

PLANO DE AULA SOBRE A TEORIA DAS CORES DE ISAAC NEWTON COM ABORDAGEM CONSTRUTIVISTA.

Marco Adriano Dias [marco_adriano@yahoo.com.br]
João José Fernandes de Sousa [jjose@if.ufrj.br]

Instituto de Física – Universidade Federal do Rio de Janeiro

Resumo

Apresenta-se uma proposta de aula para o Ensino Médio¹ sobre a teoria das cores, que reúne estratégias oriundas de pesquisa bibliográfica acerca do processo de ensino-aprendizagem e discutidas em monografia do curso de Licenciatura em Física da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Os pontos centrais da abordagem são: *i*) a utilização de uma avaliação de cunho diagnóstico, para que o professor conheça o universo dos alunos e utilize os resultados como subsídio no desenvolvimento da aula, *ii*) o uso de experimentos e demonstrações sobre os fenômenos da cor e *iii*) o preenchimento de questionários tipo P-O-E (Previsão – Observação – Explicação) como complemento de cada demonstração. As perguntas do questionário diagnóstico buscam discutir concepções sobre: a visão e a tríade fonte de luz, objeto e imagem, a composição espectral da luz, a relação luz e calor e absorção e reflexão. As demonstrações são realizadas a partir de kits construídos artesanalmente pelo autor, visando reproduzir os experimentos realizados por Isaac Newton e interpretados pela sua Teoria das Cores. No questionário P-O-E o aluno responde uma mesma pergunta desafiante em três momentos distintos: antes da demonstração, quando o professor expõe o problema e pede que o aluno faça uma previsão (P) do que vai acontecer; durante a demonstração, quando o aluno responde por escrito o que ele observa (O) ao assistir a demonstração do fenômeno físico; quando o aluno, após a discussão do conteúdo físico, redige sua explicação (E) do fenômeno. O objetivo dessa abordagem é conduzir o aluno ao confronto de suas concepções, ingênuas ou não, do fenômeno físico através de desafios que engajem o seu raciocínio no processo de ensino-aprendizagem.

1- INTRODUÇÃO

Dentre as teorias da educação que têm sido discutidas nos cursos de licenciatura, a construtivista é a que mais se tem mostrado de difícil aplicação pelos professores do Ensino Médio, em parte pela novidade em sua utilização em sala de aula e por outro lado pela insistência em algumas instituições de ensino em adotar o modelo tradicionalista que vem sendo balizado pelos exames vestibulares do país.

No ensino de física, nota-se um aumento da utilização de experimentos em sala de aula, devido à formação do licenciando, que inclui cursos de instrumentação para o ensino, e devido à grande quantidade de informações disponíveis principalmente em sítios da internet sobre a construção de equipamentos experimentais de baixo custo. Entretanto a simples demonstração de experimentos em sala de aula não é suficiente para se alcançar um bom resultado, precisando o professor descobrir formas para que o aluno interaja com o experimento.

¹Aula laureada com o Prêmio Talento-Professor do Ensino Médio, em concurso promovido pela Universidade Estácio de Sá, em maio de 2006, no Rio de Janeiro.

Neste trabalho, é discutida uma forma de associar a utilização de experimentos no ensino de física com a construção do conhecimento em sala de aula. Para isso foi utilizada a metodologia dos questionários P-O-E (P – *previsão*; O – *observação*; E – *explicação*), onde através da confrontação entre as concepções espontâneas dos alunos sobre o fenômeno físico abordado na aula, neste caso a Teoria das Cores de Isaac Newton, e as concepções científicas são alcançados bons resultados no processo de ensino-aprendizagem.

A fim de evidenciar as concepções espontâneas dos alunos sobre o tema, foi elaborado um questionário para avaliação diagnóstica. As questões foram feitas a partir das pesquisas em Ensino de Física que levantaram as concepções espontâneas sobre o tema luz e visão (Goulart et al, 1989; Gircoreano e Pacca, 2001).

Conhecendo as concepções espontâneas, elaborase o questionário P-O-E. Nesse tipo de questionário uma mesma pergunta, relacionada à descrição do fenômeno físico a ser demonstrado, é inquirida em três momentos distintos:

Antes da demonstração o professor informa sobre o experimento e o procedimento experimental com a utilização de figuras na lousa. Nessa hora é pedido aos alunos para prever o que irá acontecer e justificar essa *previsão* (P). Em geral, essa resposta, por escrito, ocorrerá de acordo com as suas concepções, já que é exigido do professor atuar de forma não indutiva.

Durante a demonstração, quando é pedido ao aluno para realizar uma *observação* (O) e responder novamente à mesma pergunta: descreva o fenômeno físico.

Caso a resposta O esteja em desacordo com a resposta P, o aluno será levado a pensar no motivo da divergência. Nesse momento o aluno faz uma *explicação* (E) sobre os aspectos físicos relevantes para a sua previsão, discutindo com seus colegas em busca de uma adequação entre o fenômeno físico observado e a explicação feita com a utilização de seus próprios conceitos.

No questionário P-O-E o conhecimento científico pode ser construído em sala de aula através do confronto cognitivo entre as concepções espontâneas dos alunos e as concepções científicas. As possibilidades de êxito com uma aprendizagem significativa aumentam.

Os passos abaixo são uma sugestão das ações necessárias para a elaboração de uma aula segundo esta metodologia.

I – Escolha do tema e preparação dos kits de demonstração experimental.

II - Elaboração da avaliação diagnóstica para levantamento das concepções espontâneas dos alunos.

III – Elaboração do questionário P-O-E a partir do que os alunos pensam sobre o tópico relacionado.

IV – Avaliação do processo de ensino-aprendizagem.

2- CONJUNTOS EXPERIMENTAIS PARA A DEMONSTRAÇÃO DA TEORIA DAS CORES

Para a execução do plano de aula, foram construídos três conjuntos experimentais de demonstração:

2.1 – Kit de dispersão da luz branca através de um prisma (aquário), para exibir a faixa visível do espectro da luz e efetuar a subtração de cores usando filtros.

A primeira demonstração foi a do fenômeno da dispersão da luz branca em suas componentes espectrais. O material usado na confecção do experimento é listado abaixo:

MATERIAL	ESPECIFICAÇÕES
Caixa de papelão	Tipo caixa de sapato
Bocal para lâmpada	Para 110/220V
Lâmpada tipo spot	150-200W
Fio e tomada	Com bitola suficiente
Duas lâminas de barbear	gillette
Aquário	Feito com vidro de 3 ou 4 mm e aresta de 15 cm.
Papel gelatina verde	4 cm x 8 cm
Papel gelatina azul	4 cm x 8 cm
Papel gelatina vermelho	4 cm x 8 cm

A caixa de sapatos será de onde sairá o feixe de luz colimado. Para isso deve-se prender o bocal da lâmpada em uma das suas faces internas e na face oposta construir uma fenda de 5 mm de largura por 30 mm de altura. Nesta fenda serão colados pela face externa os pedaços de gillette a fim de se obter uma fenda com alinhamento preciso (figura 1). A lâmpada mais apropriada é do tipo spot, pois concentra o pincel de luz na direção da fenda.

Como dispersor, é usado um aquário em formato de cubo com 15 cm de aresta, que pode ser montado ou comprado. Para montar deve-se solicitar a um vidraceiro que corte as faces de vidro, cuja espessura mais adequada é de 3 ou 4mm. As faces são coladas com silicone.

Se o local da demonstração puder ser escurecido o suficiente, projeta-se o espectro numa parede branca. Caso contrário, deve-se projetar o espectro no fundo de uma caixa de papelão que pode ser escurecida com uma alguma facilidade.



Figura 1: Caixa que produz um feixe de luz colimado



Figura 2: A caixa e o aquário

2.2 – Kit com lâmpadas nas três cores-luz primárias para a adição e subtração de cores

Neste experimento, três lâmpadas nas cores vermelha, verde e azul são direcionadas para um anteparo branco. A mistura das cores resulta em branco. Ao se interpor seletivamente os fechos de luz surge m no anteparo figuras de interseção das cores por adição e por subtração.

MATERIAL	ESPECIFICAÇÕES
Lâmpada spot vermelha	40W
Lâmpada spot verde	40W
Lâmpada spot azul	40W
Três luminárias	Com direção regulável
Cartolina preta	Fosca
Três bocais	110-220V
Tomada	110-220V
Caixa de madeira	40cm x 20cm x 15cm
Acetato transparente	50cm x 50 cm



Figura 3: Kit das cores-luz primárias

2.3 – Caixa de luz monocromática verde e vermelha para a observação da absorção e reflexão de cores em pigmentos.

A montagem experimental consiste de uma caixa onde são instalados três bocais com lâmpadas branca, verde e vermelha, ligadas a interruptores separados. A seguir a lista de material:

MATERIAL	ESPECIFICAÇÕES
Caixa de madeira	30cm x 25cm x 15cm
Três bocais para lâmpada	110-220V
Três interruptores de meio de fio	110-220V
Lâmpada incandescente branca	40W
Lâmpada spot vermelha	40W
Lâmpada spot verde	40W
Colorget preto	Fosco
Fio adequado	1,5m
Tomada	110-220V

Dois cuidados devem ser tomados durante a montagem e demonstração do experimento. O primeiro é a vedação da tampa para não entrar a luz ambiental. Uma solução possível é aplicar fita de velcro nas bordas onde a tampa descansa. O segundo é a vedação da lâmpada spot. Essas lâmpadas possuem a face colorida, mas a lateral é transparente, o que pode comprometer o resultado da demonstração. A solução encontrada foi pintar as laterais transparentes da lâmpada com tinta spray colorget preto-fosco (figura 3). Com três demãos de tinta a vedação é satisfatória. Porém essa vedação faz com que a lâmpada esquente acima do normal, o que requer certo cuidado com o intervalo em que as lâmpadas ficarão acesas.

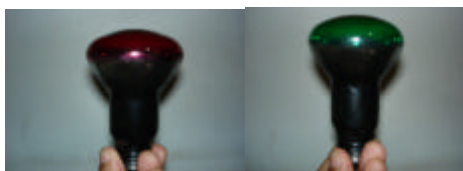


Figura 3: Lâmpadas vedadas com colorget preto-fosco



Figura 4: Vista frontal das lâmpadas vedadas



Figura 5: Caixa para ambiente de luz monocromática

3 - PLANO DE AULA

O plano de aula para a Teoria das Cores de Isaac Newton é apresentado. Nele se almeja a aprendizagem a partir da confrontação entre as concepções ingênuas trazidas pelos estudantes sobre os fenômenos da cor e as concepções científicas. O engajamento dos alunos é promovido por demonstrações dos fenômenos físicos e por questionários P-O-E.

Aulas (50 min)	Conteúdos – Estratégias – Materiais e Recursos – Atividades	Comentários
2	Aplicação do questionário para avaliação diagnóstica e discussão de algumas respostas com a classe.	A partir das respostas serão elaboradas as questões POE. Neste momento será utilizada a lousa para enfatizar a tríade da visão (objeto, fonte de luz e imagem)
2	Demonstração do experimento da dispersão da luz através do prisma e utilização dos filtros coloridos; Concomitante aplicação do questionário POE 4.1.	Com esse experimento os alunos verão que a luz branca se decompõe no espectro de cores, e verão também como os filtros absorvem algumas cores e refletem difusamente outras.
1	Demonstração do experimento dos facho de cores e concomitante aplicação do questionário POE 4.2.	Fazer clara distinção entre os processos de criação de cores por adição e subtração
1	Demonstração do experimento das bolinhas coloridas dentro da caixa escura e concomitante aplicação do questionário POE 4.3..	Verificar o aprendizado e a capacidade de inter-relação entre o que foi observado com os filtros e o que é observado com as bolinhas.
2	Avaliação escrita. Propõe-se a utilização de algumas questões do questionário para avaliação diagnóstica.	Verificar se foram modificadas as idéias anteriores dos alunos. Verificar também se através da linguagem utilizada pelos alunos, tanto as estratégias quanto os recursos usados contribuíram para uma melhor compreensão do fenômeno das cores.

3 - QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA

As perguntas deste questionário foram pensadas a partir de artigos que levantaram as concepções espontâneas sobre o fenômeno da visão em alunos do ensino fundamental (Gircoreano e Pacca, 2001; Goulart et al. 1989). É importante ressaltar que as questões não são indutivas e os alunos devem se sentir livres para responder.

Perguntas	Objetivos
Você acha que a visão depende da luz?	Verificar as concepções espontâneas sobre reflexão difusa e o processo de visão. Enfatizar a tríade da visão (fonte de luz, objeto e imagem)
Existe diferença entre a luz de uma vela, a luz	Verificar as concepções sobre aspectos físicos da luz, como intensidade, composições

de uma lâmpada incandescente e a luz do sol?	espectrais, assim como relações entre luz e calor.
Se você está numa sala completamente escura onde existem apenas dois objetos, um branco e um preto, qual dos dois enxergará melhor?	Verificar as concepções sobre o processo de visão.
O que você acha necessário para que se possa ver as coisas?	Idem
Como você acha que enxergamos os objetos pretos?	Idem
Num dia de sol você tem duas opções de camisa para usar, uma branca e uma preta. Qual das duas você escolherá?. Por quê?	Verificar as concepções sobre absorção e reflexão da luz.
Você sabe explicar porque em determinados dias surgem arco-íris?	Verificar as concepções sobre a composição da luz branca e sobre o fenômeno da dispersão.
Você saberia dizer de onde vêm as cores do arco-íris?	Idem
Diga se você acha que a seguinte afirmativa é verdadeira ou falsa: “A cor é um paradoxo. Ela existe na luz, que, aos nossos olhos humanos, parece incolor. Não existe nas bolhas de sabão ou nas tintas, que parecem coloridas”	Idem

4 - QUESTIONÁRIOS P-O-E (PREVISÃO – OBSERVAÇÃO – EXPLANAÇÃO)

Os questionários foram elaborados a partir das respostas da avaliação diagnóstica e fazem parte da aula sobre o modelo de Newton para as cores. Cada um foi entregue em uma folha para cada aluno. O tópico foi abordado em três aulas de dois tempos cada, onde cada kit foi trabalhado em uma aula.

4.1 – Questionário para o fenômeno da dispersão da luz.

Uma lâmpada acesa dentro da caixa tampada produz os raios luminosos que passam pela fenda estreita formando um feixe de luz muito bem definido. Se batermos o apagador perto dele vemos o feixe retangular de luz se propagando pela sala de aula. O feixe é dirigido para a face de um aquário quadrado cheio d’água e a luz projetada sobre um anteparo branco.

Notação: P: previsão; O: observação; E: explanação

1) Se o ângulo de incidência entre o feixe e o aquário for 90° , como será a imagem projetada no anteparo?

P O E (todas as perguntas devem conter espaço suficiente para as três respostas)

2) O que acontece com a imagem se variarmos o ângulo de incidência do feixe com o aquário?

- 3) O que acontece ao se interpor o filtro verde entre a fenda e o aquário?
- 4) O que acontece ao se interpor o filtro vermelho entre a fenda e o aquário?
- 5) O que acontece ao se interpor o filtro azul entre a fenda e o aquário?

4.1.1 – Alguns resultados obtidos com o kit

Para a questão 1, a grande maioria das respostas P indicavam para uma diminuição da intensidade do feixe de luz. Durante a elaboração da resposta O, os alunos retiraram o aquário do caminho do feixe e observaram que realmente havia uma diferença de intensidade entre as imagens com e sem aquário. A explicação da maioria era que a água absorvia parte da energia luminosa do feixe.

Para a questão 2, a maioria das respostas P foi de que o feixe aumentaria de tamanho até desaparecer. Na resposta O eles descreveram o surgimento de quatro cores do arco-íris para um determinado ângulo, pois as cores vermelho, amarelo, verde e azul eram melhor visualizadas. Na resposta E eles disseram que de alguma forma essas cores estavam dentro da luz da lâmpada.

Para a questão 3 as respostas P disseram que todas as cores ficariam verdes devido a interposição do filtro. Na resposta O eles descreveram a absorção das cores exceto da verde e de um pouco de azul. A explanação predominante foi de que a tinta de que fora feito o filtro (pigmentos) possuía alguma característica física que impedia a passagem das outras cores. Nessa hora foi preciso a intervenção do professor no processo.

A partir da questão 3, as outras foram respondidas de forma semelhante.

4.2 – Questionário para os fenômenos de adição das cores

OS FACHOS COLORIDOS

Neste experimento, três lâmpadas, uma vermelha, uma verde e uma azul, são ligadas e direcionadas simultaneamente para um anteparo branco. Em seguida é colocada uma cartolina quadrada com lado de 50cm e um buraco circular de raio 15cm centralizado e logo depois é colocada uma cartolina circular com raio 15cm.

- 1) O que será visto no anteparo ao se ligar simultaneamente as três lâmpadas?
- 2) O que acontece ao se colocar entre as lâmpadas e o anteparo a cartolina preta quadrada com buraco central?
- 3) O que acontece ao se colocar entre as lâmpadas e o anteparo a cartolina circular preta?

4.2.1 – Alguns resultados obtidos com o kit

Para a pergunta 1, na resposta P verificou-se que a maioria previu que apareceriam três regiões distintas de cor, uma para cada lâmpada. Na resposta O eles descreveram que a cor predominante foi um branco pouco rosado. Eles perceberam que havia uma predominância do

vermelho sobre as outras cores, mas o fato era que lhes parecia que as três lâmpadas ligadas resultavam em branco. Foi o suficiente para eles perceberem que se tratava do efeito inverso do experimento anterior e foi essa a resposta E.

Para a pergunta 2 foi feita a previsão de que se verificaria uma circunferência com um branco mais “puro” por causa do caminho que a luz percorreria. Durante a observação eles descreveram as regiões de interseção entre as cores e explicaram que se tratava da mistura de cores.

Na questão 3 houve uma dificuldade de resposta, o que acabou por mudar o rumo da aula, que passou a ser expositiva com a utilização do experimento.

4.3 – Questionário para os fenômenos de subtração das cores

AS BOLINHAS COLORIDAS

Neste experimento, duas bolinhas, uma verde e uma vermelha, são submetidas a três situações distintas de iluminação: sob luz branca; sob luz verde; e sob luz vermelha.

- 1) Como se enxergará cada uma das bolinhas quando são iluminadas por luz branca?
- 2) Como se enxergará cada uma das bolinhas quando são iluminadas por luz verde?
- 3) Como se enxergará cada uma das bolinhas quando são iluminadas por luz vermelha?

4.3.1 – Alguns resultados obtidos com os filtros

Nesta fase do processo já se observava uma clara evolução do conhecimento da turma sobre o tema. Alguns já traziam assuntos de seu cotidiano para discutir com o grupo, outros tinham dúvidas sobre outros processos de formação de cor, como o azul do céu.

Para a pergunta 1 eles responderam que as bolinhas seriam vistas normalmente e a explicação seria que são suas cores naturais.

Na pergunta 2, por ocasião da resposta P, basicamente a turma ficou dividida em dois grupos: o grupo dos que responderam que as duas ficariam verde e o grupo dos que disseram que a vermelha ficaria preta. Após descreverem o que foi observado, explicaram facilmente que a bola vermelha ficara preta sob luz verde porque o pigmento verde absorve a luz vermelha.

A pergunta 3 foi a contraposição da pergunta 2.

5 - CONCLUSÃO

A utilização de questionários favoreceu a participação e o envolvimento da turma quanto aos fenômenos demonstrados. Notadamente no experimento das bolinhas coloridas, a última após uma

seqüência de aulas os estudantes já buscaram as regularidades dos fenômenos com alguma objetividade.

Com isso verificou-se a eficiência da metodologia dos questionários P-O-E e da utilização de experimentos em aulas de física. Questões abertas levam os alunos a uma reflexão sobre seus conceitos e o confronto através da observação torna possível a construção do conhecimento em sala de aula.

6 – REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARROS, Susana de Souza. *Pontas de Prova para o Diagnóstico da Aprendizagem de Física na Escola: Um Desafio para o Professor*. Fundamentos de Psicodidática para o Ensino de Física. Pro-Ifem/PROMED-2005(SEE-RJ/CCMN/IF-UFRJ), Rio de Janeiro, 2005.
- DIAS, Marco Adriano. *A Cor e Sua Fenomenologia: Um Plano de Aula Sobre O Modelo de Cores de Newton*. Monografia – Curso de Licenciatura em Física - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Física, 2006.
- GIRCOREANO, José Paulo. e PACCA, Jesuína Lopes de Almeida. O ensino de óptica na perspectiva de compreender a luz e a visão. *Cadernos Catarinenses de Ensino de Física*. V.18, n.1: p.26-40, abr. 2001.
- GOULART, Silvia M. e DIAS, Elisa C. N. e BARROS, Susana de Souza. Conceitos Espontâneos de Crianças Sobre Fenômenos Relativos à Luz: Análise Qualitativa. *Cadernos Catarinenses de Ensino de Física*. V.6, n.1: p.9-200, abr. 1989.
- LIEW, Chong-Wah. *The Effectiveness of Predict-Observe-Explain Tasks in Diagnosing Students' Understanding of Scienc and Identifying thair levels of Achievement*. Reports. Papper presented at the Anual Meeting of the Americam Educational Research Association. San Diego, CA, apr. 1998.