

Luz, cor e visão: Uma proposta de ensino por investigação



Alexandre Campos

Unidade Acadêmica de Física,
Universidade Federal de Campina
Grande, Campina Grande, PB, Brasil
E-mail:
alexandre.campos@df.ufcg.edu.br

Wellington Batista de Sousa

E.E. Miguel Munhoz Filho, Diretoria
Sul 2, SEE, SP, Brasil
E-mail: modernaif@gmail.com

Tadeu Nunes Souza

E.E. Profa. Fanny Monzone Santos,
Diretoria Osasco, SEE, SP, Brasil
E-mail:
tadeu.nunes.souza@terra.com.br

Introdução

O objetivo deste artigo é relatar uma experiência ocorrida em três escolas da rede pública do Estado de São Paulo. O conteúdo tratado foi a interação entre luzes e pigmentos, desenvolvido em três atividades: 1) interação entre luz e pigmento; 2) interação entre luz e luz e 3) interação entre pigmento e pigmento. A abordagem didático-pedagógica foi a de ensino por investigação, através do desenvolvimento e aplicação de uma Sequência de Ensino Investigativo (SEI).

A SEI desenvolvida tinha por finalidade responder a quatro questões: (a) Como deslocar o aluno de uma posição passiva, própria de aulas expositivas, para uma posição ativa? (b) Como problematizar uma situação de ensino que privilegie a apreensão do conceito *cor* como resultado da interação entre luz-pigmento e não como uma propriedade, intrínseca, do pigmento do corpo? (c) Que tipo de atividade propor e como propor? (d) Como sistematizar o problema inicial e a atividade proposta, de modo que a discussão não seja descharacterizada durante o processo de ensino-aprendizagem?

Para responder a tais questões, uma SEI deve considerar aspectos epistemológicos do fazer ciência e aspectos cognitivos. Para Carvalho [1], uma SEI se fundamenta em paradigmas piagetianos e vygostianos:

Uma SEI deve ter algumas atividades-chave: na maioria das vezes, inicia-se com um problema, experimental ou teórico, contextualizado, que introduza os alunos no tópico desejado e ofereça condições

para que pensem e trabalhem as variáveis do fenômeno científico central do conteúdo programático [1, p. 9].

A espinha dorsal de uma SEI deve conter: (a) etapa de distribuição do material experimental e a proposição do problema pelo professor; (b) etapa da resolução do problema pelos alunos; (c) etapa de sistematização dos conhecimentos elaborados nos grupos e, finalmente, (d) etapa de escrever e/ou desenhar.

O público-alvo para a aplicação da SEI é o que frequenta a rede pública de ensino, na modalidade regular ou ensino de jovens e adultos. De forma geral, os alunos dessas escolas são de baixa renda e compatibilizam o trabalho com os estudos, conforme constatado durante as aplicações da SEI nas escolas dos professores-autores.

Os professores-autores que elaboraram e aplicaram essa SEI fazem parte do grupo de pesquisa do LaPEF/FEUSP e são docentes em escolas públicas da rede pública do Estado de São Paulo, no Ensino Médio, lecionando a disciplina Física. No LaPEF, esse grupo de professores participa de pesquisas relacionadas à Introdução da Física Moderna e Contemporânea (FMC) em sala de aula e no desenvolvimento de atividades e sequências de ensino, sob a orientação de professores e

pesquisadores da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo.

O público-alvo para a aplicação da SEI é o que frequenta a rede pública de ensino, na modalidade regular ou ensino de jovens e adultos. De forma geral, são pessoas de baixa renda e compatibilizam o trabalho com os estudos, conforme constatado durante as atividades nas escolas realizadas pelos professores

As atividades

A fim de discutirmos o conteúdo, desenvolvemos três atividades que tornassem possível problematizar a cor como interação entre pigmento e luz. Cada uma delas apresentava um problema explícito ou

O artigo relata uma experiência bem sucedida de uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI), realizada por professores de Escola Pública. Foram trabalhados conceitos de luz, pigmentos e suas interações. O público-alvo era composto de alunos e alunas do Ensino Médio.

implícito. A primeira delas foi a observação da caixa de cores; a segunda, consistiu na mistura de pigmentos; e a terceira na mistura de luzes. Os materiais utilizados foram: a caixa de cores (Anexo 1), guache (verde, vermelho e azul) e lâmpadas coloridas (verde, vermelho e azul). Cada uma das etapas da SEI está descrita a seguir.

Etapa 1 da SEI: distribuição do material e a proposição do problema

O objetivo dessa etapa é distribuir o material para o experimento/observação e a proposição do problema. O primeiro passo é organizar os alunos em pequenos grupos de três ou quatro pessoas. Cada uma das atividades tinha um pequeno problema a ser pensado. Esses problemas, assim como cada uma das atividades, podem ser trabalhados individualmente. Além de cada um dos problemas, de cada uma das atividades, há o problema principal (interação entre luz e pigmento) que permeia e direciona todas as atividades. O problema principal é tratado de maneira bastante sutil, sem que o coloque de maneira explícita. A atuação do professor é extremamente importante, elaborando questionamentos a partir das observações, incentivando a interação entre os alunos, levando-os à construção de hipóteses. Destaca Sasseron [2, p. 139] que:

As discussões entre os alunos onde se ressaltam diferentes hipóteses e diferentes pontos de vista sobre uma mesma questão possibilitam que o conhecimento seja construído em colaboração entre eles, ou seja, permitem que ideias advindas de outras ocasiões sejam mencionadas e, possivelmente, utilizadas como forma de oferecer mais coesão aos elementos discutidos [2, p. 139].

Etapa 2 da SEI: resolução dos problemas pelos alunos

O objetivo dessa etapa é favorecer a investigação e a resolução do problema principal, assim como cada problema de cada atividade. Lembrando que o problema central visa levar os alunos a perceberem a *cor* como interação entre luz e pigmento e não como propriedade exclusiva do pigmento. Explicaremos abaixo cada uma das três atividades.

Atividade 1: mistura de pigmentos

Nessa atividade os alunos são orientados a se organizarem em pequenos grupos. Cada grupo recebe um conjunto, contendo três frascos de guache colorido (verde,

vermelho e azul), um palito de sorvete ou um pequeno pincel e algumas folhas em branco (Fig. 1).

Com os materiais em mãos, perguntamos aos alunos o que ocorrerá ao misturarmos os guaches (pigmentos). Posto o problema, solicitamos que misturem os pigmentos, primeiro de dois a dois (verde com vermelho, verde com azul, vermelho com azul) e depois os três. Pedimos que esperem que as tintas sequem. Após a secagem, reorganizamos a disposição dos alunos (organização em “U”). A ideia dessa organização é favorecer a interação entre os alunos. Solicitamos que descrevam o processo, assim como a cor-pigmento resultante (Fig. 2). Espera-se que os alunos relatem que a mistura final (ou a “cor-pigmento resultante”) é algo próximo ao preto. Durante essa etapa da atividade o papel do professor é o de instigar os alunos em suas observações e no levantamento de hipóteses sem, no entanto, explicitar os fenômenos físicos envolvidos.

Atividade 2: mistura de luzes

Nessa atividade o professor utilizará três lâmpadas coloridas: vermelha, verde e azul. O objetivo é levar os alunos a perceberem que a cor resultante da mistura de luzes de lâmpadas e a mistura de pigmentos não é a mesma. Para isso, o professor pergunta aos alunos: o que deve ocorrer se em vez de se combinar tintas, fossem combinadas luzes? Será que, nesse caso, também seria observado algo próximo do preto?

De posse das lâmpadas coloridas, o professor ilumina uma parede branca com uma das lâmpadas coloridas. Pergunta a eles o que enxergam e porque enxergam a parede daquela cor. Em seguida, o professor refaz a demonstração com duas



Figura 1: Guache, pincel e folhas.

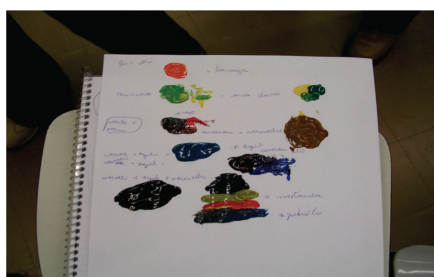


Figura 2: Mistura de pigmentos.

lâmpadas e, depois, com as três (Fig. 3). É conveniente que se misture as lâmpadas duas a duas, de forma que os alunos percebam as interações resultantes. Outra atividade que pode ser explorada nesse momento é a de solicitar que um dos alunos fique de costas a uma das lâmpadas e que os colegas tentem explicar as sombras coloridas na parede. Sobre essa temática ver Refs. [3, 4].

Atividade 3: Interação entre luz e pigmentos

A terceira atividade é a interação entre luz e pigmentos. Após a percepção de que a mistura de pigmentos é diferente da mistura de luzes, a pergunta que se faz é: como definir (ou o que define) a cor de um objeto? Em um pequeno canto da lousa, o professor anota as concepções dos alunos.

É apresentada à turma a caixa de cores (Anexo 1) [3]. O professor explica a situação, explicitando que a tarefa/problema é a de descobrir a *cor real* das figuras geométricas, após serem iluminadas por uma luz vermelha, verde e azul, uma a uma. Outra opção é utilizar uma única lâmpada incandescente, de baixa potência, e filtros coloridos (verde, vermelho e azul) feitos com papelão e papel celofane. O próximo passo é o da organização dos grupos e a entrega da *Ficha de observação da caixa de cores* (Anexo 2). O professor desenha as mesmas figuras geométricas na lousa para organizar as observações (Fig. 4).

Os grupos são orientados a escolherem um representante para olhar as figuras, por um pequeno orifício da caixa (Fig. 5). Nesse momento o professor coloca um dos filtros, digamos o verde, e o aluno descreve a *cor* em que enxerga cada uma das figuras. A cor observada é anotada na lousa, enquanto os grupos copiam na coluna Observação 1 na *Ficha de observação da caixa de cores*. O segundo grupo envia seu representante para observar as figuras e anotar na lousa as cores observadas; os grupos copiam na coluna Observação 2.

O filtro verde é substituído pelo vermelho. O representante do terceiro grupo faz as observações. As *cores* das figuras geométricas são anotadas na lousa e os



Figura 3: Mistura de luzes.



Figura 4: Sistematização das observações na lousa.



Figura 5: Aluno observando as figuras coloridas.

grupos copiam na coluna Observação 3. O representante do quarto grupo, idem; os grupos copiam na coluna Observação 4. O professor coloca o último filtro (azul) e as observações continuam.

Após as observações, é o momento de sistematizar o conteúdo tratado na atividade. Os alunos devem ser estimulados a relacionarem as cores observadas com a cor da luz. Não se espera resposta pronta, mas que, através da manifestação argumentativa, comecem a perceber a condição da cor como relação entre pigmento e luz. Caso tenham dificuldade em perceber essa relação, o professor pode trazer novos questionamentos com a finalidade de auxiliar a formação do conceito; exemplos: “Como essa atividade se relaciona com as outras duas?”; “por que vocês usam papel celofane colorido nas lâmpadas da escola, na festa do folclore?”; “qual é a função do plástico colorido da lâmpada de seta do carro?”.

Etapa 3 da SEI: sistematização da luz, cor e visão

Após a mistura de pigmentos e luzes e da apresentação da caixa de cores, os alunos encontram-se motivados e curiosos para entenderem, afinal, os fenômenos observados. Como esse assunto é de difícil compreensão, e contraria suas concepções cotidianas, convém retomá-lo através das discussões entre os grupos, partindo das hipóteses levantadas por eles e anotadas na lousa pelo professor durante a execução das atividades.

Cada grupo elabora suas explicações, sistematizando as informações em cartazes que serão afixados na lousa. Os grupos passam a explicar suas hipóteses. A pertinência, ou não, das explicações deve ser conduzida pelo professor, no sentido de que os alunos sejam capazes de explicar o que se observou.

Feitas as apresentações e discussões, o professor entrega o último material: o texto de apoio *O que é a cor?* Esse texto aproximará os conteúdos trabalhados nas atividades com as explicações científicas do conteúdo cor. Se preferir, o professor pode complementar a sistematização do tema com o uso de *Power Point*. Tal recurso pode facilitar a recuperação dos momentos que ocorreram ao longo das atividades, traçando um paralelo entre as observações e as hipóteses que os alunos levantaram, e o que a teoria das cores afirma.

Sugerimos que o professor chame a atenção dos alunos para o complexo mecanismo da visão, destacando seus principais elementos: a retina, os bastonetes e os cones – responsáveis pela decodificação da luz e sua cor e que enviam as informações ao cérebro através do nervo óptico. Esse tópico pode ser explorado com maior ou menor abrangência dependendo da quantidade de aulas e da disponibilidade do programa.

Entretanto, convém que o professor não deixe de apresentar aos alunos a ligação importante entre a visão e a forma como enxergamos os objetos ao nosso redor. Dependendo da série em que a sequência for aplicada, o professor pode fazer uso dos conceitos de frequência e comprimento de onda. Na Ref. [5], por exemplo, é apresentado um estudo sobre a percepção da cor ser mais facilmente associada ao seu comprimento de onda, em vez da sua frequência, em decorrência da familiaridade que temos com o nanômetro e não com o terahertz.

Outro detalhe importante fica quanto ao uso dos filtros que fazem uma seleção das cores que podem atravessá-lo, e, portanto, absorvem as demais cores. Nesse momento o professor pode chamar a atenção para os processos de reflexão, absorção e transmissão que, estão presen-

tes na caixa de cores e que em conjunto com a visão, permitem explicar corretamente a questão inicial sobre cor, luz e visão.

Reação dos alunos

Após a realização das atividades da SEI e das sistematizações, percebe-se na fala dos alunos e em seus argumentos a surpresa quanto ao fato de as cores obser-

Os alunos devem ser estimulados a relacionarem as cores observadas com a cor da luz. Não se espera resposta pronta, mas que, através da manifestação argumentativa, comecem a perceber a condição da cor como relação entre pigmento e luz

vistas serem o resultado da interação da luz com os pigmentos dos objetos. Com isso, parecem tomar consciência do fato de a cor observada não ser propriedade intrínseca nem só do objeto, nem só da luz. Acabam percebendo a impor-

tância da luz branca na verificação da cor dos objetos. A mesma observação ocorre em relação à parede branca da sala de aula, onde as luzes das lâmpadas coloridas foram projetadas. Em diversos momentos das discussões, os alunos questionam acerca da interação entre luz e pigmentos, indicando um momento propício para reflexões intrapessoais na busca por respostas.

Destacamos que as atividades podem ser exploradas de diferentes formas. No nosso caso, os alunos tiveram papel ativo, exigindo preparo e estudo para que as atividades e sistematizações fossem desenvolvidas de forma adequada. Também ressaltamos a importância do professor

Após a realização das atividades da SEI e das sistematizações, percebe-se na fala dos alunos e em seus argumentos, a surpresa quanto ao fato das cores observadas serem o resultado da interação da luz com os pigmentos dos objetos

como um orientador e organizador da SEI, agindo sobre ela de forma que a mesma tenha suas partes executadas dentro do tempo proposto. A SEI aqui apresentada foi elaborada para ser realizada em um período de quatro aulas

de 50 minutos, podendo sofrer alterações conforme os objetivos do programa de ensino do professor.

Notas

1. Este trabalho é uma adaptação das atividades desenvolvidas na dissertação de mestrado descrita na Ref. [6]. Essa adaptação foi aplicada (e replicada) em situação real em escolas públicas do Estado de São Paulo pelos professores autores do artigo.

Agradecimento

Agradecemos à Fapesp pelo financiamento, através do Programa Ensino Público.

Anexo 1 - Construção da caixa de cores

Materiais utilizados

- 1 caixa de madeira ou papelão com tampa;
- Papel *color set* preto (ou papel camurça ou tinta preta) para forrar a caixa por dentro;
- Figuras (triângulo, seta, etc.) que podem ser feitas com papel branco e colorido (seda);
- 1 soquete para lâmpada;
- 1 fio com tomada;
- Cola, estilete e papelão;
- Lâmpada de 40 W;
- Fita isolante preta;
- Papel celofane (ou plástico colorido) nas cores verde, vermelho e azul para os filtros.

Montagem

- Forre a parte interna da caixa com papel preto, inclusive a parte interna da tampa, de modo a minimizar reflexões internas.
- Recorte aproximadamente 6 figuras coloridas, como por exemplo: um triângulo verde, uma seta azul, uma estrela vermelha, um quadrado branco etc. Cole essas figuras em uma das faces internas da caixa (Fig. a).



Figura a: Figuras coloridas no interior forrado com papel preto.

- Encaixe, do lado oposto da caixa, o soquete da lâmpada com a tomada e os fios. Use lâmpada de baixa potência e evite deixar muito tempo ligada para não esquentar demais o papel celofane de que o filtro é feito. É conveniente a utilização de um interruptor.
- Monte uma 'embalagem' parecida com aquelas de proteção encontradas nas lâmpadas incandescentes nos supermercados. Essa embalagem servirá para direcionar a incidência luminosa à parede com as figuras coloridas (Fig. b).
- Com o papel celofane e papelão faça três filtros coloridos (um vermelho, um verde e outro azul) de modo a serem encaixados no paralelepípedo. Use fita isolante preta para fixar esses filtros (Fig. c).



Figura b: Caixa forrada vista de cima.



Figura c: Filtros coloridos.

- Faça um pequeno orifício que servirá para a observação dos alunos pouco acima da posição em que a lâmpada foi fixada (Fig. d).



Figura d: Orifício na caixa e filtros coloridos.

Anexo 2 - Ficha de observação da caixa de cores

Nome		N°	
Série		Grupo n°	
Cores observadas			
Figuras	Observação 1	Observação 2	Observação 3
+			
△			
○			
☆			
⬡			
➔			

Referências

- [1] A.M.P. de Carvalho, in: *Ensino de Ciências por Investigação: Condições para Implementação em Sala de Aula*, organizado por Anna Maria Pessoa de Carvalho (Cengage Learning, São Paulo, 2013), p. 1-20.
- [2] L.H. Sasseron, in: *Argumentação e Ensino de Ciências*, organizado por Silvana Souza do Nascimento e Christian Plantin (Editora CRV, Curitiba, 2009).
- [3] G.G.G. Costa, B.A. Cortese, R. Scurachio e T. Catunda, *Física na Escola* **9**(2), 25 (2009).
- [4] F.F. da Silveira e R. Axt, *Física na Escola* **8**(1), 17 (2007).
- [5] M.F.F. Silva, *Física na Escola* **8**(1), 25 (2007).
- [6] J.G. de O. Brockington, *A Realidade Escondida: A Dualidade Onda-Partícula para Estudantes do Ensino Médio*. Dissertação de Mestrado. Programa Interunidades em Ensino de Ciências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.