

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
¹ renanfurlanoliveira@hotmail.com; ² marques.engcart@gmail.com;
^{3,4} {edmur, monca}@fct.unesp.br

Abstract. In-Car Route Guidance and Navigation Systems (RGNS) have become increasingly important devices to economy, especially for tourism and transportation sectors. These systems may be much more efficient if they provide relevant information to support drivers with different individual characteristics, such as differences on color vision perception. Color allows clear difference of many map features and facilitates visual grouping, for this it can be considered as the most dominant element for visual search of features on maps, including those maps related to RGNS. Thus, this paper analyzes cartographic representations of in-car route guidance and navigation systems based on color perception of dichromats and visual hierarchy formation between map features. Dichromats is a classe of subjects with color vision deficiency. Analyses on maps were performed using two RGNS, a commercial one and a free one. Analyses were conducted by experts on thematic cartography. It was observed that both navigation systems have adopted not similar graphic designs, especially when considered color vision of dichromats. To understand how color vision of dichromats works, it was applied the Color Oracle simulator on maps. We conclude that visual hierarchy between map features is lost when considering dichromats' color perception. Since the visual hierarchy is lost, the segregation of figure and ground is reduced, and occur legibility problems on maps. Possibly, as a result of these cartographic communication problems, colorblind drivers will have difficulties to read maps and, consequently, to understand the navigation information with the car in motion especially.

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 diversos países do mundo todo (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 variável visual cor pode ser considerada como a 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. Assim, 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, 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. 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 (PUGLIESI et al., 2009). 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), para a rota (trajetória a ser percorrida para chegar até o destino desejado) e para a seta de direção de manobra (ex. indicação da direção a ser tomada na transição de uma via para outra). As representações cartográficas 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 pelos 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, os sistemas deveriam: exibir mapa em vista ortogonal (mapa 2D); apresentar esquema de referência egocêntrico (mapa orientado para o ponto de vista do motorista) e; adotar monitores de

tamanho similar, para que a quantidade de informação exibida nos mapas 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 sistemas mais comercializados no mundo todo, conforme aponta uma pesquisa de mercado realizada neste ano (<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 com 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 pelos 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 do 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), como cruzamentos e rotatórias. O cenário urbano da cidade é composto também 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 disso, optou-se por selecionar uma rotatória na cidade de Presidente Prudente-SP que contém 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 de captura de tela foi efetuado no momento da realização da tarefa tática na 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). O levantamento dos dados foi realizado por duas pessoas. Enquanto uma dirigia o veículo, a outra realizava a captura das telas apresentadas pelos sistemas. Durante este procedimento, procurou-se estabelecer sincronia entre os dois sistemas de navegação e guia de rota em automóvel, de tal maneira que a captura das telas ocorresse no mesmo momento.

Dentre os projetos gráficos 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.

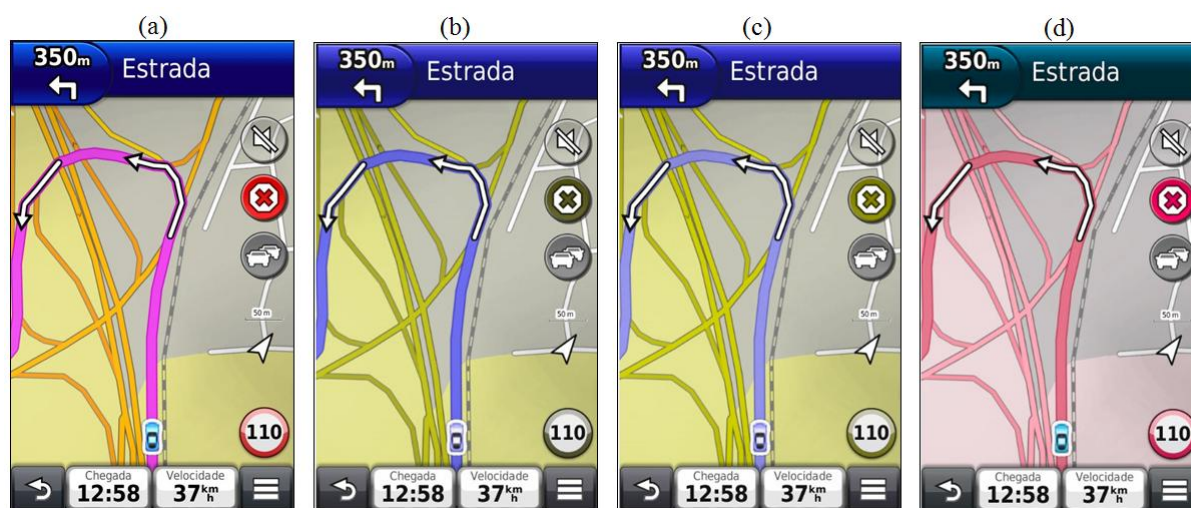


Figura 2. Mapas do sistema GARMIN *nüvi* 3460 com a simulação da visão de cores do tricromata normal (a) para as visões de cores dos dicromatas protanope (b), deuteranope (c) e tritanope (d), utilizando o *Color Oracle*.

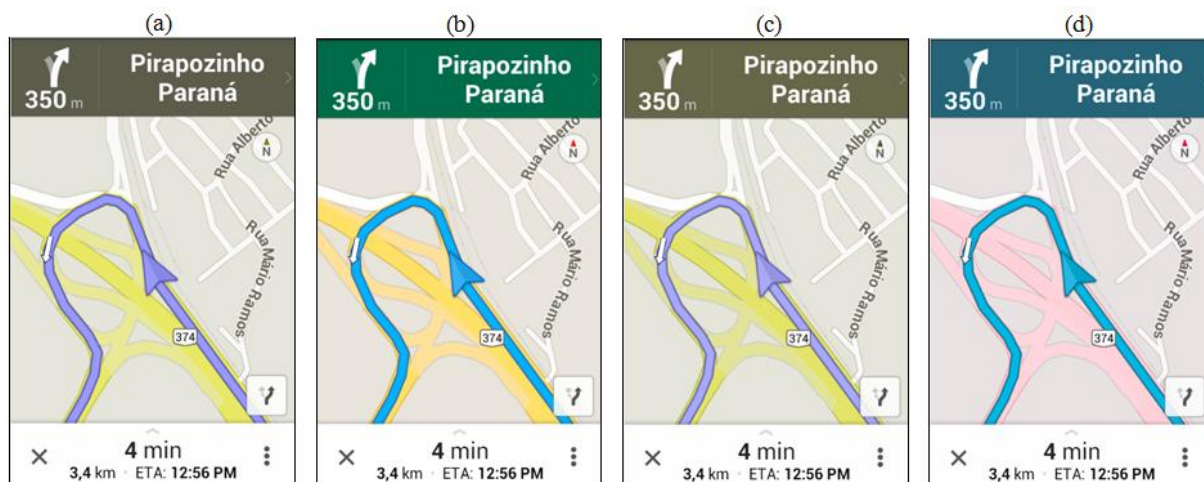


Figura 3. Mapas do sistema *Google Maps Navigation* com a simulação da visão de cores do tricromata normal (a) para as visões de cores dos dicromatas protanope (b), deuteranope (c) e tritanope (d), utilizando o *Color Oracle*.

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 alteração da hierarquia visual entre as feições do mapa, quando se considerou 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 pelos protanopes e deuteranopes, tais como o azul, para a rota e a seta, o 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. A partir dos resultados alcançados neste trabalho, conclui-se que ocorre uma perda da 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, quando 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 com deficiência na visão de cores 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 deste grupo de motoristas por tais representações. Além disso, recomenda-se analisar o projeto gráfico de representações cartográficas de outros sistemas de navegação em automóvel, visto que há uma grande variedade de marcas e modelos disponíveis para os motoristas.

Agradecimentos

Ao CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (Processo 130474/2013-4).

Referências Bibliográficas

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.