

Um vestido, um dilema: uma proposta didática sobre cores complementares

Jair Lúcio Prados Ribeiro¹, Maria Helena da Silva Carneiro²

¹Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências, Instituto de Química, Universidade de Brasília, Campus Darcy Ribeiro, Brasília (DF), 70910-900, Brasil.

²Faculdade de Educação, Universidade de Brasília, Campus Darcy Ribeiro, Brasília (DF), 70910-900, Brasil.

REVISTA
DE
ENSEÑANZA
DE LA
FÍSICA

E-mail: jairlucio@gmail.com

(Recibido el 20 de octubre de 2015; aceptado el 9 de diciembre de 2015)

Resumen

Una foto de un vestido fue publicada en Internet y polarizo las personas en dos grupos, que lo veían con colores diferentes. Se presenta un tratamiento teórico inicial de los conceptos subyacentes a la polémica, especialmente la constancia del color, la teoría tricromática de la visión y los colores complementarios. A continuación se presenta una propuesta sencilla didáctica, adecuada a la escuela secundaria, para resolver la controversia: la foto se transforma en su negativa, y de la observación de los colores complementarios en esta negativa, los colores reflejados por los pigmentos del vestido (azul y negro) son reveladas. Cabe destacar el carácter interdisciplinario de la actividad y la posibilidad de trabajar con un tema de gran interés por parte de los estudiantes.

Palabras clave: Color, Visión, Óptica, Enseñanza de la óptica, Enseñanza de la física.

Resumo

Uma foto de um vestido foi publicada na internet e polarizou as pessoas em dois grupos, que o observavam com cores diferentes. É apresentado um tratamento teórico inicial dos conceitos subjacentes à polémica, principalmente a constância da cor, a teoria tricromática da visão e as cores complementares. Apresenta-se então uma proposta didática simples, adequada ao ensino médio, para se resolver a controvérsia: a foto é transformada em seu negativo, e a partir da observação das cores complementares nesse negativo, as cores refletidas pelos pigmentos do vestido (azul e preto) são reveladas. Ressalta-se o caráter interdisciplinar da atividade e a possibilidade de trabalhar com um tema de grande interesse por parte dos estudantes.

Palavras chave: Cor, Visão, Óptica, Ensino de óptica, Ensino de física.

Abstract

A picture of a dress was published on the internet and polarized people into two groups, who observed it with different colors. The article presents an initial theoretical treatment of the concepts underlying the controversy, especially color constancy, trichromatic vision theory and complementary colors. A simple high school didactic proposal is presented, in order to settle the dispute: the photo is turned into its negative, and from the observation of negative complementary colors, the colors reflected by the dress pigments (blue and black) are revealed. The interdisciplinary nature of the activity is emphasized, along with the possibility of working with a topic of great interest from students.

Keywords: Color, Vision, Optics, Optics teaching, Physics teaching.

I. INTRODUÇÃO

Em 26 de fevereiro de 2015, uma comoção inesperada surgiu entre os usuários da internet ao redor do planeta: uma fotografia de baixa resolução de um vestido aparentemente comum¹ os dividiu em dois

¹Foto original: < <http://swiked.tumblr.com/post/112073818575/guys-please-help-me-is-this-dress-white-and>>. Acesso: 09/09/15.

grupos rivais. O primeiro grupo de pessoas, entre os quais se inclui um dos autores desse artigo, observava o vestido como branco e dourado, enquanto o outro grupo via a peça nas cores preto e azul. A polêmica se tornou uma sensação midiática mundial, correspondendo a um exemplo típico da prática da *viralização* na internet. Um fenômeno midiático viral é entendido por Araújo e Costa (2011) a partir de uma metáfora relacionada à infecção viral de um organismo: assim como um vírus biológico pode se alastrar com grande velocidade entre as células a partir de um foco local, a viralização na comunicação mediada por computadores se relaciona com a rápida velocidade com que um conceito (vídeo, imagem, texto, etc.) pode se propagar, a partir das intervenções dos usuários.

Em retrospecto, a popularidade do fenômeno permite compará-lo a um experimento global sobre a percepção humana, realizado com milhões de pessoas em um curto período de tempo. Essa incomum popularidade fez com que respostas de variados graus de complexidade para o dilema começassem a ser publicadas na própria internet e em outras mídias em um curto intervalo de tempo (Corum, 2015; Lewis, 2015; Luntz, 2015; Rogers, 2015; Stout, 2015).

É possível perceber, entretanto, que o assunto desapareceu na obscuridade com a mesma velocidade que ele emergiu, em uma típica curva de efemeridade de viralização. Para fins de exemplo, fizemos uma busca pelo termo *dress* (vestido) na ferramenta *GoogleTrends*², a qual permite verificar a tendência de busca global de certo termo ao longo do tempo.

O resultado encontrado está mostrado na fig.1: o ponto mais alto do gráfico (indicado pela letra A) representa a época da viralização do vestido, no fim do mês de fevereiro de 2015. O gráfico permite inferir que a frequência de buscas pelo termo *dress* foi muito superior à sua média histórica próximo à data de viralização. O segundo ponto mais alto do gráfico (G, data de um casamento da realeza britânica em 2011) é inferior em cerca de 30% à máxima frequência alcançada no ponto A. Em uma ampliação do gráfico (não mostrada), percebe-se que a frequência de buscas retorna à média histórica em meados de março de 2015, cerca de duas semanas após a viralização da imagem.

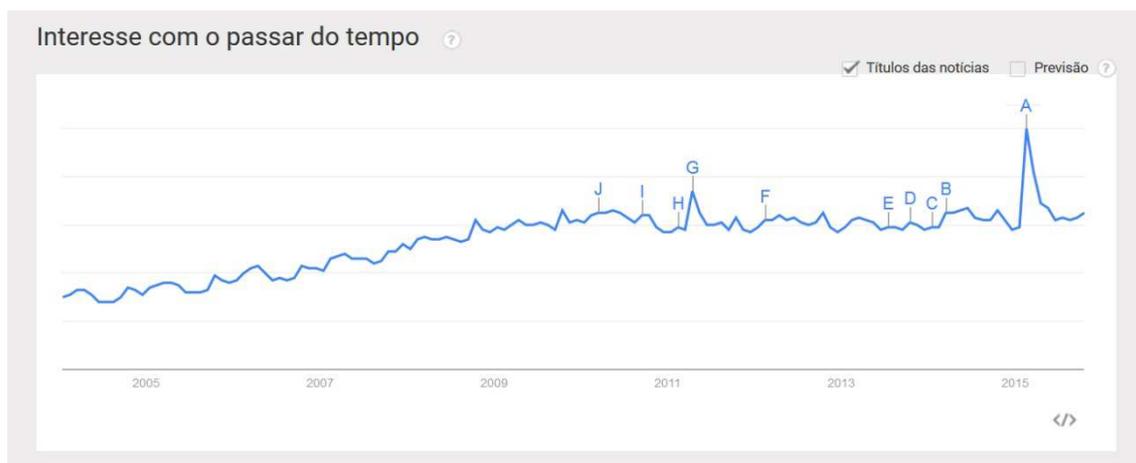


FIGURA 1. Gráfico da média histórica da frequência de busca do termo *dress* na ferramenta *GoogleTrends*.

A explicação rápida para a controvérsia acerca das cores observadas no vestido diz respeito ao cérebro do observador. A cor observada de um objeto não depende apenas dos pigmentos presentes na superfície do mesmo, sendo também influenciada pelo espectro da fonte de luz que ilumina o corpo. Entretanto, é o mecanismo cerebral de interpretação da luz detectada que detém a palavra final sobre a coloração do objeto. Assim, algumas pessoas descontam o lado azul do espectro refletido, portanto, observam o vestido como branco e dourado.

Essa explicação curta, entretanto, não é satisfatória. Uma resposta mais completa envolve o entendimento do processo de visão colorida em humanos, em especial algumas relações entre visão e neurociência no tocante ao conceito de constância da cor. Não é comum nos livros didáticos de física de ensino médio essa linha de abordagem, sendo frequente em tais obras que o olho humano seja tratado apenas por um modelo geométrico. Essa modelagem é adequada à explicação dos problemas refrativos (miopia, hipermetropia, astigmatismo), mas se revela ineficaz para um entendimento mais completo do processo de visão.

Assim, acreditamos ser válida a apresentação de uma proposta pedagógica sobre o tema, dado o fascinante interesse dos estudantes sobre o fenômeno na data da viralização da imagem, fato que poderá vir a se repetir em uma abordagem didática do tema. Ademais, não identificamos em nossa revisão

²Página dos resultados da busca: <<https://www.google.com.br/trends/explore#q=dress>>. Acesso: 07/10/2015.

nenhuma discussão sobre a controvérsia produzida pelo vestido em revistas de ensino de física³ no ano corrente.

A cor de um objeto opaco é resultado de três fatores concorrentes: a radiação incidente (iluminação do ambiente), os pigmentos presentes na superfície (os quais refletem algumas frequências e absorvem outras) e o aparato visual/cerebral do observador. Assim, não se pode falar em cor “real” do vestido, dada a sua dependência desses três fatores. Entretanto, se for dada primazia para as frequências refletidas pelo pigmento do vestido (ou impressão em papel do mesmo) em condições de iluminação por luz branca, tais frequências poderiam ser descobertas com o auxílio de um espectroscópio, aparelho raro em laboratórios de escolas de ensino médio, ou a partir da análise de pontos da fotografia com um programa de edição de imagens - por exemplo, *Adobe Photoshop*, o qual é utilizado por Rogers (2015) em sua explicação sobre o fenômeno publicada na imprensa à época da viralização. Esse método também seria válido para a reprodução digital da fotografia, na qual a luz emitida pelas telas de celulares e computadores poderia ser analisada para detectar quais frequências são emitidas pelos visores.

Não discutiremos essas possibilidades nesse trabalho, preferindo apresentar uma nova atividade sobre o processo de visão colorida a partir da fotografia, a qual pode ser realizada pelos próprios estudantes em um celular. A atividade se apoia no conceito de cores complementares, e permite mostrar aos estudantes que eles não estão observando as cores refletidas pelos pigmentos do vestido quando o observam como branco e dourado. Para esse fim, é conduzida uma breve explanação teórica sobre o processo neural da visão colorida em humanos, principalmente o mecanismo intitulado *constância da cor*, seguida de uma discussão acerca do conceito de cor complementar em física. Após a exposição desses referenciais teóricos, apresentamos a proposta de trabalho com os estudantes, a qual é bastante simples e de baixo custo, reforçando o seu potencial didático.

Admitimos de antemão que o trabalho aqui descrito não está baseado em resultados de pesquisa *per se*; ao contrário, esse artigo se propõe a ser um estudo exploratório sobre o modelo de ensino de cores complementares e sua relação com os mecanismos de constância de cor na visão humana.

Na elaboração dessa proposta didática, estabelecemos como objetivos didáticos principais a facilitação da aprendizagem do tema das cores complementares, a partir do dilema citado no título: a notória discordância entre as pessoas sobre as cores observadas no vestido estabelece uma controvérsia a ser investigada, a qual pode ser resolvida a partir do entendimento de alguns aspectos do mecanismo de visão humana e do tema específico da complementaridade cromática. Para o seu desenvolvimento, tomamos como intencional a valorização dos aspectos motivacionais no processo de aprendizagem, inspirados pela hipótese de Moraes e Varela (2007): “a desmotivação interfere negativamente no processo de ensino-aprendizagem, e entre as causas da falta de motivação, o planejamento e o desenvolvimento das aulas realizadas pelo professor são fatores determinantes” (p.2).

II. CORES E A VISÃO HUMANA

Um raio de luz não tem cor *per se*, conforme percebido por Newton (1730) em seu seminal tratado sobre a óptica. A sensação de cor é uma resposta cerebral ao estímulo luminoso captado pela retina. Conforme Cowey e Heywood (1995) relatam, lesões cerebrais podem levar à acromatopsia - incapacidade de perceber algumas ou todas as cores -sem que o sistema ocular em si tenha sido afetado pela lesão. Essa constatação reforça a concepção da sensação de cor como um processo de origem encefálica.

A visão ocupa boa parte do processamento cerebral: mais da metade do córtex cerebral se dedica de alguma forma a enxergar o mundo (Snowden e outros, 2012). O processo de captação da radiação luminosa, entretanto, se inicia na retina, a partir da ação de duas células especializadas, chamadas cones e bastonetes. Há três tipos de cones na retina humana, comumente chamados cones S, M e L, por detectarem ondas luminosas com comprimento de onda curto (*short*), médio (*medium*) ou longo (*long*).

A captação da luz é feita por proteínas fotorreceptoras (pigmentos) existentes na membrana dessas células. Bastonetes (*R*) contêm *rodopsina*, enquanto cada tipo de cone (*S*, *M*, *L*) contém uma forma diferente de *photopsina* (Wyszecki e Stiles, 1982). Tais proteínas podem ser encaradas como pigmentos, ou seja, são capazes de refletir alguns comprimentos de onda luminosos e absorverem outros. Assim, quando tais moléculas são submetidas ao espectro da luz branca, observa-se que cada uma dessas proteínas tem seu pico de absorção luminosa para um determinado comprimento de onda, como mostrado na fig.2.

³Foram revisadas as edições de 2015 dos periódicos *The Physics Teacher*, *Physics Education*, *Física na Escola*, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, *Revista Brasileira de Ensino de Física*, *Revista de Enseñanza de la Física* e *Latin-American Journal of Physics Education*.

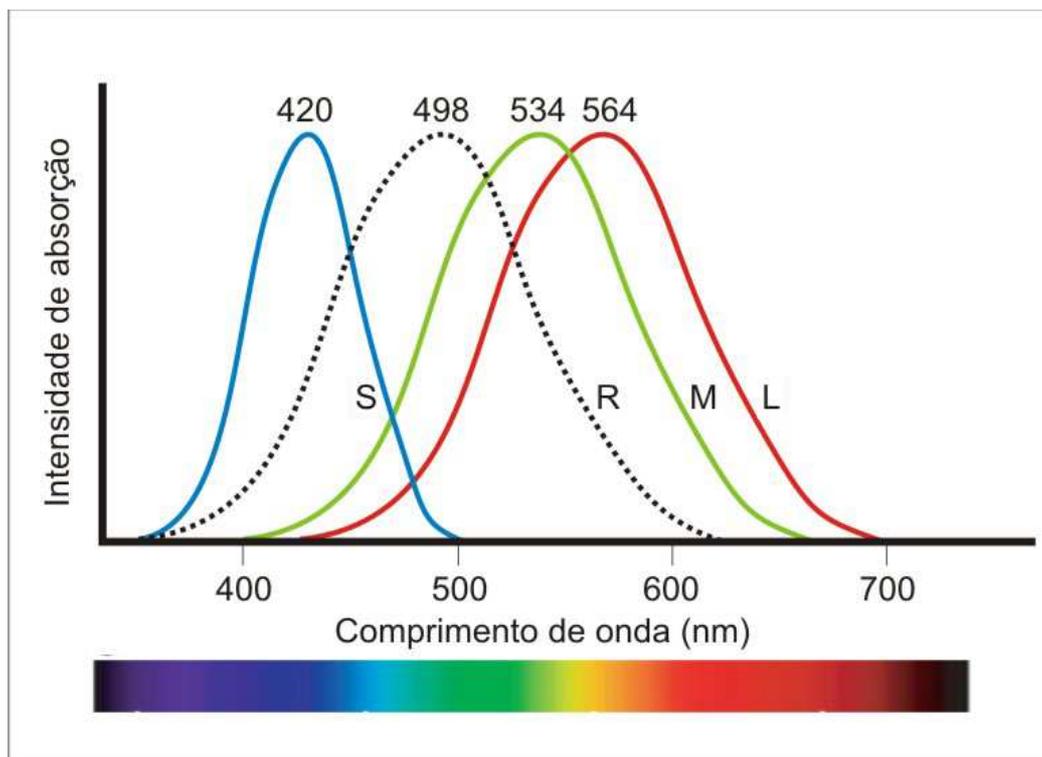


FIGURA 2. Curvas de absorção luminosa para cada pigmento das células retinianas. Imagem construída a partir dos gráficos constantes em Costa e outros (2008).

Assim, os cones *L* detectam principalmente a luz vermelha, os cones *M* a luz verde e os cones *S* a luz azul. Esse comportamento é a base do modelo tricromático da visão humana: os diferentes comprimentos de onda presentes na luz emitida por uma fonte luminosa são captados e diferenciados pelos três tipos de cones. O número acima de cada curva representa o comprimento de onda para o qual cada tipo de proteína apresenta máxima absorção.

A rodopsina (*R*), proteína presente nos bastonetes, detecta primordialmente a cor verde, como mostrado na fig.2. Entretanto, essa molécula é capaz de captar intensidades luminosas menores que as fopsinas. Essa é a razão pela qual os bastonetes são considerados as células da visão monocromática, permitindo que as pessoas enxerguem em ambientes de penumbra ou diferenciem tons mais claros (branco) dos escuros (preto).

Uma vez processada pela retina, a informação luminosa é enviada pelo nervo óptico ao cérebro, onde é processada principalmente nos lobos occipitais desse órgão, localizados na parte de trás da cabeça. Já foram identificadas nessa região do encéfalo mais de trinta áreas (nomeadas V1, V2, V3, etc.) responsáveis por vários aspectos da visão, tais como movimento, cor, profundidade, forma, entre outras. Snowden e outros (2012) nos diz que as principais áreas envolvidas no processamento da cor são as denominadas V1 e V4. Abordagens aprofundadas tanto do processamento retiniano quanto do realizado pelo córtex cerebral fogem do escopo desse artigo, mas podem ser consultadas em livros voltados de forma específica para as relações entre a neurociência e o processo de visão, tais como Tovée (2008) e Schiller e Tehovnik (2015).

Uma consequência importante do processamento óptico pelo sistema visual humano é a *constância das cores*. A cor de um objeto, a princípio, pode ser entendida como resultado dos diversos comprimentos de onda refletidos pelo mesmo. Assim, uma maçã verde possui essa cor por ser capaz de refletir uma combinação de comprimentos de onda que o sistema visual entende como verde. Entretanto, se essa maçã for iluminada com a luz solar ao meio-dia e durante o poente, a intensidade desses comprimentos de onda refletidos por ela será sensivelmente menor durante o poente, dada a coloração avermelhada do céu e da luz incidente sobre ela, levando a uma alteração na soma de comprimentos de onda refletidos pelo fruto, a qual pode ser constatada com um espectroscópio. Entretanto, um observador humano verá a maçã como verde nas duas situações – daí o termo constância das cores.

Snowden e outros (2012) afirmam que essa inconsistência entre a luz refletida e a cor observada se deve ao fato do sistema visual processar informações vindas de diversos objetos ao mesmo tempo de forma comparativa. Segundo os autores, não existe uma explicação completa para o fenômeno, mas acredita-se que a base fisiológica para a constância da cor envolve neurônios especializados no córtex

visual, os quais são capazes de detectar a taxa de atividade dos cones e induzir uma resposta cerebral ao estímulo luminoso.

No cotidiano, é raro que a luz incidente seja monocromática. Ao contrário, a luz emitida por fontes naturais e artificiais geralmente possui uma ampla faixa de comprimentos de onda. Assim, os diferentes tipos de cones presentes na retina registram, para cada objeto de uma cena, uma gama particular de comprimentos de onda refletidos por ele. Essas faixas se superpõem para os diferentes objetos observados, e os neurônios supracitados determinam a composição aproximada da luz incidente sobre a cena. Essa iluminação incidente é então subtraída da gama de comprimentos refletidos por cada objeto, a fim de que a “cor real” do objeto transpareça, sendo essa entendida como a cor percebida pelo observador na maioria das situações. Assim, mesmo que a iluminação circundante a um objeto se altere, o cérebro conseguirá levar em conta tal modificação, mantendo a cor percebida do objeto inicialmente.

A fisiologia da constância das cores, entretanto, não leva a resultados perfeitos, sendo esse mecanismo responsável por diversas ilusões de óptica, tal como a fig.3 demonstra. Em todos os três desenhos, a íris do olho representado possui a mesma cor (cinza), mas não é percebida pelo nosso sistema visual como tal. Esse fato se deve ao caráter monocromático da luz circundante. Na primeira imagem (esquerda, topo), por exemplo, a iluminação da hipotética luz incidente (vermelho) é descartada ao observarmos a íris de cor cinza. A subtração dessa iluminação circundante nos leva a observarmos a íris como azulada (ciano) nessa imagem.



FIGURA 3. Uma evidência da limitação do processo de constância da cor na visão humana.

No caso particular do vestido, não encontramos na literatura acadêmica uma explicação definitiva para as imprecisões no processo de constância da cor. Consideramos que o artigo de Gegenfurtner e outros (2015) oferece a abordagem mais provável, embora seja admitido no próprio resumo do artigo que a explicação apresentada é de ordem especulativa. Para esses autores, dois fatores são relevantes na polêmica: 1) a foto foi obtida com uma câmera cuja configuração de automática de equilíbrio dos tons brancos estava inadequada, resultando em uma captação incompleta da luz circundante, levando à inconsistência relatada pelos observadores; 2) a distribuição de cores na foto do vestido se aproxima da gama de cores da luz natural (radiação solar), produzindo dificuldades para o mecanismo de subtração de algumas frequências da luz incidente pelo córtex cerebral. Esses autores afirmam ainda que há mais de duas respostas sobre as cores observadas pelos sujeitos da pesquisa para o vestido (por exemplo, “azul acinzentado” e “preto acinzentado”), transformando o problema não mais em um dilema físico ou biológico, mas de ordem linguística.

Pelo exposto, acreditamos que uma discussão sobre a imagem do vestido em sala de aula se justifica, principalmente pela gama de possibilidades de discussões interdisciplinares apresentadas. Não encontramos na literatura consultada, entretanto, nenhuma sugestão do seu uso pedagógico ou da relação da imagem com o conceito de cor complementar. Nos itens III e IV, a seguir, expomos os fundamentos da complementaridade das cores e uma sugestão didática, incorporando a foto do vestido à apresentação desse tema.

III. CORES COMPLEMENTARES

Não há carência de artigos dedicados ao tema das cores, principalmente no tocante à adição cromática. A revisão de periódicos voltados para o ensino de física permite averiguar essa afirmação: entre 2006 e 2015, foram detectados mais de vinte artigos publicados sobre essa temática em tais jornais (Camargo e outros, 2009; Cortel, 2008; Costa e outros, 2008; Hughes, 2009; Kamata e Matsunaga, 2007; Kutscher

outros, 2013; Loreto e Sartori, 2008; Mak, 2006; Maroto e outros, 2006; Mota e Santos, 2014; Navrátil, 2007; Nopparatjamomras e outros, 2009; Reid, 2008; Santos e Pereira, 2013; Saraiva, 2008; Silva, 2007; Theilmann e Grusche, 2013; Thomse outros, 2013; Ward, 2014; Yurumezoglu, 2009). Embora haja variações substantivas em suas metodologias, os autores desses trabalhos têm como preocupação central propor formas alternativas para o ensino do tema da cor em física, seja no ensino básico ou superior, adotando o modelo tricromático para a visão humana como referencial em suas pesquisas.

Esse modelo, explicado no item anterior, precede a descrição do funcionamento bioquímico dos cones retinianos. Thomas Young e Hermann Helmholtz, no século XIX, já postulavam a existência de três fotorreceptores na retina, capazes de detectar as cores primárias: vermelho (R), verde (G) e azul (B). Apesar de ser tradicional a consideração dessa tríade de cores primárias na literatura citada, Snowdene outros (2012) alertam que quaisquer três cores suficientemente afastadas entre si no espectro podem servir como cores primárias.

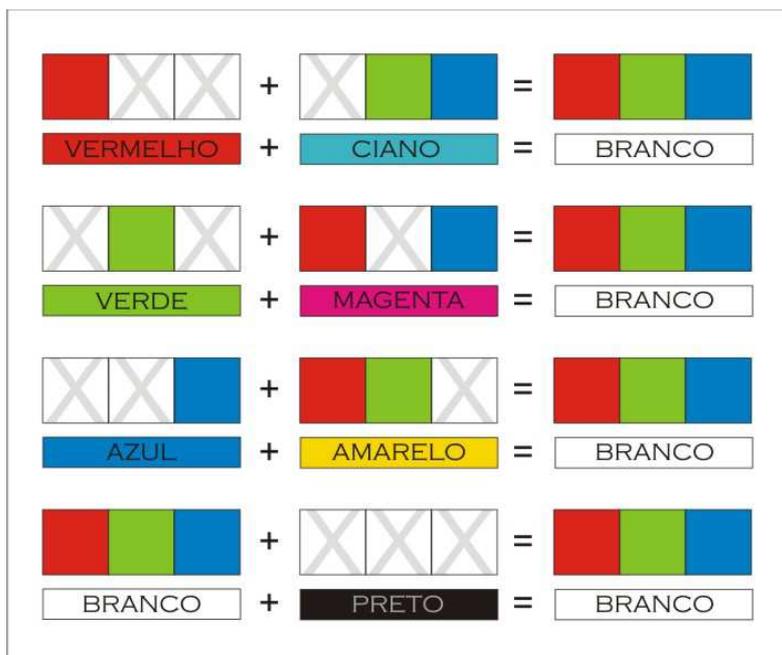


FIGURA 4. Cores complementares aditivas, segundo o modelo tricromático RGB.

Vermelho, verde e azul são chamados de *cores-luz primárias*. Quando raios de luz de pelo menos duas dessas cores são captados pela retina, outras cores são observadas, como o quadro anterior (fig.4) demonstra. Chamamos esse fenômeno de *adição* de cores: a luz amarela resulta da soma de vermelho e verde; o magenta, da soma de vermelho e azul; e o ciano, da soma de verde e azul. Nesse modelo, a cor branca resulta da adição das três cores primárias e o preto da ausência das mesmas.

Dois cores são chamadas de complementares quando seus resultados de adição resultam em branco. Assim, azul e amarelo são cores complementares. Também apresentam complementaridade entre si os pares de cores vermelho/ciano, verde/magenta e branco/preto. A fig.4 mostra algumas cores e suas complementares, de acordo com o modelo tricromático RGB. Nessa imagem, os quadrados marcados com um X correspondem à ausência de uma determinada cor. Frisa-se ainda que o modelo da fig.4 não representa a mistura de pigmentos coloridos, tais como tintas, e sim a superposição de feixes luminosos (raios).

IV. PROPOSTA DE ATIVIDADE DIDÁTICA

O conceito de cor complementar pode ser usado para identificar de forma simples quais cores são refletidas pelo pigmento do vestido, sem a necessidade de espectroscopia, programas de edição de imagens (Rogers, 2015) ou investigação por questionamento de sujeitos de pesquisa (Gegenfurtner e outros, 2015). Para tal, basta usar o princípio de funcionamento dos antigos negativos, os quais eram amplamente usados na fotografia tradicional no século XX, antes do advento da era digital. Passamos a descrever uma rápida atividade didática a partir dessa ideia.

Para fins de simplicidade, evitamos a discussão linguística supracitada, ou seja, a bipolaridade inicial do questionamento sobre a coloração do vestido foi mantida. Assim, as únicas respostas possíveis acerca da coloração da vestimenta seriam *o vestido é azul e negro* ou *o vestido é branco e dourado*.

A imagem presente nesses elementos apresenta um claro exemplo da complementaridade das cores, como mostrado na fig.5. Uma recriação digital do quadro de PietMondrian, “Composição C (III) com vermelho, amarelo e azul” (1930) é mostrada à esquerda, e o seu negativo à direita⁴. O grande quadrado vermelho da imagem original é visto como ciano no negativo, enquanto os pontos azulados são vistos como amarelados no negativo, e vice-versa. As áreas brancas da imagem original são negras no negativo, e as retas negras se transformam em brancas.

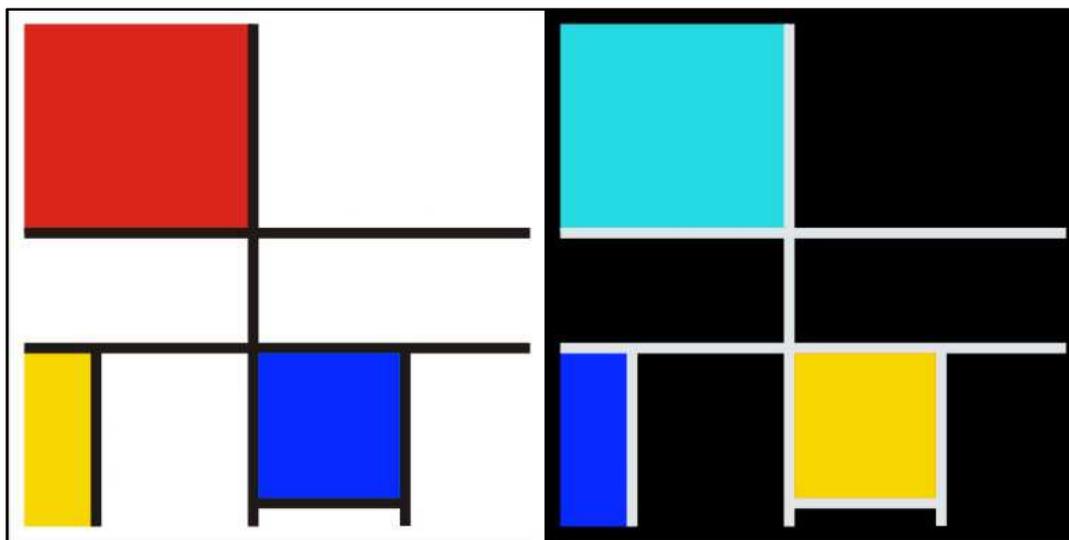


FIGURA 5. Uma imagem (esquerda) e seu negativo (direita).

Existem várias ferramentas digitais para criar o negativo de uma fotografia. Em nossa proposta didática, nós usamos os aplicativos *Picture Negative Color* (gratuito para dispositivos com sistema operacional *Android*) e *Negative Me Free* (gratuito no sistema *IOS*).

Em encontros anteriores com os alunos, já havíamos apresentado a teoria sobre a visão colorida, conforme exposta nos itens II e III desse trabalho, ainda que de forma menos detalhada que a apresentada aqui. Após lembrarmos os estudantes da polêmica sobre o vestido, pedimos que eles baixassem a imagem do mesmo para os seus celulares. Na foto original (fig.6, à esquerda), o vestido é visto por algumas pessoas como branco e dourado, enquanto outras o veem como azul e preto. Ao questionarmos de maneira informal os estudantes, a alegação de colorações azuladas e negras para o vestido pareceu ser majoritária, mas não por uma grande margem. Frisa-se que não foi encontrada na literatura nenhuma pesquisa quantitativa sobre tal proporção na sociedade como um todo.

A polêmica sobre as cores do vestido rapidamente se instalou entre os alunos, nos moldes observados por nós em fevereiro de 2015, época da viralização. Aproveitamos então para rediscutir os conceitos apresentados, tais como o mecanismo ocular e cerebral de detecção da cor e o princípio da constância de cor e suas imprecisões, fazendo uso da fig.3. Apresentamos então a alegação de que as cores refletidas pelos pigmentos do vestido seriam o azul e o preto, e em todas as salas onde a atividade foi aplicada, recebemos como demanda de alguns estudantes uma prova dessa afirmação.

Pedimos então aos alunos que baixassem os aplicativos citados e os usassem com a foto do vestido. Após essa rápida experimentação, perguntamos sobre as cores observadas no negativo, e a resposta foi quase unânime. Nas três salas de ensino médio na qual a atividade foi desenvolvida, o vestido foi observado como branco e dourado no negativo (fig.6, à direita) por quase todos os estudantes. A unanimidade só não foi conseguida porque alguns estudantes se recusaram a fazer a atividade, enquanto outros partiram para a pilhéria, alegando, por exemplo, que as novas cores do vestido no negativo eram vermelho e verde. Desprezando tais situações, todos os observadores viram o negativo do vestido nas cores branco e dourado (considerado similar ao amarelo na nossa discussão).

⁴Em 2014, se completaram setenta anos da morte de PietMondrian. Suas obras entraram em domínio público na maior parte dos países a partir de janeiro de 2015.

A grande concordância sobre as cores no negativo (direita) nos permite especular que, nessa situação, o vestido seja visto como branco e dourado por quase todas as pessoas⁵. Logo, as cores refletidas pelo vestido devem ser complementares às percebidas no negativo. Como a cor complementar do branco é o preto, e a complementar do dourado(amarelo) é o azul, conclui-se que as cores que a vestimenta reflete são o azul e o preto. A explicação não obteve compreensão instantânea entre os estudantes, necessitando de algumas repetições da argumentação para sua sedimentação.

Um questionamento comum durante nossa exposição dizia respeito ao porquê de algumas pessoas observarem as cores não correspondentes às refletidas pelos pigmentos existentes no vestido. Infelizmente, essa não é uma pergunta fácil de ser respondida, pois não há um entendimento completo sobre o mecanismo cerebral que leva à constância de cor, conforme discutido por Snowden e outros(2012). Nesse caso, nos limitamos a responder que nossa percepção visual depende da nossa história pessoal, ou seja, cada cérebro aprende a enxergar o mundo de forma diferente. Essa argumentação, mesmo que pareça uma falácia, encontrou eco na prática didática, pois alguns estudantes relataram que inicialmente enxergavam um conjunto de cores (branco e dourado) e passaram a enxergar outro conjunto (azul e preto) após a discussão. Ou seja, o mecanismo cerebral de detecção das cores desses indivíduos teria se aperfeiçoado, a partir das suas vivências, para identificar cores com maior precisão.

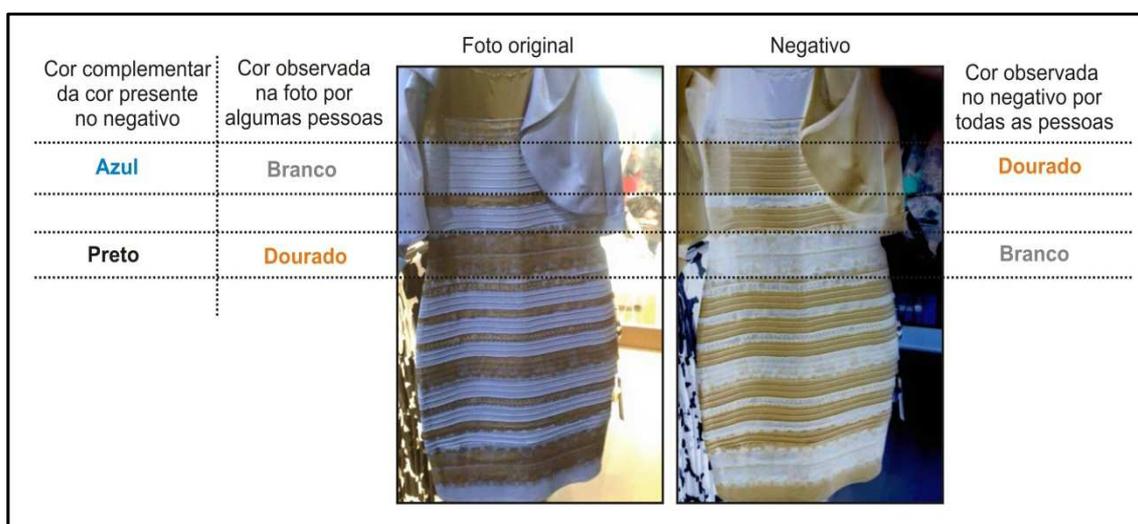


FIGURA6. Uma proposta de solução para a controvérsia.

Ressaltamos que embora a teoria tricromática e o princípio da complementaridade das cores tenham sido apresentados de forma prévia aos estudantes, para só depois discutirmos as cores do vestido, acreditamos que uma sequência inversa também poderia ser adequada, tomando a foto como motivação inicial da discussão sobre os mecanismos físicos e biológicos inerentes à visão colorida.

V. CONCLUSÕES

A ascensão das redes sociais como ferramentas de comunicação e a viralização de vídeos e imagens na internet tiveram início há apenas duas décadas; portanto, podem ser considerados acontecimentos relativamente recentes. Assim, o potencial didático desses fenômenos midiáticos pode ser encarado ainda como incipiente. Esperamos ter demonstrado nesse trabalho uma possibilidade de aproveitamento pedagógico da “onipresença” e rápida proliferação de um determinado conceito entre os estudantes, mesmo que por um curto período.

O interesse dos alunos por um tema, ainda que momentâneo, tende a abrir caminhos para discussões frutíferas. Na nossa prática pedagógica, por exemplo, notamos que os estudantes se revelam mais curiosos sobre eclipses quando a imprensa noticia a ocorrência desse fenômeno. Acreditamos que o planejamento anual das aulas deva ser flexível o suficiente para que eventuais discussões sobre temas de interesse momentâneo possam se fazer presentes.

⁵Diversos problemas visuais e neurológicos podem levar as pessoas a não enxergarem cores, daí a ressalva na generalização.

Na aplicação da proposta didática, percebemos que a valorização dos aspectos motivacionais (aprendizagem a partir de uma imagem controversa e reconhecida como tal pelos estudantes) delimitou novos contornos para a aula propriamente dita. Apesar de conduzirmos os encontros pedagógicos de forma predominantemente expositiva, a discussão com os estudantes sobre os conceitos apresentados foi mais intensa, com maior volume de perguntas e acentuado interesse pela validade da explicação, fatos que não são usuais na nossa prática cotidiana, dadas as tradicionais dificuldades para o planejamento e o desenvolvimento de aulas que fujam da mera exposição de teorias descontextualizadas.

Como citado ao longo do texto, ainda não há um consenso na literatura sobre a discordância cromática relatada. A proposta pedagógica aqui apresentada tomou como base o conceito neurocientífico de constância da cor para tentar resolver a polêmica, em acordo com o trabalho de Gegenfurtner e outros (2015). Contudo, se novas pesquisas demonstrarem que outro mecanismo está por trás da dicotomia, seria necessário uma revisão do referencial teórico adotado. Contudo, a nosso ver, tal revisão não invalidaria a proposta didática. Acreditamos nessa premissa por percebermos que a percepção das cores pelos estudantes se revelou mais uniforme no negativo que na foto original; assim, mesmo que outro mecanismo cerebral esteja por trás da polêmica, a proposta pedagógica acerca do conceito de cor complementar continuaria válida, somente necessitando de uma abordagem teórica suplementar.

Não discutimos em detalhe nesse trabalho um grande foco de interesse oriundo da controvérsia: algumas pessoas conseguem aplicar mecanismos cerebrais compensatórios (tal como a constância da cor) com maior precisão ou habilidade que outras, resultando, por exemplo, em dois grupos de pessoas vendo cores diferentes. Mesmo obras mais completas sobre a neurociência da visão, e.g. Tovée (2008) e Schiller e Tehovnik (2015), não detalham o porquê da melhor funcionalidade de tais mecanismos em pessoas diferentes. Esse fato, a nosso ver, pode ser considerado relevante como questionamento inicial em trabalhos em neurociência, com vistas a um tratamento mais completo da afirmação de que cada pessoa vê o mundo de forma diferente das outras.

A importância do conceito de *modelo* em ciência também poderia estar presente nessa discussão. A título de exemplo, admitimos não sermos capazes de observar as cores refletidas pelos pigmentos do vestido (azul e preto), pois sempre o observamos como branco e dourado. Entretanto, terminamos por aceitar as limitações dos nossos mecanismos de processamento visual a partir do estabelecimento do modelo das cores complementares (fig.4). O estudo científico de diversos fenômenos exige uma aceitação prévia em um modelo, o qual pode vir até mesmo a parecer esotérico, ou levar a conclusões que nossos sentidos não conseguem perceber de forma direta, mesmo quando confrontados com situações do mundo cotidiano, um fato ilustrado de forma simples na imagem que originou esse artigo.

VI. REFERÊNCIAS

- Araújo, J.e Costa, R. (2011). A fúria do Führer: um estudo das estratégias discursivo-pragmáticas presentes num “viral” do Youtube. *Linguagem em (Dis)curso*, 11 (2), pp. 283-309.
- Camargo, E., Bim, C., Olivo, J. e Freire, R. (2009). Disco de Newton multissensorial. *Física na Escola* 10 (2), pp. 36-37.
- Cortel, A. (2008). Yellow: Themagic color. *ThePhysicsTeacher* 46 (2), pp. 121-122.
- Corum, J. (2015)Is that dress white and gold or blue and black? *The New York Times(online)*. Disponível em [\[http://time.com/3725528/dress-explainer-white-gold-blue-black-science/\]](http://time.com/3725528/dress-explainer-white-gold-blue-black-science/). Acesso 07/10/2015.
- Costa, G., Cortese, B., Scurachio, R. e Catunda, T. (2008). Caixa de cores para o estudo de mistura de luzes coloridas. *Física na Escola*, 9 (2), pp. 25-28.
- Cowey, A. e Heywood, C. (1995). There’s more to colour than meets the eye. *Behavioural Brain Research* 71, pp. 89–100.
- Gegenfurtner, K., Bloj, M. e Toscani, M. (2015).The many colours of ‘the dress’. *Current Biology* 25 (13), pp.R523-R525.
- Hughes, S. (2009).What colour is a shadow? *Physics Education*, 44 (3), pp. 292-295.

- Kamata, M. e Matsunaga, A. (2007). Optical experiments using mini-torches with red, green and blue light emitting diodes. *Physics Education* 42 (6), pp. 572-578.
- Kutschera, E., Dunlap, J. Byrd, M., Norlin, C. e Widenhorn, R. (2013). Pulse oximetry in the physics lab: a colorful alternative to traditional optics curricula. *The Physics Teacher* 51 (8), pp. 495-497.
- Lewis, T. (2015). Science of 'the dress': why we confuse white & gold with blue & black. *Live Science (online)*. Disponível em [http://www.livescience.com/50842-dress-debate-color-perception.html]. Acesso: 07/10/2015.
- Loreto, É. e Sartori, P. (2008). Simulação da visão de cores: decodificando a transdução quântica-elétrica. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 25 (2), pp. 266-286.
- Luntz, S. (2015). The science of why this dress looks different colors to different people. *IfScience (online)*. Disponível em [http://www.ifscience.com/brain/explaining-perceptions-dress]. Acesso: 07/10/2015.
- Mak, S. (2006). Light batons offer simple way to demonstrate colour mixings. *Physics Education* 41 (2), pp. 109-110.
- Maroto, J., Valverde, C. e Tejero, J. (2006). Description of additive colour mixing exhibits by using PC-designed Maxwell discs. *Physics Education* 41 (5), pp. 448-452.
- Moraes, C. e Varela, S. (2007) Motivação do aluno durante o processo de ensino-aprendizagem. *Revista Eletrônica de Educação*, v. 1, n. 1, p. 1-15.
- Mota, A. e Santos, J. (2014). Addition table of colours: additive and subtractive mixtures described using a single reasoning model. *Physics Education* 49 (1), pp. 61-63.
- Navrátil, Z. (2007). Observing colours and spectra produced by a digital projector. *Physics Education* 42 (3), pp. 232-233.
- Newton, I. (1730). *Opticks: or, a treatise of the reflections, refractions, inflections and colours of light* (4^aed.). London: William Innys.
Disponível em [http://books.google.com.br/books?id=GnAFAAAAQAAJ&printsec=frontcover&hl=pt-BR&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false]. Acesso: 30/04/2015.
- Nopparatjamojomras, S., Chitaree, R. e Panijpan, B. (2009) A handheld LED coloured-light mixer for students to learn collaboratively the primary colours of light. *Physics Education* 44 (2), pp. 123-128.
- Reid, A. (2008). The physics of the data projector. *Physics Education* 43 (6), pp. 599-602.
- Rogers, A. (2015). The science of why no one agrees on the color of this dress. *Wired (online)*. Disponível em [http://www.wired.com/2015/02/science-one-agrees-color-dress/]. Acesso: 07/10/2015.
- Santos, L. e Pereira, C. (2013). Composição de cores através da calibração radiométrica e fotométrica de LEDs: teoria e experimento. *Revista Brasileira de Ensino de Física* 35 (2), pp. 2314/1-7.
- Saraiva, C. (2008). Recycling makes colour clearer. *Physics Education* 43 (3), pp. 252.
- Schiller, P. e Tehovnik, E. (2015). *Vision and the visual system* (1^aed.). New York: Oxford University Press.
- Silva, M. (2007). Esclarecendo o significado de “cor” em Física. *Física na Escola* 8 (1), pp. 25-26.
- Snowden, R., Thompson, P. e Troscianko, T. (2012) *Basic vision: an introduction to visual perception* (2^aed.). London: Oxford University Press.
- Stout, D. (2015). This may be why you're seeing the dress as white and gold. *Time (online)*. Disponível em [http://time.com/3725528/dress-explainer-white-gold-blue-black-science/]. Acesso 07/10/2015.

Theilmann, F. e Grusche, S. (2013). An RGB approach to prismatic colours. *Physics Education* 48 (6), pp. 750.

Thoms, L., Colicchia, G. e Girwidz, R. (2013). Color reproduction with a smartphone. *The Physics Teacher* 51 (7), pp. 440-441.

Tovée, M. (2008). *An introduction to the visual system*(2^aed).New York: Cambridge University Press.

Ward, R. (2014). Cyanornotcyan? *Physics Education* 49 (1), pp. 16-17.

Wyszecki, G. e Stiles, W. (1982).*Color science: concepts and methods, quantitative data and formulae*(2^aed.). New York: John Wiley & Sons.

Yurumezoglu, K. (2009). An entertaining method of teaching concepts of linear light propagation, reflection and refraction using a simple optical mechanism. *Physics Education* 44 (2), pp. 129-132.