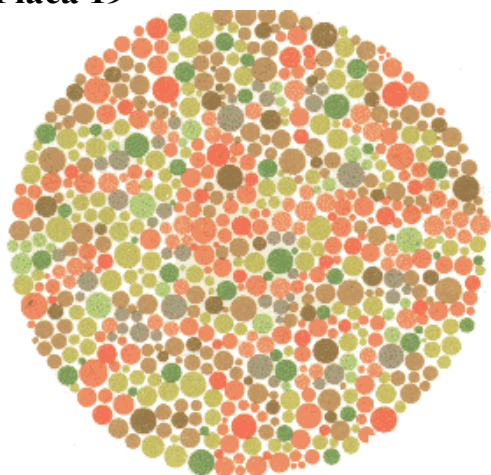
Aqueles com leve deficiência no verde (deuteranomalia) devem ver o número 2, suavemente.

Placa 18**O que você viu?**

Aqueles com visão normal de cores devem ser capazes de rastrear a linha ao longo das linhas nas cores roxa e vermelha.

Aqueles com protanopia (cegueira no vermelho) devem ser capazes de traçar a linha roxa, aqueles com protanomalia podem ser capazes de traçar a linha vermelha, com maior dificuldade.

Aqueles com deuteranopia (cegueira no verde) devem ser capazes de traçar a linha vermelha. Aqueles com deuteranomalia podem ser capazes de traçar a linha roxa, com maior dificuldade.

Placa 19**O que você viu?**

Aqueles com visão normal de cores ou com daltonismo total devem ser incapazes de identificar a linha.

A maioria das pessoas com daltonismo para as cores vermelha e verde podem traçar a linha sinuosa, dependendo da dificuldade do indivíduo.

Placa 20**O que você viu?**

Aqueles com visão normal de cores devem ser capazes de traçar uma linha verde sinuosa.

A maioria das pessoas com qualquer grau de daltonismo não será capaz de traçar a linha corretamente.

Placa 21**O que você viu?**

Aqueles com visão normal de cores devem ser capazes de traçar uma linha laranja sinuosa.

A maioria das pessoas com qualquer grau de daltonismo não será capaz de traçar a linha corretamente.

Placa 22**O que você viu?**

Aqueles com visão normal de cores devem ser capazes de traçar a linha sinuosa nas cores verde-azul/verde-amarelo.

Pessoas com cegueira no vermelho e no verde devem ser capazes de traçar a linha.

Aqueles com daltonismo total não serão capazes de rastrear a linha por completo.

Placa 23**O que você viu?**

Aqueles com visão normal de cores devem ser capazes de rastrear a linha sinuosa nas cores vermelha e laranja.

Pessoas com cegueira no vermelho e verde devem ser capazes de rastrear a linha sinuosa em azul.

Aqueles com daltonismo total não serão capazes de rastrear a linha por completo.

Placa 24**O que você viu?**

Parabéns, você realizou o teste até o fim! Todos devem ser capazes de rastrear a linha sinuosa.