

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

FRANCIELE CRISTINA FANHANI CASARIN

**O DALTONISMO: UM EXEMPLO DE HERANÇA LIGADA AO
CROMOSSOMO X**

CRUZEIRO DO OESTE

2015

FRANCIELE CRISTINA FANHANI CASARIN

**O DALTONISMO: UM EXEMPLO DE HERANÇA LIGADA AO
CROMOSSOMO X**

Monografia apresentada como requisito parcial à conclusão do Curso de Especialização em Genética para Professores do Ensino Médio, na modalidade de Ensino a Distância, da Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof.^a Valeria Maria Munhoz Sperandio Roxo

CRUZEIRO DO OESTE

2015

AGRADECIMENTOS

Agradecer primeiro a Deus pelo dom da Vida...

A todos que participaram direto ou indiretamente neste trabalho...

Aos professores e orientadores desta pós graduação...

E em especial à minha família por todo apoio.

RESUMO

A herança biológica consiste na transmissão de características de pais para filhos, ao longo das gerações. Embora as pessoas tenham se interessado pela herança biológica desde a pré-história, os conhecimentos de genética só se desenvolveram realmente no século XX, a partir da descoberta das regras básicas da hereditariedade propostas por Gregor Mendel. Para compreender o comportamento dos genes responsáveis por distúrbios hereditários como o daltonismo é importante a atenção nos cromossomos sexuais. As fêmeas apresentam cromossomos sexuais idênticos (XX) e os machos um cromossomo idêntico ao das fêmeas e outro diferente (XY). O daltonismo é uma deficiência na visão que dificulta a percepção das cores. A grande diferença entre o número de homens afetados comparando com o de mulheres se explica pelo fato de o daltonismo ser provocado por gene recessivo ligado ao cromossomo X. Com o objetivo de analisar as publicações relacionadas ao daltonismo, foram consideradas reflexões sobre várias publicações científicas mediante revisão bibliográfica. Conclui-se assim a importância e reflexão sobre os estudos e pesquisas relacionadas à herança ligada ao sexo como o daltonismo.

Palavras - chave: Herança, cromossomo X e daltonismo.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	01
2 GREGOR JOHANN MENDEL: O PAI DA GENÉTICA	03
2.1 CROMOSSOMOS SEXUAIS	04
2.2 HERANÇA LIGADA AO SEXO	05
2.3 HISTÓRICO DA VISÃO DE CORES	06
2.4 DALTONISMO	08
2.5 CONSEQÜÊNCIAS PARA O DALTÔNICO	12
3 CONSIDERAÇÕES FINAIS	15
REFERÊNCIAS	16

1 INTRODUÇÃO

Os surpreendentes avanços da Genética e a necessidade crescente de tomadas de decisões em ações relacionadas aos mesmos colocam o ensino de Genética em uma posição de destaque, com importantes implicações nas questões sociais e éticas.

A Genética tornou-se mais acessível aos jovens de hoje porque os conhecimentos sobre computadores e informática, que fazem parte do cotidiano de nossa juventude, facilitam entender o sistema de código que os sistemas vivos utilizam há mais de 3 bilhões de anos na transmissão de informações de geração a geração. A compreensão dos princípios básicos da herança dos genes contribui na formação para a cidadania, uma vez que a genética faz parte da vida das pessoas.

A herança biológica consiste na transmissão de características de pais para filhos, ao longo das gerações. Embora as pessoas tenham se interessado pela herança biológica desde a pré-história, os conhecimentos de Genética só se desenvolveram realmente no século XX, a partir da descoberta das regras básicas da hereditariedade propostas originalmente em 1865 pelo monge cientista austríaco Gregor Mendel (1822-1884).

De acordo com alguns historiadores, Mendel foi um cientista adiante de seu tempo, pois suas conclusões sobre herança biológica só foram plenamente compreendidas e reconhecidas pela comunidade científica 35 anos depois de publicadas. Seu trabalho com ervilhas, cujos resultados ajudaram a desvendar as leis fundamentais da herança (AMABIS; MARTHO, 2013).

Na maioria das espécies, recebemos de nossos pais uma combinação específica de cromossomos e genes responsáveis pela determinação do sexo. A relação entre genes e cromossomos fica mais clara quando estudamos características ligadas ao sexo. Para compreender o comportamento dos genes responsáveis por distúrbios hereditários como o daltonismo é importante a atenção aos cromossomos sexuais. Na maioria dos vertebrados, invertebrados e plantas, a diferença entre macho e fêmea é definida por um par de cromossomos especiais, os cromossomos sexuais. As

fêmeas apresentam cromossomos sexuais idênticos (XX) e os machos um cromossomo idêntico ao das fêmeas e outro diferente (XY). Os cromossomos sexuais X e Y não apresentam homologia. Enquanto o cromossomo X possui grande quantidade de genes envolvidos na determinação de diversas características o cromossomo Y tem pouco genes (AMABIS; MARTHO, 2013).

O daltonismo, nome conhecido da discromatopsia, é uma deficiência na visão que dificulta a percepção das cores. Foi descrito pela primeira vez em 1794 pelo químico-físico inglês John Dalton, também portador do distúrbio. A anomalia se dá na retina e é congênita, hereditária e incurável. A grande diferença entre o número de homens afetados comparando com o de mulheres se explica pelo fato de o daltonismo ser provocado por gene recessivo ligado ao cromossomo X.

Diante do preâmbulo apresentado, julgou-se necessária a realização de uma revisão bibliográfica do presente trabalho. Este estudo propõe a apresentação de algumas reflexões sobre os estudos e pesquisas relacionadas à herança ligada ao sexo como o daltonismo.

2 GREGOR JOHANN MENDEL: O PAI DA GENÉTICA

Gregor Johann Mendel nasceu em 1822, na cidade de Heizendorf, na Áustria. Aos 21 anos, entrou no mosteiro de São Tomás em Brunn. Para se tornar monge, era preciso entender de religião, mas também de ciências. Ele se tornou monge em 1847 e em 1851 resolveu se aprofundar em disciplinas como física, matemática e ciências naturais na Universidade de Viena. Ao se formar, depois de quatro anos, iniciou uma série de trabalhos com plantas no mosteiro para descobrir como se transmitem as características hereditárias (LINHARES; GEWANDSZNAJDER, 2010).

Na segunda metade do século XX, Mendel desenvolveu experimentos com híbridos de plantas e descreveu características hereditárias da ervilha comum num estudo publicado em 1866. Mendel esperava, com o desenvolvimento de seus trabalhos com ervilhas, entender por que o cruzamento entre híbridos gerava descendentes tão diferentes. Segundo alguns autores, com esses trabalhos, Mendel pretendia criar formas de desenvolver plantas híbridas que conservassem características importantes para a agricultura (AMABIS; MARTHO, 2013).

Para a realização de seus trabalhos, Mendel escolheu ervilhas e analisou sete características: o tamanho da planta, textura da semente, cor da semente, forma da vagem, cor da vagem, cor da flor e posição da flor. A escolha da planta foi essencial para o sucesso de suas pesquisas, uma vez que a ervilha apresenta fácil cultivo, várias sementes e ciclo reprodutivo curto (GRIFFITHS *et al.*, 2006).

Uma das leis propostas por Mendel em seu trabalho foi a segregação dos fatores, conhecidos hoje por genes. Segundo o pesquisador, cada pessoa apresenta um par de fatores para cada característica que se separa no momento da formação dos gametas. No momento da fecundação, os gametas do pai e da mãe juntam-se, levando consigo suas características (LINHARES; GEWANDSZNAJDER, 2010).

Mendel contribuiu de maneira grandiosa para os estudos da Genética e, por isso, é considerado hoje o pai dessa ciência. Em 1900, os pesquisadores

Correns, Tschermak e De Vries contribuíram para a aceitação das ideias de Mendel e para o início dos estudos genéticos em humanos (GRIFFITHS *et al.*, 2006).

Anos depois, a Genética passou por um grande avanço com a descoberta de que o DNA seria a estrutura-chave que carregava a informação genética. Entre os vários trabalhos com essa molécula, destacou-se o de Watson, Crick, Wilkins e Franklin, em 1953, que demonstraram a estrutura de dupla hélice do DNA. A partir dessas descobertas, diversos avanços ocorreram na Biologia Molecular e afetaram diretamente o desenvolvimento da Genética (GRIFFITHS *et al.*, 2006).

2.1 CROMOSSOMOS SEXUAIS

Em muitas espécies dióicas, as fêmeas têm um par homólogo de cromossomos sexuais, enquanto os machos têm um cromossomo sexual semelhante ao da fêmea e outro tipicamente masculino. Os outros pares de cromossomos, equivalentes em machos e fêmeas, recebem o nome de autossomos. Na espécie humana, há 44 autossomos e 2 cromossomos sexuais, o que pode ser representado: mulher: 46, XX; homem: 46, XY. O sexo é determinado no momento da fecundação. Se o óvulo for fecundado por um espermatozóide portador de um cromossomo X, o embrião formado originará uma fêmea; se por um espermatozóide portador de um cromossomo Y, nascerá um macho. Uma possível vantagem evolutiva do sexo é o aumento da diversidade genética proporcionado pela união e mistura de genótipos de indivíduos diferentes. A proporção de nascimento de machos e fêmeas é cerca de 50% na espécie humana (LINHARES; GEWANDSZNAJDER, 2010).

Algumas espécies de aves, répteis, peixes e insetos, como borboletas e mariposas, apresentam outro sistema de determinação do sexo chamado de sistema ZW. Nesse sistema, o cromossomo presente tanto em fêmeas quanto em machos é o cromossomo Z, e o cromossomo presente apenas nas fêmeas é o cromossomo W. Dessa forma, no sistema ZW o macho é homogamético, apresentando dois cromossomos iguais (ZZ), e as fêmeas são heterogaméticas (ZW). Diante disso, podemos concluir que no sistema ZW ocorre o contrário dos outros sistemas que vimos

anteriormente, onde as fêmeas são homogaméticas e os machos são heterogaméticos (AMABIS; MARTHO, 2013).

2.2 HERANÇA LIGADA AO SEXO

Os cromossomos X e Y possuem pequenas regiões homólogas nas extremidades que se emparelham na meiose. Na parte não homóloga do X estão situados vários genes que controlam diversas funções no organismo, entre elas a produção de pigmentos nas células da retina, que possibilitam a visão de cores. Mutações nesses genes podem causar distúrbios, como o daltonismo. Sendo assim o gene é uma seqüência de nucleotídeos distintos que fazem parte de um cromossomo. Cada gene codifica uma determinada seqüência de uma cadeia polipeptídica. O gene é formado por uma seqüência de DNA (ácido desoxirribonucléico) e RNA (ácido ribonucléico), sendo este último responsável pela síntese de proteínas da célula (GENETICS HOME, 2015).

Os genes situados nessa região especial do cromossomo X são chamados de genes ligados ao sexo ou genes ligados ao cromossomo X. Os alelos desses genes podem aparecer em dose dupla nas mulheres; mas o homem só apresenta um deles. Por isso a mulher pode ser homocigótica ou heterocigótica para esses alelos. Assim se o homem possuir um alelo para o caráter recessivo ligado ao sexo, esse caráter poderá manifestar-se. Na mulher esse caráter recessivo só se manifestará quando o alelo estiver em dose dupla (LINHARES; GEWANDSZNAJDER, 2010).

Uma das formas de daltonismo é condicionada por um alelo de um gene localizado no cromossomo X (UNONIUS, FARAH, SALLUM, 2003). O cromossomo é responsável por transmitir as características hereditários de todos nós. Um homem heterocigótico para esse alelo (X^dY) ou uma mulher homocigótica (X^dX^d) são daltônicos, ou seja incapazes de distinguir o verde do vermelho. Mulheres heterocigóticas (X^DX^d) geralmente tem visão normal, pois o alelo para o daltonismo é recessivo. Mulheres filhas de pai não daltônico sempre serão terão visão normal, pois

recebem um alelo normal do pai. Se uma mulher transmitir o cromossomo X com o alelo mutante (X^d) para um filho, ele certamente será daltônico, uma vez que recebeu do pai um cromossomo Y. Assim, cerca de 50% dos filhos homens de uma mulher heterozigótica quanto ao daltonismo herdarão o cromossomo portador do alelo alterado e serão daltônicos. Homens daltônicos, por outro lado, só transmitem para as filhas seu cromossomo X portador do alelo alterado (AMABIS; MARTHO, 2013).

Desse modo, podemos concluir que a hereditariedade funciona da seguinte maneira (LINHARES; GEWANDSZNAJDER, 2010):

- Mãe normal e não portadora do gene ($X^D X^D$):

Com pai normal ($X^D Y$): 100% dos descendentes normais e não portadores ($X^D X^D$, $X^D Y$).

Com pai daltônico ($X^d Y$): 100 % dos descendentes normais, porém todas as filhas serão portadoras $X^D X^d$, $X^D Y$.

- Mãe normal, mas portadora do gene ($X^D X^d$):

Com pai normal ($X^D Y$): probabilidade de 50% dos filhos serão daltônicos ($X^d Y$) e 50% serem normais ($X^D Y$) ; 50 % das filhas serem normais e não portadoras ($X^D X^D$) e 50% normais e portadoras ($X^D X^d$).

Com pai daltônico ($X^d Y$): probabilidade 50% dos descendentes serem daltônicos ($X^d Y$ e $X^d X^d$) e 50% normais, mas com filhas portadoras ($X^D Y$, $X^D X^d$).

- Mãe daltônica ($X^d X^d$):

Com pai normal ($X^D Y$): 100% dos filhos serão daltônicos ($X^d Y$) e 100% das filhas serão normais mas portadoras ($X^D X^d$).

Com pai daltônico ($X^d Y$): 100% dos descendentes serão daltônicos ($X^d X^d$ e $X^d Y$).

2.3 HISTÓRICO DA VISÃO DE CORES

Foi Isaac Newton (1642-1727) quem demonstrou que a luz é a fonte de todas as cores. Ele fez com que um feixe de luz passasse através de um prisma e projetasse a luz emergente em um painel. Obteve a imagem do que conhecemos como

espectro colorido: uma série de cores que variam do vermelho, em um extremo, ao violeta, no outro extremo. Depois dirigiu os raios coloridos para outro prisma e obteve de volta a luz branca original. Com isso, ficou provado que a luz branca é a mistura ou combinação de todas as cores. A hipótese de Thomas Young sobre a percepção das cores, apresentada em 1801 à Sociedade Real de Londres, era baseada em três cores fundamentais (branco, vermelho e violeta) e na existência de três variedades de elementos nervosos retinianos, capazes de serem excitados, ao máximo, por essas radiações. Apesar de várias teorias existirem, tentando explicar a visão de cores, a teoria tricromática, originada nos trabalhos de Maxwell, Young e Helmholtz foi, por muito tempo, o pilar teórico central da visão de cores. Essa teoria é fundamentada na existência de três tipos de receptores, detentores de fotopigmentos com maior sensibilidade aos comprimentos de onda longa (região vermelha do espectro), média (região verde) e curta (região azul). Contudo, o modelo das três imagens sendo transmitidas ao cérebro é ineficiente e a teoria falha na explicação de vários fenômenos visuais observados, tais como: pós imagem, adaptação cromática, oponência cromática, indução de cores e constância de cor. Embora não haja, atualmente, uma explicação inteiramente satisfatória para a visão de cores, a idéia mais aceita é a de que a cor é uma propriedade do cérebro, que compara, em diferentes estágios de processamento, as refletâncias espectrais dos objetos de uma cena, sendo influenciada tanto pelos genes que expressam os fotopigmentos quanto por aspectos cognitivos que modulam a percepção. No que diz respeito à utilidade biológica da visão de cores é bem provável que as pressões ambientais tenham selecionado, ao longo dos anos, sistemas sensoriais adequados para a resolução dos problemas específicos destes ambientes (PICCININ *et al.*,2007).

O material genético responsável pela codificação dos fotopigmentos humanos pertence a uma grande família de genes do genoma humano. Evidências bioquímicas estabeleceram que os diferentes pigmentos visuais são estruturalmente homólogos e, provavelmente, originaram-se de um gene para pigmento ancestral comum. O isolamento e a caracterização desses genes confirmaram a existência de uma família de genes dos pigmentos, com membros em, pelo menos, três cromossomos. O gene da rodopsina é encontrado no cromossomo três, enquanto o

gene da fotopsina do cone azul está no cromossomo 7. Os genes dos fotopigmentos dos cones vermelho e verde encontram-se no cromossomo X. Estudos demonstraram que há somente um gene que codifica a fotopsina do cone vermelho, entretanto pelo menos cinco genes que codificam o fotopigmento do cone verde. Os genes das opsinas humanas mostram homologia em torno de 45% entre a rodopsina e os fotopigmentos dos cones. Essa similaridade entre os fotopigmentos sugere um ancestral comum, tendo surgido, provavelmente, do mesmo gene para pigmento ancestral há cerca de 500 milhões de anos. Os genes no cromossomo X exibem homologia extraordinária entre si, apresentando identidade em torno de 98% da seqüência de nucleotídeos, sugerindo desenvolvimento de uma evolução mais recente, provavelmente, por duplicações gênicas nos últimos 30 milhões de anos. Devido a essa grande similaridade entre os genes dos cones verde e vermelho, há a possibilidade da existência de várias formas híbridas dos fotopigmentos verde e vermelho, existindo um grupo de fotopigmentos semelhante ao verde e outro semelhante ao vermelho. Isso explica a variabilidade de percepções distintas em portadores de defeitos de visão de cores relacionados ao eixo verde/vermelho (PICCININ *et al.*,2007).

2.4 DALTONISMO

Discromatopsia é um termo usado para designar qualquer tipo de defeito de visão de cores. A expressão "daltonismo" é popularmente usada como sinônimo de discromatopsia (MELO; GALON; FONTANELLA, 2014).

O daltonismo é um transtorno hereditário (herança recessiva ligada ao sexo) (ARAÚJO, 2002). Cerca de 5% a 8% dos homens e 0,4% das mulheres apresentam um tipo de cegueira para cores conhecida como daltonismo, ou cegueira parcial essas pessoas são incapazes de distinguir entre as cores vermelho e verde (AMABIS; MARTHO, 2013). A grande diferença entre o número de homens afetados comparando com o de mulheres se explica pelo fato de o daltonismo ser provocado por gene recessivo ligado ao cromossomo X (VESPUCCI, 2015).

O termo daltonismo originou-se do nome do físico e químico inglês John Dalton (1766 – 1844), que em 1794 publicou um estudo revelando que tinha dificuldade para distinguir certas cores (UNONIUS; FARAH; SALLUM, 2003).

O daltonismo é um defeito que faz com que pelo menos um dos três tipos de cones, que são os receptores das cores existentes na retina, não funcione corretamente (ARAÚJO, 2002). Muitos referem-se ao daltônico como aquela pessoa que confunde o verde com o vermelho, e vice-versa, porém esse é um conceito errôneo.

A visão em cores depende de pigmentos (proteínas) sensíveis à luz presentes em três tipos de células especiais da retina (os cones), cada um com um tipo de pigmento: os que são ativados principalmente pelo comprimento de onda da luz vermelha, os ativados pela luz verde e os ativados pela luz azul. A percepção de determinada cor depende da quantidade relativa de cada tipo de cone ativado. A dificuldade de percepção de cores pode ocorrer pela falta de um ou mais tipos de cones ou pela menor produção de alguns pigmentos. Um gene autossômico controla a produção de cones azuis, e a produção de cones verdes e vermelhos é controlada por genes do cromossomo X (LINHARES; GEWANDSZNAJDER, 2010).

A visão de cores e formas é um fenômeno complexo, que envolve células fotossensíveis especiais, os cones. Na retina humana, existem aproximadamente cinco milhões de cones e cada um contém um tipo específico de fotopsina: vermelha, verde ou azul. A fotopsina é a proteína responsável por converter o sinal luminoso em sinal elétrico, que é conduzido pelo nervo óptico até o córtex cerebral, onde a visão cromática é interpretada. Cada fotopsina é sensível à luz com um comprimento de onda distinto. Em humanos, o mecanismo de visão de cores é fundamentalmente tricromático, pois as diferentes proporções de estimulação dos três tipos específicos de cones explicam todas as outras cores (ARAÚJO, 2002).

Os bastonetes, cerca de 100 milhões, são sensíveis à luz e à sua mudança, mas não têm sensibilidade à cor. São responsáveis pela visão noturna, em condições de pouca luz e pela visão periférica, pois se concentram na periferia da retina (VESPUCCI, 2015). Existem três tipos principais de daltonismo:

- Protanopia: Este tipo de daltonismo é o mais comum de todos e é caracterizado, principalmente, pela diminuição ou ausência total do pigmento vermelho. No lugar dele, o indivíduo com o distúrbio pode enxergar tons de marrom, verde ou cinza, mas, em geral, varia de acordo com a quantidade de pigmentos que o objeto possui. Neste tipo, o verde tende a parecer semelhante ao vermelho (COSTA, 2011).
- Deuteranopia: Uma pessoa com este tipo de daltonismo não é capaz de distinguir a cor verde. Mas, da mesma forma que ocorre com a protanopia, os tons vistos geralmente são puxados para o marrom. Assim, quando ela observa uma árvore, enxerga tudo em apenas uma cor, com uma pequena diferença de tonalidade entre tronco e folhas (COSTA, 2011).
- Tritanopia: A tritanopia é o tipo mais raro de daltonismo. Ela interfere na distinção e reconhecimento das cores azul e amarelo. Uma pessoa com este tipo de visão não perde totalmente a noção do azul, o enxerga em tonalidades diferentes. Já o amarelo vira um rosa - claro. Pessoas com tritanopia não enxergam a cor laranja (COSTA, 2011).

Nas pessoas daltônicas os cones não existem em número suficiente ou apresentam alguma alteração. Assim, a pessoa pode ser portadora de uma deficiência na identificação da cor ou pode apresentar ausência completa de sensibilidade a ela. O problema pode estar ligado a duas cores ou apenas a uma delas. Têm-se as seguintes situações:

- Deficiência em reconhecer um determinado grupo de cores. Pode ser reduzido o reconhecimento do vermelho (protanomalia); do verde (deutanomalia); ou do azul, (tritanomia) (VESPUCCI, 2015).
- Insensibilidade a um determinado grupo de cores. Pode ocorrer na identificação do vermelho (protanopia); do verde, (deuteranopia); ou do azul (tritanopia) (VESPUCCI, 2015).

- Capacidade de enxergar apenas branco, preto e tons do cinza (acromatopsia ou monocromatismo). A percepção das cores varia muito de uma pessoa com daltonismo para outra. E, apesar de existirem vários tipos de daltonismo, a grande maioria tem dificuldade de distinguir entre o vermelho e o verde. Entre os daltônicos, 75% têm dificuldade com a cor verde; 24% com a cor vermelha; e 1% com o azul (VESPUCCI, 2015).

O exame de fundo de olho não é capaz de denunciar quaisquer tipos de anormalidades nos olhos, por isso o diagnóstico para daltonismo deve ser feito a partir de duas abordagens distintas, mas que, unidas, garantem um diagnóstico muito mais rápido e preciso. O diagnóstico pode ser feito tanto por meio de um questionamento rápido envolvendo o histórico clínico e familiar do paciente ou, ainda, por meio de exames simples:

Existem testes para identificar a presença do daltonismo e determinar em que grau ele afeta a percepção das cores de uma pessoa. O mais conhecido método para detectar deficiências na percepção das cores vermelha e verde é o Teste de Ishihara, desenvolvido em 1917 pelo médico japonês Shinobu Ishihara. Consiste em estabelecer a capacidade do paciente em reconhecer figuras numa série de quadros formados por pequenos círculos coloridos, com graus de saturação e tons variados entre o verde e o laranja, formando números, letras ou desenhos identificáveis pela visão normal (VESPUCCI, 2015). Explica-se: um cone com defeito faz como que desaparecer uma fatia do espectro de cores. Uma pessoa com um receptor para os verdes em mau estado somente seria capaz de enxergar variações de cinzas para a maioria das nuances de verdes. O mesmo aplica-se no caso de um cone defeituoso para a percepção dos vermelhos. Assim, o daltônico não troca o verde pelo vermelho, e vice-versa, mas quem é deficiente para verdes, enxergará tal faixa do espectro de forma acinzentada (quase acromática) e quem é deficiente para vermelhos da mesma forma enxergará a faixa dos vermelhos/ laranjas como cinzas, mas nunca os dois, verde e vermelho, ao mesmo tempo (ARAÚJO, 2002).

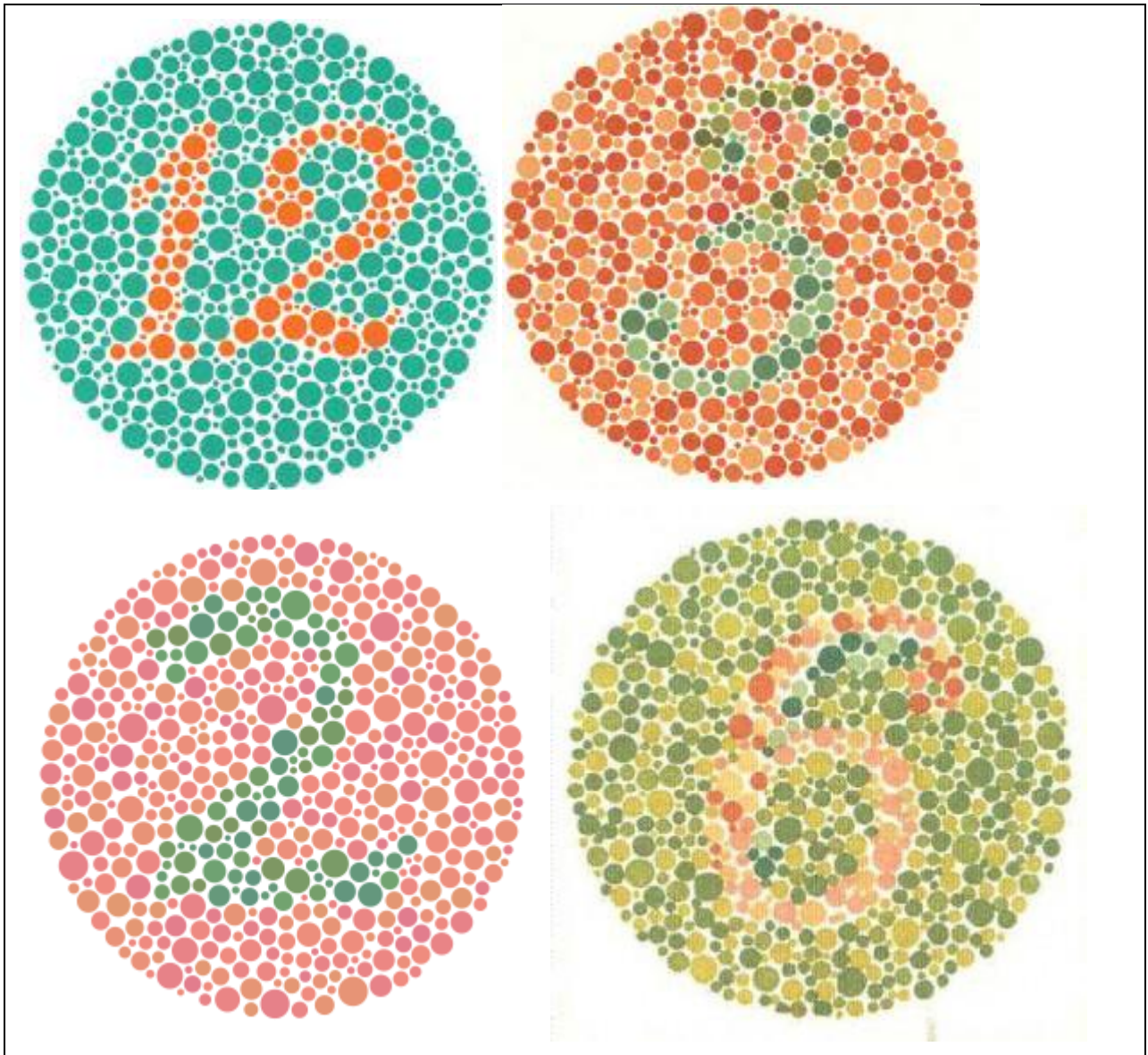


FIGURA1: Teste de Ishihara

2.5 CONSEQÜÊNCIAS PARA O DALTÔNICO

Não há ainda, tratamento para o daltonismo, trata-se de uma deficiência na habilidade de diferenciar as cores e por enquanto não existe nenhuma forma de alterar o aparecimento ou o curso dessa deficiência. É possível que no futuro com a ajuda da engenharia genética seja possível manipular os genes de forma a

alterar esta situação. Entretanto um daltônico pode viver de modo perfeitamente normal, desde que tenha conhecimento das limitações de sua visão (GRIFFITHS *et al.*,2006).

Esta dificuldade da cor verde com o vermelho deve ser bem trabalhada no caso do sinal de trânsito. Pois os daltônicos não podem atravessar a rua somente pela cor, neste caso eles têm que observar a posição da luz que se acende. Se acender a debaixo (verde) ele atravessa, se acender a do meio (amarela) ele espera, se acender a de cima (vermelho) ele não atravessa. O código de trânsito brasileiro inclui os daltônicos. A iniciativa de inclusão social que garante o direito de ir e vir aos daltônicos, a resolução 425/12 do CONTRAN determina que o motorista não precisa identificar as cores verde, amarela e vermelha para conduzir um veículo. Por isso, está sendo utilizada na avaliação da visão de cores de quem vai tirar ou renovar a CNH (Carteira Nacional de Habilitação) uma imitação de semáforo com luzes nas cores e posições adotadas no país (CZERWONKA, 2014).

Como na idade escolar surgem as primeiras dificuldades com cores, sobretudo em desenhos e mapas, os pais e professores devem estar atentos ao problema, evitando constranger e traumatizar a criança. Nas escolas, os lápis de cores podem ter o nome de cada cor gravada em seu corpo de modo a facilitar sua identificação (MELO; GALON; FONTANELLA, 2014).

As pessoas que tem esse problema não conseguem diferenciar os tons de vermelho e verde. Por exemplo, em uma situação que essa pessoa tem que preparar uma carne para um jantar, ela não consegue saber se a carne está mal passada ou bem passada e eles não são susceptíveis de ser capaz de dizer a diferença entre tomates verdes e maduros ou entre ketchup e molho de chocolate (COSTA, 2011).

Existem profissões proibidas para portadores de daltonismo, como pilotar uma aeronave, ser maquinista, trabalhar com navegação marítima porque as cores são essenciais para estas profissões. Porém isso não chega a ser um problema na hora de conseguir emprego na maioria das profissões (MELO; GALON; FONTANELLA, 2014).

Atualmente existem lentes que aumentam o contraste entre as cores; estas lentes ColorMax foram desenvolvidas para melhorar a discriminação entre cores que parecem iguais e podem dar alguma ajuda nas pessoas que têm dificuldade em distinguir o verde do vermelho (COSTA, 2011).

A mutação genética que provoca o daltonismo sobreviveu pela vantagem dada aos daltônicos ao longo da história evolutiva. Essa vantagem advém, sobretudo, do fato de os portadores desses genes possuírem uma melhor capacidade de visão noturna bem mais apurada em relação àqueles que não a possuem, e também, uma maior capacidade de reconhecerem elementos semi-ocultos, como animais ou pessoas disfarçadas pela sua camuflagem que passariam despercebidos para os não daltônicos (GRIFFITHS *et al.*, 2006).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme já mencionado, cerca de 8% dos homens e 0,4% das mulheres apresentam algum tipo de deficiência na habilidade de visão de cor. A discromatopsia é uma condição prevalente, a qual é uma doença de herança ligada ao cromossomo X. Portanto, espera-se que este trabalho promova adequação e medidas de orientações em saúde sobre como lidar com o daltonismo.

REFERÊNCIAS

AMABIS, J. M.; MARTHO, G. R. **Biologia em Contexto**. 1. Ed. São Paulo: Moderna, 2013.

ARAÚJO, K. S. Qualificação no desenvolvimento e controle de qualidade visual das cores. **Cerâmica Industrial**. v. 7, n. 4. Julho/Agosto, 2002. Disponível em: <www.scielo.br>. Acesso em janeiro 2015.

COSTA, G. L. S. C. Daltonismo e suas conseqüências. **Rev. Oftalmologia**. Goiás. Agosto. 2011. Disponível em: <contatogo.blogspot.com/2011/09/daltonismo-e-suas-consequencias.html>. Acesso em janeiro 2015.

CZERWONKA, M. Código de trânsito brasileiro inclui daltônicos. Portal do trânsito, setembro, 2014. Disponível em: <WWW.portaldotransito.com.br>. Acesso em janeiro 2015.

GENETICS HOME. **CONDITION COLOR VISION DEFICIENCY**. Junho, 2015. Disponível em: <<http://ghr.nlm.nih.gov/>>. Acesso em junho 2015.

GRIFFITHS, A.J.F., et al. **Introdução à Genética**. 8. Ed Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 2006.

LINHARES, S.; GEWANDSZNAJDER, F. **Biologia Hoje**. 1. Ed. São Paulo: Ática, 2010.

MELO, D. G; GALON, J. E. V; FONTANELLA, B. J. B. Os "daltônicos" e suas dificuldades: condição negligenciada no Brasil? **Revista de Saúde Coletiva**. Rio de Janeiro. v. 24, n. 4. Outubro/novembro 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-73312014000400011>>. Acesso em janeiro 2015.

PICCININ, M. R. M., et al. Baixa prevalência de discromatopsia, pela 4ª edição do teste pseudoisocromático HRR (Hardy, Rand e Rittler), da população indígena de etnia Terena da aldeia Lalima na região de Miranda: Mato Grosso do Sul. **Arq. Bras. Oftalmologia**. Mato Grosso. v. 70, n. 2. 2007. Disponível em: <www.scielo.br>. Acesso em janeiro 2015.

UNONIUS, N; FARAH, M.E; SALLUM, J. Classificação diagnóstica dos portadores de doenças degenerativas de retina, integrantes dos grupos Retina São Paulo e Retina Vale do Paraíba. **Arq. Bras. Oftalmol.** v. 66. 2003. Disponível em: <www.scielo.br>. Acesso em janeiro 2015.

VESPUCCI, K. M. Daltônicos ao volante. Disponível em: <www.sinaldetransito.com.br>. Acesso em janeiro 2015.