



Possibilidades de diálogo intertextual em uma revisão bibliográfica sobre adição de cores

Intertextual dialogue possibilities in a bibliographic review on the addition of colors

J. L. P. RIBEIRO*¹

¹Instituto Federal de Brasília, Campus Samambaia.

Resumo

A adição de cores recebe grande atenção por parte dos pesquisadores na área de Ensino de Física, fato perceptível pelo grande número de artigos dedicados ao tema. Nesse ensaio, é apresentada uma revisão bibliográfica sobre o tópico, conduzida a partir da literatura presente em seis periódicos da área nos últimos vinte anos. Treze possibilidades de diálogos intertextuais foram construídas, revelando alguns aspectos presentes nos artigos revisados, nos quais se destacaram a inter-relação de conceitos, o desenvolvimento de uma atitude científica, o baixo custo dos experimentos, a facilidade de obtenção dos materiais, a conexão do tema com as novas tecnologias, a relação do experimento com o cotidiano e o caráter lúdico das atividades experimentais.

Palavras-chave: Cor. Óptica. Atividade experimental.

*jairlucio@gmail.com

Abstract

Additive colors receive great attention from Physics education researchers, a fact verified by the large number of articles devoted to the topic. This essay presents a literature review on this topic. The articles were selected from six Physics education journals and were published over the last twenty years. Thirteen possibilities for intertextual dialogues were developed, revealing aspects present in the reviewed articles, in which some stood out: the interrelation of concepts, the development of a scientific attitude, the cost of the experiments, the connection of the theme with the new technologies, the ease of obtaining the materials, the relationship of the experiment with the daily life and the playful character of experimental activities.

Keywords: Color. Optics. Experimental activity.

I. INTRODUÇÃO

Trabalhos acadêmicos diversos, como artigos, teses e dissertações, exigem uma análise prévia da literatura a respeito do tema de pesquisa. Apesar dessa etapa por vezes se revelar exaustiva ou mesmo complexa, sua realização é crucial, por abrir possibilidades de diálogo, interligação e historicidade entre os textos consultados, além de manter os leitores atualizados sobre o status quo da área temática.

Artigos de revisão bibliográfica são publicados desde o século XIX, e suas abordagens mais comuns, por vezes interligadas, são a revisão descritiva das contribuições da literatura sobre um determinado tema e a revisão analítica, centrada em um problema científico particular e sua solução (FIGUEIREDO, 1990). É possível também classificar as revisões a partir da metodologia adotada (SILVEIRA, 1992); assim, uma revisão pode ser expositiva (síntese de vários trabalhos), questionadora (apresenta as perspectivas de pesquisa futura sobre um tema), histórica (registro do desenvolvimento temporal da pesquisa em uma área) ou opinativa (pretende alterar a visão que se tem sobre uma área ou tema).

Tais classificações estanques, embora úteis, se revelam interconectadas: um autor pode iniciar com uma abordagem histórica sobre o tema e se encaminhar para uma visão questionadora ou opinativa, por exemplo. Consideramos que a revisão apresentada no presente artigo se enquadraria como expositiva e questionadora, de acordo com os critérios de classificação constantes defendidos por Silveira (1992).

Revisões bibliográficas possuem ainda um papel determinante, por vezes não percebido, na evidencição dos artigos e trabalhos mais relevantes sobre certo tema de pesquisa. O conjunto de documentos mais citados na literatura de determinada área é nomeado a *frente de pesquisa* desse tema, e essa frente tende a apresentar coincidência com os documentos presentes nas revisões de literatura sobre o tema (BRAGA, 1973). A revisão permite então ao leitor uma atualização rápida e abrangente sobre a *frente de pesquisa* de uma área, trazendo ainda uma orientação de leituras adicionais sobre o tema.

Pode parecer paradoxal, mas a liberdade de intertextualidade presente na confecção de uma revisão bibliográfica pode se mostrar um problema para a sua realização. Escolhas

aleatórias ou mal concebidas podem vir a gerar textos herméticos e confusos, com citações entremeadas de diversos autores, mas sem interconexão entre os mesmos, contribuindo para um baixo entendimento das referências teóricas do trabalho. Um problema adicional advém da facilidade de pesquisa em múltiplos bancos de dados e da possibilidade de cópia de trechos dos artigos consultados com um simples “clique”, trazida pelo advento da computação. Tais comodidades tecnológicas podem induzir a uma multiplicação da transposição de trechos de autores distintos em textos acadêmicos, sem que o necessário diálogo entre as citações se faça presente.

Ao prepararmos a revisão da *frente de pesquisa* sobre experimentos com adição de cores, nos deparamos com vários dos problemas supracitados. Uma evidência das dificuldades era o grande número de artigos voltados a essa temática (superior a quarenta, entre 1998 e 2019). A título de comparação, o espalhamento da luz, crucial para a explicação de fenômenos como a cor azulada do céu ou as cores da lua durante um eclipse, é tratado apenas em seis artigos (SILVEIRA e SARAIVA, 2008; LIEBL, 2010; KRAPAS e SANTOS, 2002; GRATTON et al., 2009; CIOCCA e WANG, 2013; MCINTOSH, 2006) ao longo do mesmo período de tempo.

A nosso ver, essa presença constante do tópico na literatura não é acidental: pesquisadores se voltam para o estudo da adição e subtração cromática devido a uma multiplicidade de fatores qualitativos, cuja identificação foi buscada a partir da leitura atenta dos artigos supracitados. Assim, ao iniciarmos a categorização dos textos a partir da identificação desses fatores, percebemos diversas abordagens e critérios que poderiam nortear essa leitura crítica, com múltiplas possibilidades de relações intertextuais, levando em última instância ao artigo de revisão presente, no qual são apresentados diversos diálogos possíveis subjacentes à *frente de pesquisa*.

II. METODOLOGIA DE REVISÃO

A investigação foi desenvolvida a partir da revisão de artigos entre janeiro de 1998 e dezembro de 2019, publicados em quatro periódicos nacionais¹ e dois internacionais² da área de Ensino de Física. Como critério básico para a seleção dos artigos, buscamos apenas trabalhos voltados de forma específica às cores aditivas e subtrativas ou à relação destas com o espectro contínuo. Assim, excluímos da revisão os artigos dedicados à produção e análise de espectros por meio da difração ou refração.

Os periódicos revisados foram escolhidos por dois critérios: seu escopo e classificação Qualis. Em 2017, quando iniciamos o trabalho de revisão, apenas cinco revistas que contavam com classificação Qualis A ou B na área de Ensino se dedicavam de forma específica ao Ensino de Física (e não ao Ensino de Ciências em geral): Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF, A1), Física na Escola (FnE), Caderno Brasileiro de Ensino de Física (CBEF), Physics Education (PEd) e The Physics Teacher (TPT). Decidimos ainda, na etapa final de confecção desse artigo, incluir também a Revista do Professor de Física (RPF), publicação que acolheu essa revisão, pois apesar da ausência de uma classificação

¹Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF), Física na Escola (FnE), Caderno Brasileiro de Ensino de Física (CBEF) e Revista do Professor de Física (RPF).

²Physics Education (PEd) e The Physics Teacher (TPT)

Periódico	Triênio 2013-2016	Triênio 2017-2020
Caderno Brasileiro de Ensino de Física	A2	A2
Física na Escola	B2	B1
Physics Education	A1	A1
Revista Brasileira de Ensino de Física	A1	A1
Revista do Professor de Física	-	C
The Physics Teacher	A1	B3

Tabela 1: Classificação Qualis dos periódicos revisados na área de Ensino (triênio 2013-2016) e geral (triênio 2017-2020).

Fonte: tabela do autor.

Qualis para o periódico não se alinhar com a classificação inicialmente delineada (dado o recente início das publicações do periódico, cujo primeiro volume é de 2017), seu escopo é comparável às cinco revistas anteriores.

Cabe ressaltar, entretanto, que a classificação Qualis para o triênio 2017 - 2020 ainda não está disponível para acesso público na Plataforma Sucupira. Entretanto, em outubro de 2019, a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) liberou para consulta uma planilha³ com novos Qualis para periódicos de todas as áreas, a princípio de caráter provisório. Nessa nova planilha, não constam mais as classificações Qualis por área, e sim um único número Qualis para o periódico, devido às mudanças no processo de avaliação e qualificação das revistas acadêmicas.

Quando tal planilha foi disponibilizada, nossa revisão já se encontrava bastante adiantada. Fomos tranquilizados ao perceber que, embora a classificação de um periódico tenha sido bastante modificada, ele continuava incluído nos critérios de recorte iniciais, não levando, portanto, a um reinício do processo. Para fins de comparação, apresentamos a Tabela 1, a qual apresenta as classificações dos periódicos revisados nos dois triênios.

Em toda revisão bibliográfica, há um inescapável risco: a eventual exclusão de artigos que deveriam estar presentes na *frente de pesquisa*. Assim, buscamos uma leitura ampla dos periódicos revisados, iniciando com o uso de mecanismos de busca automáticos que nos fornecessem a lista de artigos disponíveis sobre adição de cores, mas refinando a busca em uma pesquisa quase “manual”, a partir da consulta aos resumos individuais dos artigos voltados ao ensino de óptica, no período citado. Mesmo esse processo mais minucioso de seleção, entretanto, pode ter deixado importantes trabalhos ausentes; contudo, conforme defendido por Braga (1973), artigos de revisão possuem coerência com a *frente de pesquisa* da temática estudada, razão pela qual as eventuais ausências não devem trazer preocupação.

A figura 1 apresenta a distribuição das publicações ao longo do período revisado, por ano de publicação. Em média, são publicados dois artigos sobre o tema por ano. Percebe-se, a partir do gráfico, que a produção acadêmica sobre o tópico não é contínua, mas também não se concentra em demasia em um único período, levando a períodos mais intensos de discussão acadêmica. Nesse âmbito, destacamos a vivacidade das pesquisas sobre o tema nos anos mais recentes (entre 2016 e 2019) e no período entre 2006 até 2009. Encaramos

³Planilha disponível em <https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/102/o/Qualis_novos.pdf> .Acesso : 10/03/2020.

essa situação como uma indicação da improbabilidade do esgotamento da discussão, ou seja, acreditamos ser provável que a adição de cores continue rendendo pesquisas futuras e artigos vindouros.

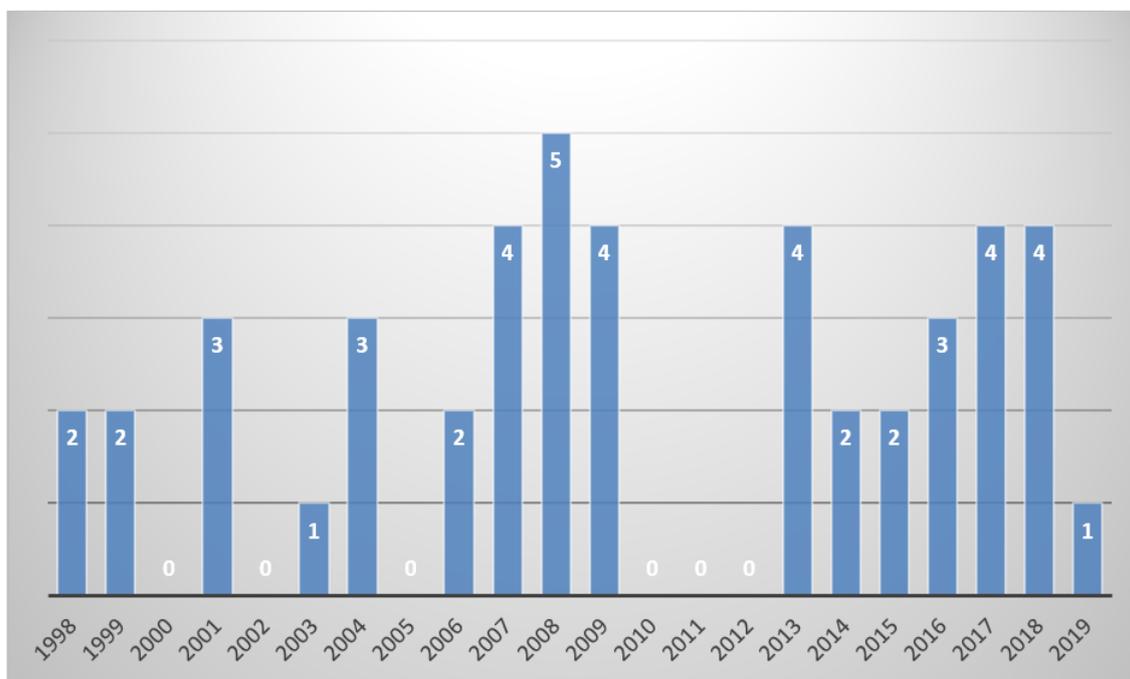


Figura 1: Número de artigos publicados nos periódicos revisados sobre o tema de adição de cores por ano de publicação.

Fonte: Gráfico do autor.

A partir da leitura atenta e reflexiva dos artigos, foram identificados alguns dos possíveis fatores qualitativos que levaram os autores a trabalhar com a adição e subtração de cores, os quais permitiram a construção dos diversos diálogos intertextuais construídos na seção 3. A figura 2 apresenta os fatores percebidos e o número de artigos que os menciona de forma direta ou indireta. Convém frisar que alguns dos fatores elencados poderiam ser reunidos em uma única categoria de análise, tais como o baixo custo e a facilidade de obtenção dos materiais, mas optamos por manter uma maior variedade de critérios de intertextualidade.

Ao contrário de revisões bibliográficas apoiadas sobre um referencial teórico pré-definido, a partir do qual as categorias são criadas a priori, nossas treze categorias de análise surgiram a posteriori. Para isso, utilizamos o software pago WebQDA⁴, o qual é voltado para a codificação de textos para posterior análise qualitativa. A codificação inicial gerou mais de quarenta categorias, as quais foram condensadas por similaridade, resultando nas treze categorias finais que aqui discutimos.

⁴Sítio oficial: www.webqda.net.

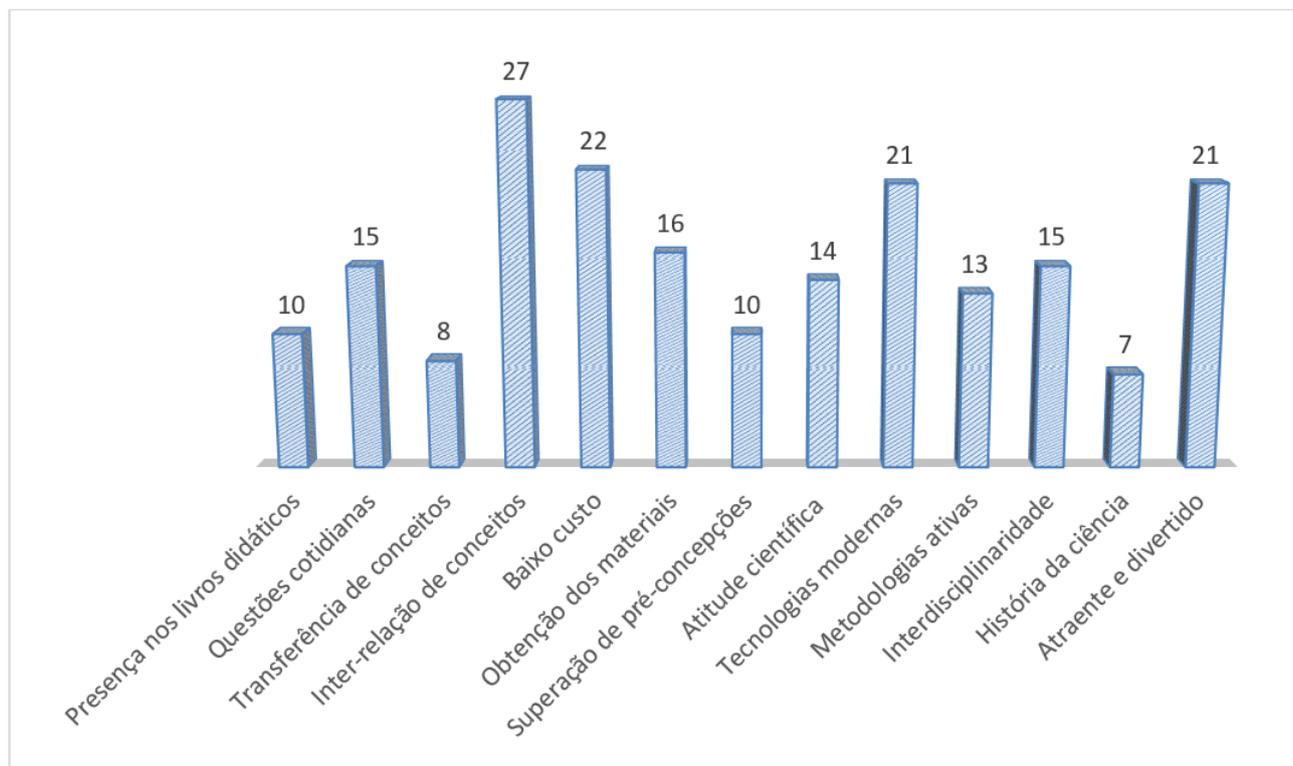


Figura 2: Número de artigos em função das categorias de análise.

Fonte: Gráfico do autor.

III. POSSIBILIDADES DE DIÁLOGO INTERTEXTUAL

A revisão da literatura aqui exposta indicou a existência de diversas razões pelas quais o tema da adição de cores marca presença nos relatos de pesquisa, indo desde causas mais prosaicas (baixo custo dos materiais envolvidos e seu caráter lúdico) até correlações mais profundas na área da educação (superação dos conceitos prévios e inter-relação de conceitos), levando a diversas possibilidades de intertextualidade.

O entrelaçamento do ideário presente nos artigos revisados foi disposto em treze categorias, dentro das quais foi buscado o diálogo entre os autores da literatura consultada. Essa lista de categorias, entretanto, não é prevista como exaustiva, e poderia ser ampliada ou diminuída, pois revisões bibliográficas tendem a permitir uma escolha variada de critérios de classificação, seja qual for o tema escolhido. Por essa relativa flexibilidade, revisões de literatura que seguem a metodologia apresentada nesse trabalho são categorizadas como ensaios, em contraponto aos artigos acadêmicos tradicionais, os quais são dedicados à apresentação dos resultados de uma pesquisa específica.

III.1. PRESENÇA NOS LIVROS DIDÁTICOS

A escolha da adição de cores como objeto de pesquisa pode ter sua raiz nas próprias obras didáticas, ou seja, os livros-texto ou manuais de Física, especialmente aqueles voltados para

o ensino médio ou fundamental. A menção de um tópico nessas obras torna sua discussão ao menos recomendável, como várias referências (WILLIAMSON, 1998; MIDDLETON e SAMPERE, 2001; SILVA, 2007; RUSSELL, 2001; CORTEL, 2004) demonstram: afinal, se as sugestões de demonstrações do fenômeno são abundantes nos livros de Física, parece ser importante tentar conduzi-las junto aos estudantes.

Theilmann e Grusche (2013) corroboram essa tese, mas afirmam que os textos didáticos limitam a discussão, sendo imperativa, portanto, uma demonstração experimental previamente pensada, a fim de não limitar o escopo das ideias apresentadas. A argumentação de Haagen-Schützenhöfer (2017) também segue o mesmo caminho, indicando que a limitada forma de apresentação desse tema nos livros didáticos austríacos poderia até mesmo aprofundar as dificuldades de compreensão por parte dos alunos sobre o mecanismo de produção da luz branca.

Percebe-se ainda que diferentes autores podem se valer dos experimentos sugeridos nas obras didáticas de forma diversa: enquanto Yurumezoglu (2009) prefere adaptar sugestões anteriores presentes nos livros-texto, Costa et al. (2008) propõem ao leitor a busca por fontes adicionais para discussões mais aprofundadas de fenômenos envolvendo cores. Silva e Medeiros Jr. (2017), por sua vez, partem de uma questão clássica de livros didáticos, sobre a percepção visual das cores da bandeira brasileira quando iluminada por cores diferentes, para construir dois experimentos (um “real” usando lâmpadas e um “virtual” com o uso um software) para mostrarem quão limitadas (e mesmo errôneas) são as discussões existentes em livros didáticos brasileiros de Física.

III.2. RESPOSTAS AOS QUESTIONAMENTOS COTIDIANOS

A necessidade de uma pesquisa pode se originar em perguntas frequentes do cotidiano. Assim, chega a ser previsível que diversos questionamentos relacionados à cor apareçam, especialmente por parte dos estudantes, pois os mesmos estão cercados de cor em qualquer ambiente. No artigo de Henrique et al. (2019), o estudo da adição de cores se deve, segundo os autores, justamente pelo forte apelo visual e presença cotidiana que as cores possuem junto aos estudantes. É também sobre tal contexto que Haagen-Schützenhöfer (2017) constrói sua proposta de pesquisa, entendendo que as características da iluminação influenciam nossas sensações visuais, especialmente no tocante à cor de um objeto.

Uma questão cotidiana que emergiu em três artigos é a coloração das sombras. Para resolver tal questão, Yurumezoglu (2009) propõe a construção de um equipamento que permita que o próprio aluno chegue a tal resposta (a qual é positiva: sombras possuem cores). A proposta do autor é similar às encontradas em outros artigos (COSTA et al., 2008; HUGHES, 2009), embora estes últimos abordem a mesma questão com diferente tratamento teórico e experimental.

Os mecanismos biofísicos da visão em cores também se incluem entre as questões cotidianas estudadas (LORETO e SARTORI, 2008.). Em particular, o texto de Maule e Featonby (2016) trata a adição de cores sobre o ponto de vista das deficiências da visão em cores, das quais a mais conhecida é o daltonismo. Os autores argumentam que mesmo que tal problema atinja ao menos um em cada doze jovens do sexo masculino, raramente são feitos ajustes nos experimentos sobre cores para alunos com tais deficiências.

Outros temas cotidianos transparecem nos artigos revisados, como a caracterização de uma cor pelo seu comprimento de onda (SILVA, 2007), a inexistência de estrelas da cor verde (DIONISIO e DIONISIO, 2007) ou a coloração de pixels em telas de cristal líquido (LCD) de smartphones (THOMS et al., 2013). Entretanto, a correta identificação das cores primárias, secundárias e complementares é o mais comum dos questionamentos que os autores buscam responder em seus trabalhos, sendo a motivação principal de pesquisa na maioria dos artigos (SILVA e TOPA, 2001; NOPPARATJAMOJOMRAS et al., 2009; NAVRÁTIL, 2007; PLANINŠIČ, 2004; MOTA e SANTOS, 2014) que se dedicam a responder as perguntas típicas dos estudantes, mesmo que estas não sejam as principais motivações de pesquisa desses autores.

III.3. TRANSFERÊNCIA DE CONCEITOS CIENTÍFICOS PARA A VIDA COTIDIANA

A interação entre o conhecimento científico e o informal pode ser conflitante, vindo a ser uma preocupação de pesquisadores que buscam uma melhor transferência ou aplicação do cabedal científico no cotidiano. Esse é o foco explícito de Yurumezoglu (2009) na sua apresentação sobre as relações entre as cores e também de Kamata e Matsunaga (2007), os quais defendem que os estudantes devem compreender como a ciência dita “escolar” se aplica em suas vidas. O artigo de Campos et al. (2017) corrobora essa abordagem: para os autores, o professor não pode deixar de apresentar a importante ligação entre o mecanismo da visão e a forma como os objetos são vistos.

Nopparatjamomras et al. (2009) propõem que a observação direta de um fenômeno leva à melhor compreensão da sua aplicação, ponto de vista compartilhado por outros autores (HUGHES, 2009; NAVRÁTIL, 2007). Outros autores (COSTA et al., 2008; MOTA e SANTOS, 2014) defendem uma proposta complementar: observar o fenômeno, preferencialmente de forma interativa, mas é igualmente relevante perceber como este está incorporado em tecnologias cotidianas, como televisões e impressoras. Por fim, Silva (2007) ainda mostra como o uso errôneo da linguagem pode afetar a compreensão de um conceito, no caso, a aparente sinonímia entre cor e comprimento de onda, a qual só pode ser feita para o comprimento de onda no vácuo.

III.4. INTER-RELAÇÃO DE CONCEITOS

Um tópico pode se revelar interessante para o pesquisador se possuir uma inter-relação com outros conceitos, às vezes correlatos ou pertencentes ao mesmo campo de conhecimento, ou bastante distintos em origem. As cores aditivas representam um frutífero manancial de conceitos dos dois tipos descritos. Temas inter-relacionados como a interação entre luz e matéria (YURUMEZOGLU, 2009), luz e sombra (HUGHES, 2009), a decomposição de luz em discos compactos (CATELLI, 1999) e a ausência de certas cores no sistema RGB (NAVRÁTIL, 2007), por exemplo, já eram esperados, por sua correlação direta com a adição de cores.

Entretanto, a diversidade das pesquisas demonstra que o mesmo tema pode ajudar a se estabelecer a relação entre radiometria, fotometria e colorimetria (SANTOS e PEREIRA, 2013), a relação entre sofisticados conceitos da eletrônica e óptica (REID, 2008), a demonstração dos

princípios da luminescência (BAZAK e SZEWCZYK, 2019) ou a influência da concentração de uma substância na capacidade de absorção da luz por um meio (KUTSCHERA et al., 2013), temáticas incomuns nas abordagens tradicionais das cores aditivas. Escopos diferenciados também são encontrados no artigo de Middleton e Sampere (2001) sobre alinhamento de polarizadores e sua influência na intensidade da luz e também no trabalho de Ward (2014) sobre a variação da cor de um LED com a corrente elétrica.

Outro grupo de trabalhos se dedica a elucidar e correlacionar os aspectos físicos e biológicos associados à cor, especialmente os processos cerebrais e fisiológicos envolvidos (WILLIAMSON, 1998; COSTA et al., 2008; LORETO e SARTORI, 2008.). Ao abordarem o tema, Mota e Santos (2014) consideram a cor apenas como uma resposta sensorial à luz, ideia igualmente defendida por Reid (2008), o qual demonstra sensibilidade ao criar analogias sonoras dessa percepção visual para apresentar a óptica para deficientes auditivos, e vice-versa.

Diferenciar os conceitos de cor, frequência e comprimento de onda, frequentemente confundidos no cotidiano, também é uma motivação de pesquisa (THEILMANN e GRUSCHE, 2013; YURUMEZOGLU, 2009; COSTA et al., 2008; HUGHES, 2009; LORETO e SARTORI, 2008; DIONISIO e DIONISIO, 2007; THOMS et al., 2013; SILVA e TOPA, 2001; NOPPARATJAMOJOMRAS et al., 2009). Na mesma linha de investigação, a observação da cor amarela a partir de luz monocromática ou policromática é discutida por quatro fontes (RUSSELL, 2001; PLANINŠIČ, 2004; CORTEL, 2008; LINCOLN, 2018), enquanto Silva e Topa (2001) conduzem abordagem similar para o magenta.

O perene questionamento sobre a existência da “cor branca” é outra seara para a inter-relação de conceitos, desde a discussão sobre a cor branca das estrelas e a consequente inexistência de estrelas verdes (DIONISIO e DIONISIO, 2007), até a investigação da relação entre a coloração branca e o sistema de persistência visual (MAK, 2006) ou o questionamento sobre a conexão entre a velocidade de rotação de um disco de Newton e a “pureza” do branco (SARAIVA, 2008). Pesquisa similar à última é encontrada em outra fonte (MAROTO et al., 2006), estendendo a discussão para a visualização de outras cores.

III.5. BAIXO CUSTO

A própria fala dos professores de Física demonstra que o custo do aparato experimental é muitas vezes o fator determinante na seleção de um projeto de pesquisa (LABURÚ, 2005). Várias investigações descritas nos artigos revisados no presente artigo são financiadas pelo próprio professor ou pesquisador, levando à imperativa necessidade de custos reduzidos de confecção do experimento (LORETO e SARTORI, 2008.).

Advém daí a considerável quantidade de trabalhos que citam as vantagens de se trabalhar de forma experimental com a adição de cores. Os equipamentos necessários são comumente baratos, e Hughes (2009) chega a considerar o custo do experimento nulo (apesar do aparato em questão envolver um computador).

Em certa medida, a leitura dos artigos se revela um leilão às avessas, com promessas de custo cada vez menor, especialmente se a aparelhagem for produzida em grandes quantidades (NOPPARATJAMOJOMRAS et al., 2009). A lista de itens utilizados se assemelha a um bazar de secos e molhados, dada a sua variedade: caixas com lâmpadas (YURUMEZOGLU,

2009), discos de papel impressos em casa (MAROTO et al., 2006), CDs usados (CATELLI, 1999), moldes de plástico para lâmpadas LED (KAMATA e MATSUNAGA, 2007), lâmpadas incandescentes e filtros coloridos (CAMPOS et al., 2017), bastões festivos luminosos (MAK, 2006; PARSONS, 1998), garrafas PET e sucos em pó (CAMARGO et al., 2009), lâmpadas de sódio (CORTEL, 2008), apontadores laser (RUSSELL, 2001) e bolas de pingue-pongue (PLANINŠIČ, 2004). Mas o vencedor dessa concorrência pelo menor preço é sem dúvida o trabalho de Cortel (2004), o qual propõe a demonstração da adição de cores a partir de uma “turbina” de papel cartão posta a girar com um sopro.

A rapidez da obsolescência tecnológica também colabora para a diminuição dos custos (SARAIVA, 2008): já é possível utilizar em um experimento de adição de cores um projetor digital com mais de uma década de uso (COCKMAN, 2002), adquirido por um custo irrisório quando comparado a um aparelho atual, com resultados de extrema nitidez, os quais podem ser melhorados com a adição de lentes e redes de difração simples (NAVRÁTIL, 2007). Até mesmo um projetor quebrado (REID, 2008) é passível de ser adaptado para a experimentação com adição de cores. Os antigos projetores de slides, caso ainda estejam funcionais, podem servir como potentes fontes luminosas (COSTA et al., 2008; TAYLOR, 2004), com bons resultados. A onipresença de smartphones dos estudantes em sala de aula a partir da última década também é uma vantagem para a redução de despesas, e seu uso nas demonstrações e análises é incentivado (THOMS et al., 2013).

III.6. FACILIDADE DE OBTENÇÃO DOS MATERIAIS

Não basta um item ser barato: é necessário que sua obtenção seja simples para que a pesquisa seja viabilizada. Tal facilidade de aquisição está associada às condições de cada país ou região: adquirir uma rede de difração didática em cidades maiores ou países mais desenvolvidos é provavelmente mais fácil do que em regiões mais carentes de recursos.

Mesmo considerando a ressalva acima, percebe-se na literatura revisada um favorecimento a experimentos e pesquisas cujos materiais estejam à disposição prévia do professor ou que possam ser adquiridos sem dificuldades, sendo familiares aos estudantes (KAMATA e MATSUNAGA, 2007). Mais da metade dos artigos consultados considera importante tal disponibilidade de materiais, daí as sugestões de experimentos com lâmpadas coloridas (YURUMEZOGLU, 2009; CORTEL, 2008), projetores de slides (COSTA et al., 2008; TAYLOR, 2004), projetores digitais (NAVRÁTIL, 2007; REID, 2008; COCKMAN, 2002), discos e cartões de plástico ou papel (CORTEL, 2004; CATELLI, 1999; SARAIVA, 2008; MAROTO et al., 2006), essências aromáticas (CAMARGO et al., 2009), câmeras digitais (HUGHES, 2009) e bastões luminosos (MAK, 2006).

III.7. SUPERAÇÃO DO CONHECIMENTO PRÉVIO

O conhecimento informal ou prévio representa por vezes um obstáculo à correta absorção ou uso de uma teoria. No tratamento da adição e subtração de cores, esse conhecimento anterior é usualmente adquirido em aulas de arte (SILVA e TOPA, 2001; PLANINŠIČ, 2004; WOOLF, 1999), sendo gerada uma notória dificuldade na diferenciação entre cores primárias (vermelho, verde e azul, o popular sistema RGB) e pigmentos primários (ciano, magenta

e amarelo). É comum também que os estudantes acreditem que as cores primárias são vermelho, amarelo e azul (NOPPARATJAMOJOMRAS et al., 2009) ou que luz branca e luz solar representem conceitos diferentes (HAAGEN-SCHÜTZENHÖFER, 2017).

Pelo exposto, percebe-se que parte dos autores revisados se dedica a propor estratégias ou experimentos visando à superação desse conhecimento prévio, com a correta compreensão dos conceitos científicos envolvidos. Costa et al. (2008) afirmam que tal entendimento pode ser aplicado a tecnologias diversas, como televisões ou impressoras, enquanto o artigo de Theilmann e Grusche (2013) conduz a discussão para a interpretação de espectros com diferentes resoluções ou graus de saturação. Kamata e Matsunaga (2007), entretanto, apresentam o melhor exemplo de como a superação do conhecimento prévio pode ser recompensadora, nas palavras de um estudante, surpreso ao ser capaz de produzir luz branca a partir da cor azul.

Outra pré-concepção comum entre os estudantes é de que as cores-luz se “misturam” com as cores-pigmento durante a reflexão, gerando a cor observada. Para superar essa pré-concepção errônea, Lincoln (2018) demonstra experimentalmente como a coloração observada de um mesmo objeto muda quando ele está submetido à luz verdadeiramente monocromática (um laser amarelo) ou à imitação policromática (luz amarela resultante da adição de vermelho e verde). Essa também é a preocupação de Silva e Medeiros Jr. (), os quais também trabalham com a cor exibida por um objeto quando o cenário de iluminação é alterado.

III.8. DESENVOLVIMENTO DE ATITUDES CIENTÍFICAS

Entende-se por atitude científica, no contexto desse trabalho, o conjunto de atividades típicas da pesquisa acadêmica, como a possibilidade de prever resultados e discuti-los em um momento posterior, a capacidade de observação de um fenômeno conjugado à sua explicação, a construção e aplicação de modelos teóricos ou experimentais, a possibilidade de generalização de um conceito ou resultado, a aplicação de habilidades analíticas dos resultados encontrados, o estabelecimento de relações causa e efeito, entre outros.

Tendo tal definição em mente, observa-se que a possibilidade de conduzir atividades com os estudantes que despertem esse posicionamento crítico típico das atividades científicas é um fator relevante para vários pesquisadores que escolhem trabalhar com a adição de cores. Percebe-se que esse comportamento por parte dos alunos é usualmente mencionado nas conclusões dos trabalhos revisados, indicando uma razão de relevância para a pesquisa. Nopparatjamojomras et al. (2009) resumem como a atitude científica pode ser percebida: segundo os autores, os estudantes observaram o experimento, discutiram seus resultados e modificaram suas visões prévias a partir das evidências experimentais.

As indicações do desenvolvimento da atitude científica por parte dos estudantes são notadas pelos pesquisadores em diferentes formas e momentos. Por exemplo, uma demonstração permitiu uma maior interação entre os estudantes e o professor (COSTA et al., 2008), com melhora do grau de questionamento. Já uma discussão teórica (SILVA e TOPA, 2001) permitiu o estabelecimento de três diferentes pontos de vista para uma justificativa. Outra referência (RUSSELL, 2001) afirma que mesmo que o resultado do experimento já seja esperado, ainda assim ele poderá se revelar surpreendente, permitindo sua posterior

rediscussão. Já Silva e Medeiros Jr. (2017) listam ainda mais razões pelas quais experimentos são decisivos em situações de aprendizagem, em particular o fato de proporcionarem uma visão mais clara dos fenômenos e ajudarem na construção da autonomia dos estudantes.

A comparação entre o conhecimento científico (objetivo) e o cotidiano (subjetivo) também é estimulada pelos experimentos sobre adição de cores (KAMATA e MATSUNAGA, 2007), assim como o desenvolvimento de métodos de análise para calcular as proporções relativas de cada cor em uma mistura (MAROTO et al., 2006), um método de previsão das cores dos pixels de uma tela colorida (SANTOS e PEREIRA, 2013) ou a diferente sensibilidade visual que pessoas podem possuir ao observarem as cores vermelha ou verde (LINCOLN, 2018). O uso de um modelo pré-estabelecido para responder perguntas antes de observar o resultado de um experimento (MIDDLETON e SAMPERE, 2001; MAK, 2006) também faz parte do rol de atitudes científicas que podem ser estimuladas nos alunos.

Os modelos em ciência podem ser mentais, não necessitando de uma contraparte material, fato que Mota e Santos (2014) se apropriam para a introdução do fenômeno da cor. A aplicação de um modelo simples na resolução de questionamentos progressivamente mais complexos também pode ser conduzida a partir do estudo das cores aditivas (THEILMANN e GRUSCHE, 2013). E ainda que o experimento não revele os resultados quantitativos esperados, o objetivo da experimentação pode ser alcançado (LORETO e SARTORI, 2008.), demonstrando os limites de aplicação de um modelo científico.

III.9. METODOLOGIAS ATIVAS DE APRENDIZAGEM

Entende-se por metodologias ativas de ensino-aprendizagem aquelas estratégias que proponham desafios concretos a serem superados pelos estudantes, tornando-os sujeitos na construção do conhecimento (WALL et al., 2008). Entre elas, incluem-se os debates, células de pensamento, aprendizado colaborativo em grupo, desenvolvimento e análise de atividades experimentais, jogos em classe, entre outras.

A maioria dos textos incluídos nesse tópico considera importante que o próprio estudante interaja com o experimento proposto, por vezes buscando a aprendizagem significativa (COSTA et al., 2008). Entre as metodologias ativas identificadas, há sugestões para que os próprios estudantes construam o aparelho experimental (PLANINŠIČ, 2004) ou que os mesmos pesquisem sobre a aparelhagem na internet (MAROTO et al., 2006) e tentem refazer o experimento em casa (KAMATA e MATSUNAGA, 2007). Já Cortel (2008) acredita que os alunos devem buscar construir modelos de previsão para a interpretação dos resultados de experimentos com lâmpadas monocromáticas e policromáticas, ponto de vista similar ao exposto por Mak (2006).

A proposta de Carvalho e Hahn (2016) envolve jogos em classe, e o autor relata que, mais do que a diversão propiciada aos estudantes por poderem competir com seus colegas, a relevância dessa metodologia se deve ao resultado: os alunos, na visão do autor, aprenderam muito mais do que se tivessem estudado o tema da adição de cores apenas pelo livro-texto. Para uma maior interação dos alunos com o experimento e uma postura ainda mais crítica, outros autores propõe simulações que permitem uma maior interação do aluno com um conteúdo interdisciplinar (LORETO e SARTORI, 2008.), ou ainda que os estudantes escolham livremente softwares gráficos em seus próprios smartphones para a interpretação dos dados

(THOMS et al., 2013; KARABEY et al., 2018).

Segundo Nopparatjamojomas et al. (2009), as metodologias ativas pressupõem que os aprendizes cheguem às suas próprias conclusões sobre cores primárias aditivas a partir da interpretação do experimento, sem exposição prévia ao conteúdo. Essa situação, de autonomia dos estudantes com relação ao estudo do tema, também transparece no artigo de Campos et al. (2017), que nos relata que uma metodologia ativa de aprendizagem exige preparo e estudo por parte dos próprios estudantes, tanto para as atividades práticas em si quanto para as sistematizações subsequentes.

III.10. USO OU EXPLICAÇÃO DE TECNOLOGIAS MODERNAS

Incorporar à pesquisa ou às atividades didáticas tecnologias modernas ou que façam parte do cotidiano dos estudantes se mostra também uma preocupação por parte dos pesquisadores. Tecnologias obsoletas podem ser mais baratas, mas aparatos modernos tendem a ser mais atraentes, se bem utilizados. Silveira e Barthem (2016) assim resumem a importância de incorporar discussões sobre novas tecnologias em sala de aula:

A relevância de se compreender as novas tecnologias, que já estão incorporadas em nosso dia a dia, deriva da necessidade de formação de um cidadão contemporâneo, atuante e solidário, com instrumentos para intervir e participar na realidade. (SILVEIRA e BARTHEM, 2016, p. e3502-1)

Enquanto alguns artigos se propõem a apresentar a presença de processos de adição de cores nessas tecnologias, como telas de celulares (THOMS et al., 2013) projetores digitais (THEILMANN e GRUSCHE, 2013; REID, 2008; COCKMAN, 2002; SUN e WANG, 2019), espectrofotômetros (KUTSCHERA et al., 2013), CDs (CATELLI, 1999), apontadores laser (LINCOLN, 2018) ou lâmpadas LED (SANTOS e PEREIRA, 2013), outros trabalhos apenas utilizam os aparatos modernos como materiais para a construção do experimento, sem preocupação com o detalhamento do seu funcionamento.

A segunda abordagem é a predominante quando o artigo propõe a construção de um experimento para a adição de cores envolvendo lâmpadas LED ao invés das tradicionais (LORETO e SARTORI, 2008; NOPPARATJAMOJOMRAS et al., 2009; KAMATA e MATSUNAGA, 2007; WARD, 2014), mas sem explicar o processo de emissão de luz por tais lâmpadas. O mesmo se verifica quando da transformação de um disco rígido em um disco de Newton (SARAIVA, 2008) ou no uso do software Corel PhotoPaint para a confecção de discos de Maxwell (MAROTO et al., 2006).

Artigos mais recentes trazem ainda uma nova preocupação: a aprendizagem de princípios de programação, os quais podem ser usados para modificar os experimentos de adição de cores. É o caso de Bazak (2019), que utiliza um módulo Arduino para controle das lâmpadas presentes no experimento, levando a diversas possibilidades de modificação da atividade experimental pela reprogramação. Segundo Carvalho e Hahn (2016), por exemplo, os estudantes desenvolveram rapidamente um interesse pela linguagem de programação utilizada pelos autores no experimento. O artigo defende ainda que a programação é uma forma efetiva de promover o pensamento crítico formal e a criatividade.

Também transparece em textos mais recentes o uso de aplicativos para abordar o tema da adição de cores: Maule e Featonby (2016) cita a possibilidade de uso de aplicativos que simulam a forma como um daltônico observa as cores, enquanto Ruiz e Ruiz (2015) desenvolveram seu próprio aplicativo em HTML para apresentar a adição cromática. Já o artigo de Karabey et al. (2018) mostra como a inversão de cores, uma ferramenta presente em qualquer smartphone moderno, pode ser usada para apresentar a diferença entre cores-luz e cores-pigmento primárias.

III.11. INTERDISCIPLINARIDADE

A demanda por um ensino que integre os temas da Física com diferentes disciplinas e pontos de vista diversos já está estabelecida na literatura acadêmica (ZANETIC, 1997; GUERRA et al., 1998). Estudos sobre a cor e sua composição oferecem várias oportunidades para essa integração, o que pode significar uma razão adicional para a escolha de uma pesquisa sobre o tema. No trabalho de Loreto e Sartori (2008) encontra-se uma defesa explícita da interdisciplinaridade implícita do tema:

A diversidade de institutos de pesquisa e de profissionais envolvidos corresponde a esta demanda: neurocientistas, psicofísicos, bioquímicos, físicos e biólogos, colaboram com esforços interdisciplinares para uma melhor compreensão dessa complexa interação entre matéria e energia. (Loreto e Sartori, 2008, p.268)

A mais evidente vinculação interdisciplinar é com as Artes visuais, principalmente a pintura e a impressão em papel, e não é acidental que essa relação seja explicitada com frequência na literatura (COSTA et al., 2008; WARD, 2014; WOOLF, 1999; THEILMANN e GRUSCHE, 2013), muitas vezes ressaltando que o conhecimento artístico prévio pode trazer dificuldades à compreensão correta da teoria aditiva das cores primárias do sistema RGB.

No trabalho de Ruiz e Ruiz (2015), encontramos outras áreas além das Artes nas quais a adição de cores apresenta caráter interdisciplinar. Os autores citam a engenharia eletrônica na produção de monitores, os processos de impressão caseiros ou industriais, a fotografia digital e até mesmo o tema das bases em Matemática, lembrando que a representação de cores em um computador segue uma base hexadecimal⁵.

No Ensino de Física, ganhou destaque na última década o uso da abordagem STEAM⁶, por definição interdisciplinar. Nos artigos de Karabey et al. (2017) e Yurumezoglu et al. (2018), nos quais há relatos de trabalhos realizados sob a vertente STEAM, há uma integração entre o estudo da adição de cores e a teoria de conjuntos, um tópico importante na Matemática básica.

Interligações com áreas de estudo da Biologia também são comuns (THEILMANN e GRUSCHE, 2013; KUTSCHERA et al., 2013; CAMARGO et al., 2009; SILVEIRA e BARTHEM,

⁵Por exemplo, a cor vermelha é representada pelo código hexadecimal FF0000 no sistema de cores RGB.

⁶STEAM é um acrônimo para Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics (Ciência, Tecnologia, Engenharia, Arte e Matemática).

2016), principalmente porque o entendimento da adição de cores passa pelo processo de captação e interpretação de cores na visão humana. Entretanto, as conexões interdisciplinares encontradas na literatura possuem um espectro ainda mais amplo, abrangendo desde campos de estudo próximos à Física como a radiometria, colorimetria e fotometria (SANTOS e PEREIRA, 2013), processamento digital de imagens (REID, 2008), programação de computadores (CARVALHO e HAHN, 2016) e se estendendo até a filosofia (MOTA e SANTOS, 2014).

III.12. CONEXÃO COM A HISTÓRIA DA CIÊNCIA

A investigação sobre a natureza física, sensorial ou psicológica da cor possui interessantes desdobramentos históricos no passado, os quais podem servir como motivação para a apresentação e discussão do fenômeno com os estudantes. Consideramos que esse fator não possui a atratividade esperada para os pesquisadores, sendo citado em poucos artigos, fato que nos surpreendeu, dada a importância que é conferida à presença da História da Ciência no ensino da Física por diversos autores (MARTINS, 2007; MATTHEWS, 1995; ROBILOTTA, 1988).

Apesar desse relativo desinteresse, algumas propostas emergiram na literatura. Assim, encontramos em Maroto et al. (2006) um relato histórico abrangente sobre a cor, interligando as ideias de Newton, Young, Brewster e Maxwell, contribuindo para a desmistificação da ciência como uma criação individual. O papel de Young e Helmholtz na definição de quais seriam as reais cores-luz primárias também é detalhado por Silveira e Barthem (2016). Já a repetição do Experimentum Crucis de Newton, mostrando a decomposição das cores através de um prisma, acompanhada de seu contexto histórico, é sugerida como atividade didática por Costa et al. (2008), enquanto Maule e Featonby (2016) apresentam um relato histórico sobre o daltonismo, resgatando o primeiro artigo de John Dalton sobre o tema, escrito em 1794.

Já é tradicional, no estudo da mecânica, o jargão do “aluno aristotélico”, mas o retorno ao pensamento de Aristóteles para elucidar as crenças dos estudantes sobre o conceito de cor é uma abordagem pouco usual (MOTA e SANTOS, 2014), assim como as propostas dos artigos (THEILMANN e GRUSCHE, 2013; WOOLF, 1999), os quais se preocupam em elucidar as semelhanças e diferenças entre as ideias de Newton e Goethe, um autor pouco citado em textos de Física, mas cuja teoria sobre a cor forma ainda hoje a base do entendimento sobre a visão colorida humana, após ter sido complementada pelos estudos de Young e Helmholtz.

III.13. ATRAENTE E DIVERTIDO

Ensinar a partir de atividades lúdicas é uma alternativa defendida por pesquisadores (RAMOS e FERREIRA, 1993; SILVEIRA e SANTOS, 2007) para transformar as aulas de ciências em ambientes mais descontraídos, que favoreçam a investigação ou o questionamento por parte dos próprios estudantes. Não chega a ser surpreendente, portanto, que o tema da adição e subtração de cores se apresente relevante por suas intrínsecas características lúdicas para um grande número de pesquisadores, a qual pode ser resumida nessa constatação: “o resultado da adição de cores é sempre fascinante para os estudantes jovens” (CARVALHO e

HAHN, 2016, p.244).

Alguns dos artigos revisados são mais enfáticos nesse fator de relevância, ressaltando que uma exibição visual espetacular tem propósitos educativos intrínsecos (MAROTO et al., 2006), que o entendimento sobre a luz seduz a humanidade e ajuda a explicar fenômenos cotidianos (SILVA e MEDEIROS Jr., 2017) e que os professores devem buscar métodos inovadores e atraentes que correlacionem a pesquisa e o Ensino de Física (MOTA e SANTOS, 2014). Já Yurumezoglu (2009), por sua vez, afirma que um experimento que traga entretenimento ajuda a construir o conhecimento sobre a adição de cores e a interação entre a matéria e a energia.

Um componente típico do humor é a surpresa, e o uso de materiais inusitados pode tornar o estudante mais interessado. Como exemplo, encontramos uma bola de pingue-pongue mudando de cor (MIDDLETON e SAMPERE, 2001; PLANINŠIČ, 2004), apontadores laser vermelhos e verdes produzindo a cor amarela (RUSSELL, 2001), pastilhas de chocolate MMs mudando de cor (LINCORN, 2018; HENRIQUE et al. 2019); bastões fluorescentes e cartões de papel girando com mudança de coloração (CORTEL, 2004; PARSONS, 1998), a “mágica” dos diferentes amarelos (CORTEL, 2008) e uma combinação de sucos de diferentes sabores como analogia para a adição de cores (CAMARGO et al., 2009). Todos esses exemplos podem se revelar fenômenos instigantes para os aprendizes, tornando a apresentação mais atraente.

Aulas consideradas divertidas não devem ser confundidas, entretanto, com espetáculos: a diversão pode se dar a partir da construção do aparato instrumental no laboratório ou em clube de ciências (KAMATA e MATSUNAGA, 2007; SARAIVA, 2008), da facilidade em realizar a atividade experimental (SUN e WANG, 2019), do trabalho colaborativo entre os estudantes (NOPPARATJAMOJOMRAS et al., 2009), de alterações na configuração do experimento para conseguir efeitos mais surpreendentes (Yurumezoglu et al., 2017) ou ainda por uma maior interação entre o professor e os alunos (COSTA et al., 2008). Mak (2006) ressalta que o trabalho com cores aditivas, ao contrário de outros assuntos de estudo, permite um ensino mais divertido por ser possível inverter a ordem usual de construção do conhecimento, ou seja, ao invés de se apresentar a teoria e depois o experimento que a justifica, os estudantes podem construir o conhecimento a partir da observação prévia.

IV. CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS

As possibilidades de intertextualidade apresentadas nesse trabalho não esgotam a gama de discussões sobre a adição das cores. A afinidade do pesquisador com o tema de pesquisa, o grau de profundidade presente nos artigos, a necessidade de recursos humanos ou tecnológicos, entre outros, poderiam também estar listados.

Os diálogos construídos permitem demonstrar que alguns critérios de discussão são mais relevantes para uma revisão bibliográfica, por permitirem maior interação entre os textos. Nesse aspecto, se destacam o uso e explicação de novas tecnologias, o desenvolvimento de uma atitude científica, o custo dos experimentos, a facilidade de obtenção dos materiais, a relação do experimento com o cotidiano e o caráter lúdico das atividades experimentais. Há, entretanto, uma relativa carência de artigos que se dediquem a apresentar uma conexão do tema da adição cromática com a história da ciência ou que se preocupem em transformar o

conhecimento prévio dos estudantes. Tal carência é creditada por nós como casuística (i.e. típica do fenômeno em estudo), principalmente no tocante à história da ciência.

A elaboração do trabalho apresentado terminou por se mostrar quase metalinguística: ao conduzirmos a revisão bibliográfica sobre o tema da adição das cores, nos sentimos compelidos a incluir a discussão do papel dessas revisões em trabalhos de Ensino de Ciências. Tal abordagem traz, a nosso ver, uma possibilidade de conexão entre o campo de estudo da Biblioteconomia e do Ensino de Ciências, sendo essa correlação virtualmente inexistente na literatura consultada.

REFERÊNCIAS

Bazak, J.; Szewczyk, G. Arduino-based light source used to demonstrate mixing of colors and as a simple system for luminescence observations. *Physics Education* 54 (2), 023005 (2019).

Borrajo, T.; Coelho, A. Uma proposta investigativa para o ensino de cores. *Revista do Professor de Física* 2 (1), 23 (2018).

Braga, G. Relações bibliométricas entre a *frente de pesquisa* (research front) e revisões da literatura: estudo aplicado à Ciência da Informação. *Ciência da Informação* 2 (1), 9 (1973).

Camargo, E.; Bim, C.; Olivo, J. Freire, R. Disco de Newton multissensorial. *A Física na Escola* 10 (2), 36, 2009.

Campos, A.; Batista, W.; Souza, T. Luz, cor e visão: Uma proposta de ensino por investigação. *A Física na Escola* 15 (1), 41 (2017).

Carvalho, P.; Hahn, M. A simple experimental setup for teaching additive colors with Arduino. *The Physics Teacher* 54 (4), 244 (2016).

Catelli, F. Demonstre em aula: projeção de espectros com um CD e retroprojektor. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* 16 (1), 123 (1999).

Ciocca, M.; Wang, J. By the light of the silvery moon: fact and fiction. *Physics Education* 48 (3), 360 (2013).

Cockman, J. A bright color mixer. *The Physics Teacher* 40 (9), 553 (2002).

Cortel, A. Simple experiments on perception of color using cardboard turbines. *The Physics Teacher* 42 (6), 377 (2004).

Cortel, A. Yellow: The Magic Color. *The Physics Teacher* 46 (2), 121 (2008).

Costa, G.; Cortese, B. Scurachio, R. Catunda, T. Caixa de cores para o estudo de mistura de luzes coloridas. *A Física na Escola* 9 (2), 25 (2008). Dionisio, P.; Dionisio, G. Já lhe

perguntaram... Por que não existem estrelas verdes? *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* 24 (1), 50 (2007).

Figueiredo, N. Da importância dos artigos de revisão da literatura. *Revista Brasileira de Biblioteconomia e Documentação* 23 (1), 131 (1990).

Gratton, L. Lopez-Arias, T.; Calza, F.; Oss, S. The whiteness of things and light scattering. *Physics Education* 44 (4), 411 (2009).

Guerra, A.; Freitas, J.; Reis, J.; Braga, M. A interdisciplinaridade no ensino das ciências a partir de uma perspectiva histórico-filosófica. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* 15 (1), 32 (1998).

Haagen-Schützenhöfer, C. Students' conceptions on white light and implications for teaching and learning about colour. *Physics Education* 52 (4), 044003, (2017).

Henrique, F.; Tomazio, N.; Rosa, R.; Souza, A.; DAlmeida, C.; Sciuti, L.; Garcia, M.; Henrique, L. Luz à primeira vista: um programa de atividades para o ensino de óptica a partir de cores. *Revista Brasileira de Ensino de Física* 41 (3), e20180223 (2019).

Hughes, S. What colour is a shadow? *Physics Education* 44 (3), 292 (2009).

Kamata, M.; Matsunaga, A. Optical experiments using mini-torches with red, green and blue light emitting diodes. *Physics Education* 42 (6), 572 (2007).

Karabey, B.; Koyunkaya, M.; Enginoglu, T.; Yurumezoglu, K. Discovering complementary colors from the perspective of Steam education. *Physics Education* 53 (3), 035001, (2018).

Krapas, S.; Santos, P. Modelagem do espalhamento Rayleigh da luz com propósitos de ensino e de aprendizagem. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* 19 (3), 341 (2002).

Kutschera, E.; Dunlap, J. Byrd, M.; Norlin, C.; Widenhorn, R. Pulse oximetry in the physics lab: a colorful alternative to traditional optics curricula. *The Physics Teacher* 51 (8), 495 (2013).

Laburú, C. Seleção de experimentos de física no ensino médio: uma investigação a partir da fala de professores. *Investigações em Ensino de Ciências* 10 (2), 161 (2005).

Liebl, M. Blue skies, coffee creamer, and Rayleigh scattering. *The Physics Teacher* 48 (5), 300 (2010).

Lincoln, J. Introducing the yellow laser. *The Physics Teacher* 56 (2), 124 (2018).

Loreto, E.; Sartori, P. Simulação da visão das cores: decodificando a transdução quântica-elétrica. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* 25 (2), 266 (2008).

- Mak, S. Light batons offer simple way to demonstrate colour mixing. *Physics Education* 41 (2), 109 (2006).
- Maroto, J.; Valverde, C.; Tejero, J. Description of additive colour mixing exhibits by using PC-designed Maxwell discs. *Physics Education* 41 (5), 448 (2006).
- Martins, A. História e Filosofia da Ciência no ensino: Há muitas pedras nesse caminho... *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* 24 (1), 112 (2007).
- Matthews, M. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* 12 (3), 164 (1995).
- Maule, L.; Featonby, D. Colour vision deficiency and physics teaching. *Physics Education* 51 (3), 035005 (2016).
- Mcintosh, G. A simple photometer to study skylight. *The Physics Teacher* 44 (8), 540 (2006).
- Middleton, A.; Sampere, S. Color mixing via polarization. *The Physics Teacher* 39 (2), 123 (2001).
- Mota, A. Santos, J. Addition table of colours: additive and subtractive mixtures described using a single reasoning model. *Physics Education* 49 (1), 61 (2014).
- Navrátil, Z. Observing colours and spectra produced by a digital projector. *Physics Education* 42 (3), 232 (2007).
- Nopparatjamojomras, S.; Chitaree, R.; Panijpan, B. A handheld LED coloured-light mixer for students to learn collaboratively the primary colours of light. *Physics Education* 44 (2), 123 (2009).
- Parsons, L. As easy as R, G, B. *The Physics Teacher* 36 (6), 347 (1998).
- Planini, G. Color mixer for every student. *The Physics Teacher* 42 (3), 138 (2004).
- Ramos, E.; Ferreira, N. O desafio lúdico como alternativa metodológica para o ensino da física. *Atas do X Simpósio Nacional de Ensino de Física*, 374 (1993).
- Reid, A. The physics of the data projector. *Physics Education* 43 (6), 599 (2008).
- Robilotta, M. O cinza, o branco e o preto-da relevância da história da ciência no ensino da física. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* 5 (n. esp.), 7 (1988).
- Ruiz, F.; Ruiz, M. Color addition and subtraction apps. *The Physics Teacher* 53 (7), 423

(2015).

Russell, L. Color mixing with lasers. *The Physics Teacher* 39 (8), 475 (2001).

Santos, L.; Pereira, C. Composição de cores através da calibração radiométrica e fotométrica de LEDs: teoria e experimento. *Revista Brasileira de Ensino de Física* 35 (2), 2314/1 (2013).

Saraiva, C. Recycling makes colour clearer. *Physics Education* 43 (3), 252 (2008).

Silva, A.; Topa, P. A magenta gap in the colour wheel. *Physics Education* 36 (1), 71 (2001).

Silva, L.; Medeiros Jr, R. As cores da bandeira brasileira em diferentes cenários de iluminação. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* 34 (2), 603 (2017).

Silva, M. Esclarecendo o significado de "cor" em física. *A Física na Escola* 8 (1), 25 (2007).

Silveira, A.; Santos, K. Abordagens lúdicas no ensino de física enfocando a educação ambiental: relato de uma experiencia no ensino fundamental. *A Física na Escola* 8 (2), 36 (2007).

Silveira, F.; Saraiva, M. O "encolhimento" das sombras. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* 25 (2), 228 (2008). Silveira, M. V.; Barthem, R. B. As cores na natureza: uma proposta para o ensino de óptica ondulatória. *Revista Brasileira de Ensino de Física* 38 (3), e3502 (2016).

Silveira, R. *A organização textual do discurso científico da revisão*. Tema 16 (1), 99 (1992).

Sun, W.; Wang, J. Demonstration for additive colors by defocus blur. *The Physics Teacher* 57 (7), 498 (2019).

Taylor, B. The proof of the colour is in the projection. *Physics Education* 39 (4), 324 (2004).

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

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

Wall, M.; Prado, M.; Carraro, T. La experiencia de realizar una Práctica de Docencia aplicando metodologías activas. *Acta Paulista de Enfermagem* 21 (3), 515 (2008).

Ward, R. Cyan or not cyan? *Physics Education* 49 (1), 16 (2014).

Williamson, R. Filters for color mixing. *The Physics Teacher* 36 (1), 22 (1998).

Woolf, L. Confusing color concepts clarified. *The Physics Teacher* 37 (4), 204 (1999).

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

Yurumezoglu, K.; Karabey, B.; Koyunkaya, M. Shadows constructing a relationship between light and color pigments by physical and mathematical perspectives. *Physics Education* 52 (2), 025008, (2017). Zanetic, J. Física e literatura: uma possível integração no ensino. *Cadernos Cedes: Ensino da Ciência, Leitura e Literatura* 41, 46 (1997).
