



MAPA DE FLUXO DE VEÍCULOS SOB A PERCEPÇÃO DOS TRICROMATAS E DICROMATAS

F. R. Amorim¹, E. A. Pugliesi²

^{1,2} Universidade Estadual Paulista - Faculdade de Ciências e Tecnologia

²Departamento de Cartografia

¹Programa de Pós-Graduação em Ciências Cartográficas

Comissão III - Cartografia

RESUMO

A visualização do fluxo de veículos nas vias por meio de mapas, permite ao usuário a possibilidade de compreender o comportamento do fenômeno de fluxo em um dado momento. O uso deste tipo de informação pode auxiliar no planejamento urbano, bem como nas decisões que os motoristas tomam para as tarefas de planejamento e manutenção de rotas. A variável visual cor-matiz vem sendo utilizada para representar a hierarquia do fluxo de veículos em mapas. As informações representadas por cores deveriam ser compreendidas com facilidade, independentemente do tipo de visão de cores do usuário (ex.: tricromática, tricromática anômala e dicromática). Em qualquer um dos casos, a aplicação da variável visual cor deveria transcrever de maneira apropriada a ordem do fluxo, conforme sua magnitude. No entanto, se as diferentes intensidades de fluxo não são percebidas em consonância com seus referentes, podem ocorrer prejuízos no processo de comunicação cartográfica. Este trabalho apresenta o resultado da análise dos projetos gráficos de mapas de fluxo de veículos percebidos por pessoas tricromatas normais e dicromatas. Os projetos cartográficos estudados são das empresas *Maplink*, *Waze* e *Google (Google Maps)*. A área de estudo localizada na cidade de São Paulo-SP foi utilizada para comparar os projetos de cada mapa de fluxo de veículos. O simulador de visão de cores *Color Oracle* foi empregado para compreender como os dicromatas percebem os mapas. Os resultados indicam possíveis problemas na identificação de hierarquia para as classes de fluxo de veículos nos mapas estudados. Sugere-se a concepção de um projeto de mapa com cores universais.

Palavras chave: Mapa de Fluxo, Projeto cartográfico, Simulação da Visão de Cores, Deficiência na Visão de Cores.

ABSTRACT

The visualization of vehicles flow on roads through maps allows the user the possibility to understand the flow behavior at a given moment. The use of this type of information can aid in urban planning as well as the decisions that drivers take for route planning and maintenance tasks. The color-hue visual variable has been used in maps to represent the hierarchy of vehicles flow. The information represented by color should be easily understood, regardless of the user's type of color vision (eg. trichromatic, anomalous trichrome and dichromatic). In any case, the application of the color visual variable should appropriately transcribe the order of the flow, according to its magnitude. However, if the different flow intensities are not perceived in line with their referents, there may be losses in the cartographic communication process. This work presents the results of the analysis of the graphic designs of vehicle flow maps perceived by normal and dichromatic trichromates. The cartographic projects studied are from companies Google (*Google Maps*), *Waze* and *Maplink*. The area located in the city of São Paulo-SP was used to compare the designs of each vehicle flow map. The Color Vision Simulator *Color Oracle* was used to understand how dichromats perceive maps. The results indicate possible problems in the identification of hierarchy for the vehicle flow classes in the maps studied. It is suggested to design a map project with universal colors.

Keywords: Flow Maps, Cartographic project, Color Vision Deficiency.

1- INTRODUÇÃO

Os mapas de fluxo são representações que buscam simular o movimento linear do objeto alvo de um local para outro (Dent *et al.*, 2009). Esses mapas

podem indicar direção ou não (Dent *et al.*, 2009). A variação hierárquica de classes de fluxo pode considerar a espessura das linhas de fluxo e/ou outras variáveis visuais, como é o caso da cor (matiz, saturação e valor da cor). No segundo caso é necessário

considerar as propriedades de percepção ordenada que cada uma pode oferecer (Dent *et al.*, 2009; Slocum *et al.*, 2009).

Com o aumento da frota de veículos, é cada vez mais comum a demanda por informações de fluxo de veículos nas vias. Atualmente, estão disponíveis diversos aplicativos de localização e navegação para uso em *smartphone*, os quais podem ser utilizados por motoristas. As informações sobre tráfego de veículos podem ser representadas nesses mapas concomitantemente com a tarefa de manutenção em rota, o deslocamento por um percurso previamente planejado.

Os mapas *Maplink*, *Google Maps* e *Waze* representam o fluxo de veículos por meio da variável visual cor. As cores verde, amarelo, laranja, vermelho e cinza têm sido consideradas na representação desses mapas de fluxo. No entanto, determinadas cores utilizadas em mapas de fluxo de veículos podem não ser percebidas com a variação de ordem. A percepção de ordem deveria condizer com a natureza do fenômeno, quando utilizada por pessoas que possuem deficiência na visão de cores (Pedrosa *et al.*, 2016). Nesse caso, a leitura de sinais coloridos que tenham sido elaborados para atender às pessoas com visão normal de cores pode ser mal sucedida, resultando em maior tempo de leitura, maior número de erros e, conseqüentemente, frustração (Atchison *et al.*, 2003).

Embora a percepção de cores possa ocorrer de maneira diferenciada entre pessoas com deficiência no sensor visual e por pessoas com visão normal de cores, é possível utilizar cores com propriedades de percepção ordenada que sejam adequadas para essas pessoas em um único mapa (Olson e Brewer, 1997). Pelo fato da detecção e a discriminação de cores poderem ser incertas quando realizadas por pessoas que possuem deficiência na visão de cores, os projetos de mapas deveriam considerar esta característica perceptiva (MacEchren, 2005).

Os simuladores de visão de cores permitem aos projetistas providos de visão normal de cores compreenderem como ocorre a percepção de cores por parte dos indivíduos deficientes na visão cores (Olson e Brewer, 1997). Com isto, é possível apontar problemas de projeto gráfico que possam interferir nos processos de comunicação cartográfica por parte do grupo de pessoas com disfunção na visão de cores e, conseqüentemente, elaborar recomendações para a melhoria desses projetos.

2- PERCEPÇÃO DE CORES

A percepção de cores pode variar entre uma pessoa e outra, ou conforme a quantidade de luz que incide sobre um objeto que é percebido pelo olho humano. Em mapas impressos, quando a luz incide sobre um objeto, algumas cores são absorvidas e outras são refletidas, assim, o observador interpreta as cores refletidas (Dent *et al.*, 2009). No caso de mídias

digitais, as cores que alcançam os olhos provêm de luz emitida (Dent *et al.*, 2009).

A cor é constituída por três dimensões: tom ou matiz, saturação ou croma; valor ou brilho (Dent *et al.*, 2009; Slocum *et al.*, 2009). Matiz é o nome atribuído às várias cores percebidas, já a saturação é compreendida como a pureza da cor em relação a uma escala de cinza neutra (Slocum *et al.*, 2009). O valor corresponde a quantidade de luz branca incidente sobre a cor; possui uma escala finita que parte do preto em direção ao branco, frequentemente especificada como porcentagem da presença de luz e pode ser especificada de 0% a 100% (Dent *et al.*, 2009).

A percepção de cores, quando decorrente da estimulação relativa dos três tipos de cones presentes na retina (células fotorreceptoras), pode ser explicada pela teoria tricromática (Slocum *et al.*, 2009). Os três tipos de cones são responsáveis pela captação de comprimentos de onda longos, médios e curtos, correspondendo às cores vermelho, verde e azul.

No que concerne à visão de cores, as seguintes categorias podem ser destacadas: tricromatas, dicromatas e monocromatas (Sardegna *et al.*, 2002). A categoria de tricromatas normais apresenta o funcionamento regular nos três tipos de cones presentes na retina e possuem visão normal de cores. O indivíduo classificado como tricromata anômalo possui deficiência leve ou moderada na visão de cores. Nesse caso, os três cones retiniais funcionam, porém há um deslocamento no pico de sensibilidade retinal (Sharpe *et al.*, 1999).

O dicromata possui dois tipos de cones com funcionamento regular e um tipo de cone deficitário. Por sua vez, podem ser classificados como protanopes (deficiência no cone vermelho), deuteranopes (deficiência no cone verde) e tritanopes (deficiência no cone azul). O indivíduo que apresenta incapacidade de reconhecer ou distinguir qualquer cor pode ser denominado acromata (Sharpe *et al.*, 1999).

2.1- Percepção de cores em relações de ordem

Para representar dados de natureza ordenada, um único matiz pode ser utilizado, bem como um conjunto de matizes que se encontram próximos uns dos outros no círculo cromático (amarelo, laranja e vermelho) (Harrower e Brewer, 2011). Contudo, apresentem a propriedade de percepção da variável visual valor (Harrower e Brewer, 2011; Slocum *et al.*, 2009). A diferença de valor é facilmente percebida por pessoas com os três tipos de deficiência (e é minimamente confusa) (Olson e Brewer, 1997). Para representar em ordem por meio do valor da cor, os tons claros são apropriados para baixas intensidades, enquanto que os tons escuros estão para altas intensidades (Harrower e Brewer, 2011).

Utilizar diferentes matizes para indicar uma ordem nos dados pode ser difícil. Os matizes

selecionados devem ser cuidadosamente ordenados, tais como o vermelho, laranja e o amarelo (Slocum *et al.*, 2009). Contudo, o uso de mais de um matiz para representar dados ordenados, pode fornecer melhor contraste entre as classes se comparados a variação de ordem com um único matiz. Utilizar esses esquemas exige cuidado especial durante a etapa do projeto, pois as três dimensões da cor podem mudar simultaneamente de um matiz para o outro (Harrower e Brewer, 2011).

3- PERCEPÇÃO DE CORES EM MAPAS DE FLUXO DE VEÍCULOS

Os mapas *Google Maps*, *Waze* e *Maplink* representam o fluxo de veículos por meio de cores. As cores empregadas nesses mapas foram analisadas quanto à percepção de cores das pessoas tricromatas e dicromatas. A cidade de São Paulo-SP foi utilizada como área de estudo, mais especificamente no entorno da praça Quatorze Bis. O critério para seleção da área de estudo consistiu em dispor de uma representação que contemplasse todas as classes de fluxo de veículos que os mesmos adotam.

A área de estudo foi capturada e, o simulador de visão de cores *Color Oracle* (Jenny e Kelso, 2017) foi utilizado para compreender a percepção dos dicromatas. De um conjunto de simuladores de visão de cores estudados por Oliveira *et al.* (2014), este foi o que melhor representou a visão de cores dos dicromatas. As cores utilizadas para representar o fluxo de veículos em cada mapa foram coletadas com o programa *IrfanView*. Essas cores foram utilizadas na construção de quadros para facilitar a compreensão dos diferentes tipos de visões de cores.

A análise das cores na área mapeada permite avaliar a presença de contraste simultâneo entre as feições, além de verificar a espessura das linhas de fluxo. A espessura da linha de fluxo pode facilitar ou dificultar a compreensão de ordem entre as classes. A análise das cores por meio de quadros visa evidenciar, de maneira isolada, a propriedade perceptiva que cada variação de 'cor' possui.

O mapa *Maplink* representa o fluxo de veículos por meio de cinco classes: livre, fluindo, intenso, lento e bloqueado (Maplink, 2017). Para a percepção dos tricromatas, a classe de fluxo livre apresenta propriedade perceptiva de seletividade e as demais classes são ordenadas (Figura 1a). A percepção de ordem para as classes fluindo, intenso e lento parece ser adequada aos tricromatas e dicromatas. Os protanopes podem apresentar dificuldade na leitura e associar o fluxo livre como sendo fluxo intenso e o fluxo lento como sendo fluxo bloqueado (Figura 1d). A categoria de fluxo fluindo, representada pela cor amarela, se destaca entre as demais classes quando percebida por protanopes e deuteranopes. Os deuteranopes podem associar o fluxo livre como sendo fluxo intenso ou lento (Figura 1g). Para os tritanopes, a

percepção das cores parece se assemelhar com as propriedades de ordem, similarmente percebidas pelos tricromatas (Figura 1j). O Quadro 1 destaca as cores que são percebidas pelos diferentes grupos de visão de cores.

Quadro 1- Percepção de cores para o mapa *Maplink*

Categoria de fluxo	Tricromata	Protanope	Deuteranope	Tritanope
Livre				
Fluindo				
Intenso				
Lento				
Bloqueado				

O mapa *Google Maps* representa o fluxo de veículos por meio de quatro classes: rápido, fluindo, intenso e lento (Google Maps, 2017). Para a percepção dos tricromatas, a representação da classe de fluxo rápido apresenta propriedade perceptiva de seletividade e as demais classes são ordenadas (Figura 1b). As representações nesse mapa parecem ser adequadas para os dicromatas. No entanto, o contraste é baixo, principalmente aos deuteranopes (Figura 1h). Embora se consiga fazer as distinções, pode requerer maior tempo de busca visual para compreensão. Para a percepção dos protanopes, pode ocorrer maior dificuldade para diferenciar os fluxos intenso e lento (Figura 1e). Para os tritanopes, as propriedades perceptivas apresentam as mesmas características percebidas por tricromatas (Figura 1k). O Quadro 2 destaca as cores que são percebidas pelos diferentes grupos de visão de cores.

Quadro 2 - Percepção de cores do mapa *Google Maps*.

Categoria de fluxo	Tricromata	Protanope	Deuteranope	Tritanope
Rápido				
Fluindo				
Intenso				
Lento				

O mapa *Waze* representa o fluxo de veículos por meio de quatro classes: leve, moderado, intenso e parado (Waze, 2017). As representações nesse mapa parecem ser adequadas aos tricromatas e dicromatas, embora apresentem baixo contraste. Os tricromatas e dicromatas podem perceber a classe de fluxo leve com maior contraste dentre as demais. O Quadro 3 destaca as cores que são percebidas pelos diferentes grupos de visão de cores.

Quadro 3 - Percepção de cores para o mapa *Waze*.

Categoria de fluxo	Tricromata	Protanope	Deuteranope	Tritanope
Leve				
Moderado				
Intenso				
Parado				

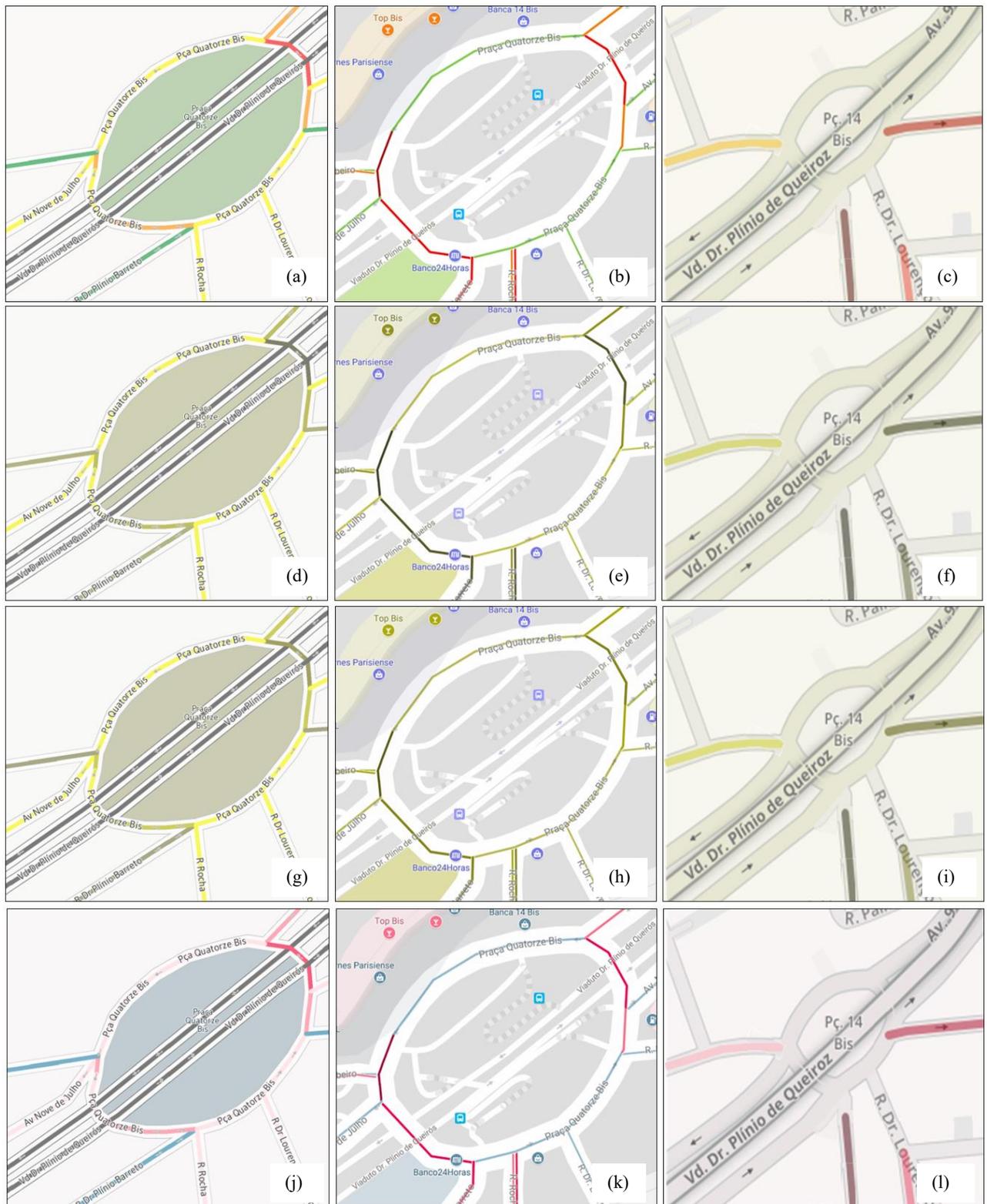


Fig. 1 - Mapas Maplink (a), Google Maps (b) e Waze (c) expostos na primeira linha e suas respectivas simulações para visão de cores protanope (segunda linha), deuteranope (terceira linha) e tritanope (quarta linha). Cada coluna representa um sistema.

4- CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir das análises dos mapas *Waze*, *Maplink* e *Google Maps*, notou-se a presença de possíveis representações de difícil percepção de ordem por pessoas com deficiência na visão de cores. O projeto dos mapas estudados parece ter sido concebido considerando as características de percepção de cores dos tricromatas. No entanto, parece ser possível utilizar essas cores, de forma acessível, porém com alguns ajustes, aos diferentes tipos de visão de cores dos usuários. Esses mapas de fluxo de veículos são representados de diferentes maneiras entre os sistemas. O número de classes de fluxo, as cores e as espessuras utilizadas para representar a linha do fluxo de veículos são distintas entre os mapas.

A utilização de um único matiz para representar mais de uma classe ordenada, parece ser o maior impedimento para a percepção ideal da hierarquia entre as classes de fluxo quando percebidas por dicromatas. O contraste entre as classes que expressam ordem precisa ser compreensível de maneira eficaz e eficiente por todos os grupos de indivíduos, independentemente do tipo de tipo de visão de cores das pessoas. Um outro possível problema encontrado nos mapas estudados parece ser a utilização de cores que se destacam entre as demais, como o matiz amarelo. Fator que poderia conduzir a atenção do leitor às classes mais destacadas no mapa.

A etapa de seleção de cores para uso em mapas de fluxo de veículos pode ser apoiada por simuladores de visão de cores, tal como o *Color Oracle*. A percepção de ordem em mapas de fluxo, por meio da variável visual cor, carece de estudos mais aprofundados.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior- CAPES pelo apoio financeiro para a realização da pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Atchison, D. A.; Pendersen, C.; Dain, S.; Wood, J. M., 2003. Traffic signal color recognition is a problem for both protan and deutan color-vision deficient. Human Factors, p. 495–503.

Dent, B. D., 2009. Cartography: Thematic Map Design. 6º ed. Dubuque: Wm. C. Brown Publishers,.

Google Maps, 2017. Região de São Paulo - SP. Disponível em: < <https://www.google.com.br/maps/>>. Acesso em: Ago. de 2017.

Harrower, M.; Brewer, C. A., 2011. ColorBrewer. org: an online tool for selecting colour schemes for maps. The map reader, p. 261-268.

Jenny, B.; Kelso, N. V., 2017. Design for the Color Impaired. Disponível em: <<http://colororacle.org>>. Acesso em: Ago. de 2017.

MacEachren, A. M., 2005. How maps work: Representation, Visualization and Design. London: The Guilford Press.

Maplink, 2017. Região de São Paulo - SP. Disponível em: <<http://transito.maplink.global>>. Acesso em: Ago. de 2017.

Oliveira, R. F.; Pugliesi, E. A.; Ramos, A. P. M.; Decanini, M. M. S., 2014. 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.

Olson, J. M.; Brewer, C. A. , 1997. 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.

Pedrosa, S. N.; Pugliesi, E. A.; Amorim, F. R. 2016. Percepção de Mapas de Fluxo por Motorista Daltônicos. In: XXVIII Congresso de Iniciação Científica da UNESP, Presidente Prudente. Trabalhos apresentados na 1º Fase do XXVIII CIC.

Sardegna, J.; Shelly, S.; Rutzen, A. R.; Steidl, S. M.. 2002. The Encyclopedia of Blindness and Vision Impairment. New York: Facts On File.

Sharpe, L.T.; Stockman, A.; Jägle, H.; Nathans, J., 1999. Opsin genes, cone pigments, color vision and color blindness. Color Vision - From genes to perception. Cambridge University Press.

Slocum, A. T.; McMaster, R. B.; Kessler, F. C.; Howard, H. H., 2009. Thematic Cartography and Geovisualization. 3rd ed. Prentice Hall.

Waze, 2017. Região de São Paulo- SP. Disponível em: <<https://www.waze.com>>. Acesso em: Ago. de 2017.