



## **ELABORAÇÃO DE UM MODELO COMPUTACIONAL PARA DIAGNÓSTICO DO NÍVEL DE DALTONISMO PARA USUÁRIOS DA WEB**

**Ranieri Alves dos Santos\***

**Ademar Schmitz\*\***

### **1 INTRODUÇÃO**

O daltonismo é uma anomalia na percepção das cores que está presente em cerca de 9% dos indivíduos (CAMPOS, 2004), porém muitos não tem noção de sua deficiência, tampouco dos seus níveis, algo importante, pois em seleções para carreiras militares e civis tal teste se faz necessário.

Iniciativas no campo na acessibilidade para os daltônicos também vem sendo feitas, um exemplo é o World Wide Web Consortium (W3C), consórcio internacional que regulamenta os padrões para a Web. Em 1999 foi criado por este consórcio um documento que define as recomendações para a acessibilidade do conteúdo da Web (W3C, 1999). Em sua Recomendação 2, o W3C define que ao criar conteúdo para a Internet, os itens não podem ser identificados unicamente pela cor. Ou seja, ao criar conteúdo para a web, o desenvolvedor deverá levar em consideração a possibilidade de usuários com algum nível de daltonismo acessar o conteúdo desenvolvido. Porém esta

---

\* Graduando em Sistemas de Informação pela Universidade do Sul de Santa Catarina, UNISUL. Programador e Professor do Sistema Nacional de Aprendizagem Industrial, SENAI, Tubarão. Aluno pesquisador do projeto.  
E-mail: ranieri.santos@sc.senai.br

\*\* Mestre em Ciências da Computação pela Depaul University. Professor dos cursos de Ciência da Computação e Sistemas de Informação na Universidade do Sul de Santa Catarina, UNISUL. Professor orientador do projeto.  
E-mail: ademar.schmitz@unisul.br

regulamentação não é seguida por todos, e muito do conteúdo da web não se torna acessível aos usuários daltônicos.

## **2 OBJETIVOS**

Este trabalho visa desenvolver um teste para diagnosticar o nível de daltonismo em ambiente web, onde o indivíduo poderá realizar o teste para descobrir seu nível e os desenvolvedores da web poderão anexar aos seus sites para descobrir o perfil de seus visitantes. Para tal foram estudados os níveis de daltonismo e as técnicas para diagnosticá-los. Foi realizado um levantamento de técnicas computacionais capazes de auxiliar no diagnóstico do nível de daltonismo para que então viabilizar o seu correto desenvolvimento.

## **3 METODOLOGIA**

O trabalho foi desenvolvido nas seguintes etapas: Foi realizada uma pesquisa exploratória para proporcionar maior familiaridade com o problema e executar um levantamento dos trabalhos realizados anteriormente sobre assuntos correlatos. Foram estudados os níveis de daltonismo, as técnicas para diagnosticá-los e as técnicas computacionais que poderiam ser utilizadas para a elaboração do modelo computacional. Após a primeira etapa foi definido o escopo geral do modelo, com base nos estudos realizados anteriormente. O modelo foi definido, bem como suas tecnologias envolvidas, e logo após foi implementado. Com o teste pronto o mesmo foi refinado e submetido a testes para aprovação com usuários finais. Após o término do teste foi elaborado este artigo com o objetivo de comunicar os resultados da pesquisa.

## **2 DALTONISMO**

De acordo com a teoria tricromática, a visão em cores baseia-se nas diferenças obtidas entre absorção de luz dos três cones de visão presentes na retina humana, que representam cada uma das cores: vermelho, azul e verde. Os cones tratam-se de células fotorreceptoras presentes na retina, que estão dispostos ao longo do comprimento da onda com algumas intersecções entre eles, como pode ser visto na figura 1. A partir das intersecções entre cada um dos cones são produzidas as outras cores, utilizando pigmentos de cada um dos cones utilizados.

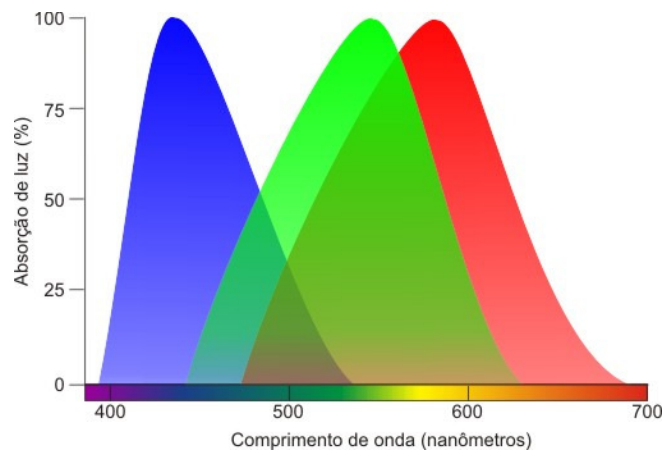


Figura 1: Intersecção dos Cones de Visão

Porém há casos em que o indivíduo apresenta deficiências em um ou mais cones, acarretando na impossibilidade de discernir entre algumas cores, causando a cegueira das cores, ou daltonismo. O daltonismo é defeito genético, recessivo, ligado ao sexo, onde um ou mais mecanismos dos cones da visão são perdidos (BERNE; LEVY, 2000).

A nomenclatura daltonismo deve-se a Dalton (1798), um químico e físico inglês que possuía tal deficiência, e foi o primeiro a descrevê-la. O mesmo admitiu que o seu vítreo, um membrana gelatinosa transparente que preenche o globo ocular, estaria tingido de azul, impossibilitando a passagem da luz vermelha. Desde então passou a ser chamada de daltonismo a percepção anormal das cores.

Wright (1957) segmenta as anomalias nos cones de visão em tricromatas, dicromatas e monocromatas. Os tricromatas possuem os três cones, não necessariamente em pleno funcionamento, os dicromatas dois cones, e os monocromatas por sua vez possuem apenas um em funcionamento.

O daltonismo é oriundo basicamente de três tipos de patologias: protanopia, deuteranopia e tritanopia. A protanopia se origina quando a deficiência atinge o cone da cor vermelha, a deuteranopia quando atinge o cone da cor verde, e a tritanopia, mas rara, se dá quando atinge o cone da cor azul (KANSKI; MENON, 2003).

### 3 TESTES DE DALTONISMO

Para o diagnóstico do daltonismo existem algumas técnicas baseadas em testes de visão das cores, como o City University, o Farnsworth D-15 e o teste de Ishihara (KANSKI; MENON, 2003).

O City University consiste em dez placas, cada uma contendo uma cor central e mais quatro periféricas, onde o indivíduo que realiza o teste busca selecionar a cor periférica que mais se assemelha à cor central. O Farnsworth D-15 é baseado no teste Farnsworth-Munsell, utilizado para diagnosticar diversos distúrbios relacionados às cores, o Farnsworth D-15 oferece um grupo de 15 cores que devem ser ordenadas cromaticamente a partir de uma primeira já estabelecida. De acordo com a sequência ordenada pelo indivíduo, o diagnóstico é fornecido. E o teste de Ishihara, o mais conhecido. Ele compreende uma sequência de 16 placas, cada uma com sua sequência de pontos coloridos dispostos para formar ao centro um número que se pede ao indivíduo para identificar. O que possui cegueira das cores conseguirá identificar apenas algumas.

Dentre os testes estudados, o City University mostrou-se pouco usual para o ambiente web, e o de Ishihara, apesar de ser o mais conhecido e utilizado, demonstrou uma grande lacuna, pois o mesmo não contempla resultados relacionados à deficiências com a cor azul. Já o teste Farnsworth D-15 se apresentou como uma boa opção, pois com ele é possível realizar um teste eficaz, contemplando todos os níveis de daltonismo, e com recursos dinâmicos, já que o teste apresenta quatro sequências de cores (figura 2), a correta, e uma para cada um dos três níveis de daltonismo.

#### **4 REDES NEURAIIS**

Porém, o usuário ao realizar o teste, é possível que ao ordenar as cores de acordo com sua deficiência o mesmo se equivoque em algum momento, em alguma cor, o que impossibilitaria o diagnóstico com o teste Farnsworth D-15. Portanto é necessária a intervenção de técnicas que possam realizar o teste levando em conta uma certa taxa de erros.

Para tal o uso de redes neurais se mostrou pertinente. Redes neurais são técnicas da inteligência artificial biológica, que utiliza-se de heurísticas baseadas em elementos da natureza. As redes neurais são utilizadas para resolver problemas de aproximação, previsão, categorização e otimização baseando-se na simulação matemática dos neurônios humanos (RUSSEL; NORVIG, 1995).

Existem diversos algoritmos de redes neurais, para cada uma de suas aplicações. Para a necessidade do teste de daltonismo, tornou-se viável o uso da rede neural Perceptron. A Perceptron utiliza um algoritmo do tipo supervisionado, que resolve problemas de classificação de duas classes linearmente separáveis (PALMA

NETO; NICOLETTI, 2005). O mesmo foi utilizado pois tínhamos os quatro padrões fornecidos pelo teste Farnsworth D-15, e com a rede seria possível reconhecer os padrões, que ao serem informados pelo usuário, a rede apresentaria a qual nível de daltonismo a sequência estaria mais próxima.

A rede Perceptron foi implementada com 15 neurônios na camada de entrada, representando cada uma das cores que a rede neural recebe após o teste finalizado, 4 neurônios na camada intermediária representando cada um dos padrões de sequência dos três níveis de daltonismo e do padrão sem anomalia, e um neurônio na camada de saída para o resultado do diagnóstico, como ilustrado na figura 3 pela topologia da rede neural.

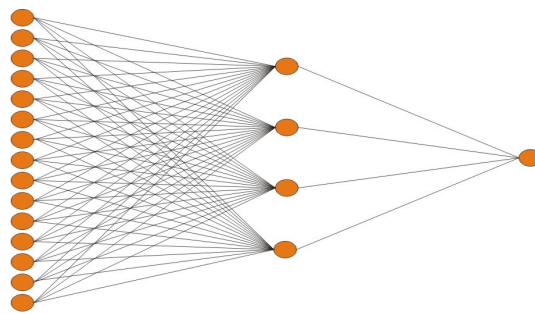


Figura 3: Topologia da Rede Neural

## 5 RESULTADOS

Após todas as etapas o modelo foi devidamente implementado, onde a rede neural foi desenvolvida pelo acadêmico Vitor de Souza Gomes<sup>\*\*\*</sup> de forma modular para ser adicionada ao teste. O módulo da rede neural foi desenvolvido para operar junto ao servidor web e a interface com usuário desenvolvida para operar localmente no navegador, utilizando bibliotecas de componentes web para o uso de recursos *drag and drop*, que possibilita ao usuário arrastar e soltar as cores pela interface do teste. A figura 4 exibe a interface do teste com algumas cores já ordenadas.

---

<sup>\*\*\*</sup> Vitor de Souza Gomes é graduando em Ciência da Computação pela Universidade do Sul de Santa Catarina, UNISUL. Programador e professor do Sistema Nacional de Aprendizagem Industrial, SENAI, Tubarão, e colaborou com o projeto na implementação da rede neural.



Figura 4: Interface do Teste de Daltonismo

O ao desenvolver o teste, o projeto tinha por finalidade reproduzir fielmente o teste Farnsworth D-15 em meio computacional. Para tanto foram expostos 16 quadrados onde são colocadas as cores, no primeiro já existe uma cor, por onde o usuário deverá seguir, nas demais os mesmos permanecem vazios. Abaixo dos quadrados há uma área com as 15 cores exibidas aleatoriamente para que sejam ordenadas na parte superior. Após ordenar de acordo com sua visão, o usuário deverá clicar no botão enviar e aguardar o diagnóstico do seu nível de daltonismo.

Com o teste implementado, o mesmo foi publicado na internet, e pode ser acessado pelo seguinte endereço: [www.ranierisantos.com/teste/dalt](http://www.ranierisantos.com/teste/dalt). Já com o teste disponível na internet o projeto foi submetido a testes com indivíduos que já tinham conhecimento de sua deficiência ou não, e foram obtidos resultados positivos.

Portanto com o projeto foi possível notar a eficácia do teste Farnsworth D-15 para o diagnóstico da cegueira das cores em todos seus níveis, e a pertinência do uso de redes neurais para o reconhecimento de padrões.

## REFERÊNCIAS

BERNE, Robert M.; LEVY, Matthew N. **Fisiologia**. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000.

CAMPOS, S. **Oftalmologia/Olhos**: Discromatopsia, acromatopsia. Disponível em <<http://www.drashirleydecampos.com.br/noticias.php?noticiaid=13307&assunto=Oftalmologia/Olhos>>. Acesso em 27/03/2009.

DALTON J. **Extraordinary facts relating to the vision of colours**: with observations. Mem Proc Manchester Lit Philo Soc. 1798.

GUYTON, Arthur C.; HALL, John E.. **Tratado de fisiologia médica**. 11. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.

KANSKI, Jack J; MENON, Jay. **Oftalmologia clínica**: uma abordagem sistemática. 5. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.

PALMA NETO, Luiz Garcia; NICOLETTI, Maria do Carmo. **Introdução às redes neurais construtivas**. São Carlos, SP: EDUFSCAR, 2005.

RUSSEL, Stuart; NORVIG, Peter. **Artificial Intelligence: A Modern Approach**. Prentice Hall, Inc., 1995.

W3C. **Web Content Accessibility Guidelines 1.0**. Disponível em <<http://www.w3.org/TR/1999/WAI-WEBCONTENT-19990505>>. Acesso em 27/03/2009.

WRIGHT W.D. **Colour vision**. Surv Ophthalmol. 1957.