



## **A CAIXA DE CORES: O CONHECIMENTO DOS ALUNOS COMO PUNTO DE PARTIDA PARA O DIÁLOGO**

Maria Cecília Leôncio Alves

Trabalho de Mestrado do Curso de Ensino de Ciências e Matemática,  
orientada pelo Prof. Dr. José Paulo Gircoreano

IFSP  
São Paulo  
2016

MARIA CECÍLIA LEÔNCIO ALVES

A CAIXA DE CORES: O CONHECIMENTO DOS ALUNOS COMO PONTO DE  
PARTIDA PARA O DIÁLOGO

Dissertação de Mestrado apresentada  
ao Instituto Federal de Educação,  
Ciência e Tecnologia de São Paulo –  
IFSP como parte dos requisitos para  
obtenção do título de Mestre em Ensino  
de Ciências e Matemática.

Orientador: Prof. Dr. José Paulo  
Gircoreano

SÃO PAULO

2016

Alves, Maria Cecília Leôncio.

A CAIXA DE CORES: O CONHECIMENTO DOS ALUNOS  
COMO PONTO DE PARTIDA PARA O DIÁLOGO. Trabalho de  
Mestrado do Curso de Ensino de Ciências e Matemática /. Maria  
Cecília Leôncio Alves- São Paulo: IFSP, 2016.

120f

Trabalho de Mestrado do Curso de Ensino de Ciências e  
Matemática - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia  
de São Paulo

Orientador: José Paulo Gircoreano.

1. Concepções Espontâneas. 2. Cores. 3. Ensino de Física.  
4. Interdisciplinaridade

I.A CAIXA DE CORES: O CONHECIMENTO DOS ALUNOS  
SOBRE CORES COMO PONTO DE PARTIDA PARA O DIÁLOGO.  
II TÍTULO

MARIA CECÍLIA LEÔNCIO ALVES

“A CAIXA DE CORES” O CONHECIMENTO DOS ALUNOS COMO PONTO DE  
PARTIDA PARA O DIÁLOGO

Dissertação apresentada e aprovada  
em 30 de agosto de 2016 como  
requisito parcial para obtenção do  
título de Mestre em Ensino de  
Ciências e Matemática.

A banca examinadora foi composta pelos seguintes membros:

Prof. Dr. José Paulo Gircoreano

IFSP – Câmpus São Paulo

Orientador e Presidente da Banca

Prof. Dr. Rebeca Vilas Boas Cardoso de Oliveira

IFSP – Câmpus São Paulo

Membro da Banca

Prof. Dr. Jesuína Lopes de Almeida Pacca

Universidade de São Paulo

Membro da Banca

*As coisas mais maravilhosas que podemos experimentar são as misteriosas. Elas são a origem de toda verdadeira arte e ciência. Aquele para quem essa sensação é um estranho, aquele que não mais consegue parar para admirar e extasiar-se em veneração, é como se estivesse morto: seus olhos estão fechados.*

*Albert Einstein*

*Aos Meus Filhos*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente ao meu orientador que confiou em mim e teve a paciência de prosseguir com esta pesquisa.

À direção, colegas, amigos e alunos da E.E. “Dr. Alberto Cardoso de Mello Neto”, sem os quais este trabalho seria impossível.

Aos professores e colegas do instituto Federal de Ciências e Tecnologia de São Paulo – Campus São Paulo.

Ao meu grande amigo Admilson Navarro, quem me incentivou a ingressar no curso de mestrado.

A minha querida amiga Thais de Cássia, que me ajudou em todos os momentos.

A minha família que sempre esteve ao meu lado, sobretudo aos meus irmãos.

E principalmente aos meus filhos, Rafael e Gisele que me apoiam em todos os momentos.

## RESUMO

Num mundo em que os estudantes têm acesso a inúmeras e variadas fontes de informação, a escola pública permanece aquém das possibilidades, criticada por manter métodos ultrapassados e desinteressantes, como a aula expositiva, com poucos resultados de aprendizagem. Dentro desse cenário, acreditamos que é necessário repensar o processo ensino e aprendizagem, estabelecendo um papel mais ativo para os alunos em relação ao seu aprendizado na sala de aula. Este trabalho traz o relato de uma atividade didática dentro de uma pesquisa de mestrado profissional que desenvolvemos e que objetiva colocar o aluno como protagonista do processo educativo. A atividade foi realizada com alunos de duas salas do Ensino Médio público de São Paulo e é baseada na construção de um diálogo entre professor e estudantes a partir das suas concepções de senso comum a respeito da formação e visão das cores. A interação é proporcionada pela tentativa de explicar o que o aluno vê num experimento chamado “caixa das cores”. Com essa atividade esperamos contribuir para a melhora da prática docente, dando um exemplo de interação ativa na sala de aula. A fundamentação teórica se faz em torno das ideias de Piaget, Vygotsky, Ausubel, entre outros, que colocam o conhecimento prévio do aluno como fator a ser considerado no processo de aprendizagem. Os resultados obtidos revelaram que os alunos apresentaram uma grande dificuldade em expressar suas ideias, sendo necessário ao professor estimular e provocar o pensar sobre um fenômeno. Foi possível também abordar o conteúdo sobre a interação e formação das cores da luz de maneira mais motivadora e contextualizada, voltando-se a uma aplicação menos abstrata, preocupada com a compreensão e desenvolvimento cognitivo dos alunos.

**Palavras-chaves:** Concepções alternativas, Cores, Ensino de Física, Interdisciplinaridade.

## COLOR BOX: KNOWLEDGE OF STUDENTS AS STARTING POINT FOR DIALOGUE

### ABSTRACT

In a world where students have access to numerous and varied sources of information, public school is short of possibilities, criticized for maintaining outdated and uninteresting methods such as lecture, with scant learning outcomes. In this scenario, we believe that we need to rethink the teaching and learning process, setting a more active role for students in relation to their learning in the classroom. This paper presents the report of a didactic activity within a professional master's research we develop and which aims to place the student as the protagonist of the educational process. The activity was carried out with students from two high school halls public of São Paulo and is based on building a dialogue between teacher and students from their common sense conceptions about the formation and color vision. The interaction is provided by trying to explain what the student sees an experiment called "color box". With this activity we hope to contribute to the improvement of teaching practice, giving an example of active interaction in the classroom. The theoretical foundation is done around the Vygotsky's ideas, Piaget, Ausubel, among others, that put the student's prior knowledge as a factor to be considered in the learning process. The results showed that students have great difficulty in expressing their ideas, which is necessary to stimulate and provoke the teacher thinking about a phenomenon. It was possible to address the content of the interaction and training of colors of light more motivating and contextualized way, turning to a less abstract application, concerned with understanding and cognitive development of students.

**Keywords:** misconceptions, Colors, teaching physical, Interdisciplinary.

## LISTA DE QUADROS

	<b><u>Pág.</u></b>
QUADRO 1: CARACTERÍSTICAS DAS CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS.....	24
QUADRO 2: TIPOS DE CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS. ....	27
QUADRO 3: SOBRE A EVOLUÇÃO DO CONCEITO DE COR.....	34
QUADRO 4 CARACTERIZAÇÃO DAS PRINCIPAIS CONCEPÇÕES SOBRE A FORMAÇÃO DA COR.....	54

## LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
FIGURA 1: AS CORES DE ARISTÓTELES. ....	30
FIGURA 2: REPRESENTAÇÃO DO ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO COM DESTAQUE PARA A REGIÃO VISÍVEL. ....	37
FIGURA 3: REPRESENTAÇÃO DO OLHO HUMANO COM DESTAQUE PARA A RETINA. ....	38
FIGURA 4: ESTRUTURA ANATÔMICA DOS CONES NO INTERIOR DA RETINA. ....	39
FIGURA 5: DIAGRAMA ILUSTRANDO A PARTE VISÍVEL DO ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO E A CURVA DE SENSIBILIDADE DOS TRÊS DE TIPOS DE CONES. ....	39
FIGURA 6: SÍNTESE ADITIVA DA LUZ. ....	41
FIGURA 7: SÍNTESE SUBTRATIVA SISTEMA CMYK. ....	41
FIGURA 8: SÍNTESE SUBTRATIVA UTILIZANDO PIGMENTOS: VERMELHO, AZUL E AMARELO. ....	42
FIGURA 9: ESQUEMA ELÉTRICO DE MONTAGEM DAS LÂMPADAS NO INTERIOR DA CAIXA DE CORES ....	48
FIGURA 10: CAIXA DE CORES VISTA POR DENTRO ....	49
FIGURA 11: ESQUEMA DA CAIXA DE CORES VISTA POR DENTRO, MODIFICADA DE GREF (1998). ....	49
FIGURA 12: CAIXA DE CORES VISTA POR FORA E SENDO MANUSEADA PELOS ALUNOS. ....	49
FIGURA 13: VISTA DA FENDA FEITA COM FITA CREPE E DO POSICIONAMENTO DO PRISMA. ....	57
FIGURA 14: LINHAS ESPECTRAIS OBTIDAS COM O USO DO PRISMA E DO DATASHOW ..	58
FIGURA 15: MOSTRANDO O SLIDE DO POWER POINT EM BRANCO. ....	60
FIGURA 16: CAIXA DE DIALOGO DO POWER POINT PARA OPÇÃO DE ESCOLHA DE PREENCHIMENTO DE CORES. ....	60
FIGURA 17: PALETA DE CORES DO POWER POINT MOSTRANDO O SISTEMA DE CORES RGB. ....	61
FIGURA 18: "O PASSEIO" OU "MULHER COM SOMBRINHA". ....	68
FIGURA 19: ALUNOS UTILIZANDO A TÉCNICA IMPRESSIONISTA. ....	69

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>14</b>
A motivação .....	15
Objetivo .....	18
<b>1 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>19</b>
1.1 A Constituição do Conhecimento .....	19
1.2 Concepções Alternativas.....	23
1.3 Concepções sobre as cores.....	26
<b>2 A HISTÓRIA DA “FÍSICA DA LUZ”</b> .....	<b>29</b>
2.1 A luz e a visão na história.....	29
2.1.1 Grécia Antiga .....	29
2.1.2 Roma Antiga .....	30
2.1.3 O Mundo Árabe.....	31
2.1.4 Renascimento .....	31
2.1.5 Idade Moderna .....	31
2.1.6 Século XVIII e XIX .....	32
2.2 Síntese dos entendimentos apresentados historicamente .....	33
<b>3 A FÍSICA DAS CORES</b> .....	<b>36</b>
3.1 A Natureza da Luz .....	36
3.2 O Processo da Visão.....	37
3.3 A Formação da Cor .....	40
3.3.1 Síntese “Aditiva” .....	40
3.3.2 Síntese Subtrativa .....	41
3.4 A Luz e a Interação com a Matéria.....	42
3.5 A Sequência Didática.....	44
<b>4 METODOLOGIA</b> .....	<b>46</b>
<b>5 O DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA</b> .....	<b>51</b>
5.1 A TOMADA DE DADOS - A “CAIXA DE CORES” .....	51
5.2 Análise das Respostas .....	53
5.3 Atividades Elaboradas para Confrontar as Concepções.....	55
<b>6 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>70</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>76</b>
<b>APÊNDICE A: PRODUTO FINAL</b> .....	<b>81</b>

<b>APÊNDICE B: RESPOSTAS DOS QUESTIONÁRIOS E DO RESUMO ELABORADOS PELOS ALUNOS DURANTE A PESQUISA. ....</b>	<b>93</b>
---	-----------

## INTRODUÇÃO

A prática da sala de aula muitas vezes é desestimulante e desmotivante, não apenas para o professor, mas também para os alunos que não veem relação daquilo que se apresenta nas aulas com o seu cotidiano, com a sua vivência. Esses alunos não entendem a necessidade do aprender.

Ao refletir sobre as aulas, pensamos se é possível fazer diferente. Como melhorar as aulas? Como podemos torná-las mais significativas e interessantes? Os resultados insuficientes de aprendizagem com que nos defrontamos em nosso trabalho nos levam a pensar o porquê disso. Apesar de se fazer o uso de variados meios disponíveis para se ensinar, como, por exemplo, as aulas expositivas, a demonstração de experimentos em laboratórios, o uso da internet para mostrar um fenômeno, dos atendimentos individualizados, das aulas de reforço, os estudantes ainda apresentam muito dificuldade em assimilar alguns conceitos. Eles não conseguem entender ou explicar sobre alguns fenômenos e repetem erros conceituais que já foram vistos e revistos.

Foi ponderando sobre essas dificuldades que recordamos do curso de graduação em Licenciatura em Física na Universidade de São Paulo, mais precisamente das aulas de metodologia de ensino, quando nos foi apresentado o conceito de concepções alternativas que poderiam interferir no aprendizado do aluno. Essa reflexão também nos fez recordar a prática acadêmica, de como a interação com novos conhecimentos amplia os horizontes, e de como o aprender é instigante e motivador.

Ao refletirmos sobre nossa prática de ensino, buscamos ensinar um conceito para que o aluno compreenda um fenômeno e o relacione a outras disciplinas. A intenção é estimular esse aluno a conhecer ciências e entender um pouco de Física. E compreenda que esta não se restringe a números ou fórmulas, que não está limitada a uma única área do conhecimento e faz parte integrante do seu cotidiano.

Ao buscar uma melhor forma de lecionar, nos sentimos motivados a desenvolver um trabalho de pesquisa no programa de mestrado profissional e, assim, melhorar nossas aulas e aprimorar a compreensão sobre o ensino de Física.

Observamos ao longo de nossa carreira que o modo como os alunos constroem o conhecimento é muito curioso e às vezes pode atrapalhar a compreensão de um fenômeno ou dificultar o entendimento de um conceito. Sendo assim, devemos entender de que forma o aluno está processando um determinado conceito ou novo conhecimento. Consideramos, portanto, que essa prática é importante para que se estabeleça um real aprendizado.

Como a forma de assimilar um conceito pode comprometer a aprendizagem como um todo, buscamos a ideia de representação (concepções ou explicações diferentes do aceito pela ciência) proposta por Astolfi (1993, 1994) e Bachelard (1996); e escolhemos o conteúdo de Óptica com ênfase nos processos de formação das cores pela luz. Consideramos que as concepções incorretas podem tornar-se um obstáculo à aprendizagem de novos conceitos.

Os alunos já vêm fortemente ligados às suas concepções, às suas representações do cotidiano, aos conceitos pré-concebidos que, mesmo não aceitos cientificamente, servem como explicação eficaz e funcional. Assim, não é apenas o que o aluno aprende na escola que influencia o aprendizado, mas também aquilo que ele traz de conhecimento do cotidiano, do dia a dia que não pode ser ignorado.

Os pré-conhecimentos dos alunos, portanto, servem como base para a aquisição de novos saberes, como estudado por Ausubel (1978) através da noção de organizadores prévios, que tem como função a de permitir a construção de uma ligação entre o que o aluno já conhece, já sabe e o conhecimento que se quer ensinar, dando significado aos conceitos científicos abordados na escola.

## **A MOTIVAÇÃO**

Durante o trabalho em sala de aula, um fato que sempre nos chamou a atenção foi a persistência de formas incorretas ou equivocadas dos alunos explicarem os fenômenos estudados, mesmo após a abordagem do conceito, as discussões em grupos e as ações adicionais. Esse fato nos incomodava, pois nosso desejo era que os alunos efetivamente aprendessem e fossem capazes de aplicar de forma correta os conceitos cientificamente aceitos.

Buscamos subsídios que nos ajudassem a entender e superar essa dificuldade dos alunos através de pesquisas e estudo da literatura específica voltada para questões de ensino e aprendizagem. Percebemos, assim, que o erro talvez fosse algo muito mais complexo e importante do que pensávamos e a forma de tratá-lo deveria ser diferente.

Segundo Piaget (1974), o “erro” é um processo pelo qual o aluno exterioriza um procedimento de aprendizagem, em que se pode perceber como ele fez a relação entre o que ele já conhecia e o que foi ensinado. A equilibração é um conceito da teoria piagetiana que nos ajuda a compreender esse processo; está ligada à acomodação de uma forma de explicação que o aluno usa. Ao aplicar esse modelo a uma nova situação, o aluno percebe que essa explicação não dá conta da situação, ocorre então um desequilíbrio. Quando ele adapta uma nova explicação, encontra uma nova situação de equilíbrio.

Esse conhecimento que o aluno já traz compõe modelos, estruturas de pensamento elaboradas tanto em sua relação direta com o mundo como também resultado da sua percepção frente ao ensino formal. São os chamados modelos de senso comum ou “concepções alternativas”. Por isso, não basta apenas apontar ou identificar os erros, faz-se necessária uma mudança interna para que o aluno realmente perceba e entenda o novo modelo que se lhe apresenta. Entender o erro, ou mais especificamente, a forma de pensar que o aluno traz passa a ser parte essencial no trabalho do professor nessa perspectiva.

As concepções espontâneas ou alternativas dos conceitos em ciências podem oferecer muitos obstáculos na aprendizagem. As pessoas pensam com conceitos e conforme Ausubel (1978, p. 88) “nós vivemos em um mundo de conceitos em vez de um mundo de objetos, eventos e situações”.

Segundo Mortimer (1996) uma das principais características das concepções alternativas é a resistência a mudanças. As concepções errôneas, ou fora do cientificamente aceito, fazem parte integrante do cotidiano das pessoas, cabendo ao educador trabalhar com estes conceitos de modo a dar chance ao aluno de atingir o conhecimento cientificamente aceito.

Desenvolver os conteúdos levando em conta as ideias espontâneas dos alunos nos pareceu algo desafiador. Mas como fazê-lo de modo a possibilitar a oportunidade de um aprendizado mais efetivo?

Em nossa prática, sempre demos espaço para as falas dos alunos, mas o que se propõe é algo diferente, algo com que, como professores, não tivemos experiência. De fato, dar este espaço exige a capacidade de manter um diálogo que faça sentido para o aluno e para o professor, como sugere Pacca (2015)

De fato, o professor que ensina e pretende favorecer a aquisição de um conhecimento novo pelo seu aluno certamente estará sempre diante de incertezas e de riscos. Por outro lado, o aprendiz estará sempre diante de novidades e precisa sentir e perceber que necessita de algo novo capaz de explicar alguma parte do mundo em que ele vive; e é justamente essa parte que deve tocá-lo, despertando seu interesse. É esse o momento que pode ser difícil para o professor enfrentar, mas que é essencial para a continuidade do raciocínio em construção. (Pacca, 2015 p 136)

Com a possibilidade de cursar o Mestrado Profissional vimos a oportunidade de desenvolver um trabalho de pesquisa que nos ajudasse a entender como se configura a ação do professor, dos estudantes e a relação destes com o conteúdo específico nessa perspectiva. Isto é, compreender esses elementos para uma nova forma de olhar a sala de aula, proporcionando uma aprendizagem significativa.

Escolhemos realizar a pesquisa a partir do estudo das cores por ser um campo fértil em modelos explicativos espontâneos e por sua importância no cotidiano; presentes na Natureza e nas diversas criações humanas, desperta diferentes emoções e sensações.

Conhecer os processos de formação das cores e os fenômenos relacionados pode contribuir para a compreensão de diversos fenômenos luminosos e o funcionamento de diversos aparelhos de formação e projeção de imagens. Parece ser um estudo de grande potencial motivador por poder proporcionar ao aluno um entendimento sobre a percepção das cores no seu dia a dia, como as utilizadas nas Arte, nos aparelhos eletrônicos, ou mesmo na observação da natureza e seus fenômenos ópticos.

## OBJETIVO

Nosso objetivo com este trabalho é conhecer **o modo de pensar do aluno** a respeito do processo de formação e visão das cores e determinar como esse conhecimento pode **direcionar o encaminhamento de um planejamento didático** de forma a possibilitar o **estabelecimento de um diálogo efetivo** desses alunos com o professor. Portanto, pretendemos identificar as concepções alternativas dos alunos e a forma como explicam um conceito para desenvolver um trabalho que abra a possibilidade da construção de um conhecimento significativo. Dentro dessa perspectiva esperamos também construir uma prática de sala de aula que proporcione um processo de ensino e aprendizagem mais interessante e significativo.

## 1 REFERENCIAL TEÓRICO

### 1.1 A CONSTITUIÇÃO DO CONHECIMENTO

As concepções de senso comum, conceitos espontâneos ou concepções alternativas são o ponto de partida para esse trabalho, pois é a partir desses conhecimentos que pretendemos desenvolver o diálogo com os alunos e lhes oferecer oportunidades para a construção dos conceitos científicos. Para entender melhor a relação entre aprendizagem e o saber próprio que o aluno traz, vamos verificar como essas ideias estão ligadas à construção do conhecimento nas visões de Vygotsky, Piaget, Bachelard e Ausubel.

Vygotsky (1988) apresenta a ideia de que a aprendizagem humana se dá na relação com a cultura e com a história, nas trocas entre parceiros sociais, por meio de processos de interação e mediação, moldando o desenvolvimento do indivíduo. Na perspectiva sociointeracionista, o desenvolvimento mental do ser humano é construído durante toda a sua vida, em sua relação com as outras pessoas e com o mundo, através dos instrumentos, da linguagem e da cultura. Ela traz a noção de aprendizagem mediada (por instrumentos e símbolos), que é importante para a constituição de processos mentais superiores, por exemplo, atividades como planejar, imaginar e avaliar consequências, etc.

Para que ocorra a aprendizagem, o indivíduo deve ter estruturas prévias já constituídas a partir das quais ele possa realizar alguma ação, fazer algo; é o seu conhecimento real, é o que ele sabe. Contudo, esse indivíduo pode ter potencial para aprender mais, mas não o consegue sozinho. Ele está no que Vygotsky (1988) chamou de zona de desenvolvimento proximal. A partir da interação com outros indivíduos e pela mediação, no entanto, ele pode conseguir esse avanço.

Dessa forma, vemos que o conhecimento prévio, as concepções elaboradas pelo indivíduo, trazem estruturas, conhecimentos a partir dos quais a pessoa pode alcançar seu desenvolvimento cognitivo.

Piaget (1974) descreve a aprendizagem humana como sendo elaborada a partir de estruturas cognitivas desenvolvidas na interação com objetos e em situações do cotidiano. Segundo sua teoria psicogenética, o indivíduo possui

potencial (sensorial e neurológico) para construir novas estruturas mentais a partir da interação indivíduo-meio e indivíduo-objeto; ao raciocinar e agir sobre o real tentando compreender o objeto de conhecimento ele pode aprender. Para ele o desenvolvimento cognitivo ocorre pela apropriação do objeto, organizando internamente, incorporando e *se adaptando* a um novo saber, criando novos esquemas mentais ou esquemas existentes. Essa adaptação, segundo ele, está ligada a um conceito fulcral da sua teoria: o conceito de *equilíbrio*.

Quando o indivíduo enfrenta um novo problema ou situação, busca assimilá-lo para adaptar-se. A assimilação é um processo em que o indivíduo procura explicar, entender a nova situação a partir dos seus esquemas internos, já constituídos. Ele busca selecionar e organizar informações que considera relevantes ou não, tentando *acomodar* o novo em suas estruturas internas e adaptar-se.

No entanto, quando seus modelos conceituais próprios são insuficientes para dar conta da realidade, pode ocorrer o *desequilíbrio*, abrindo a possibilidade para o indivíduo buscar novas explicações para os fatos vivenciados. Ao agir sobre o objeto, ele pode desenvolver novos esquemas mentais ou modificar esquemas já estabelecidos, encontrando novas soluções que permitam acomodar e incorporar o novo conhecimento e se reequilibrar.

Dessa forma, para Piaget (1974), a *equilíbrio* é o processo que permite o desenvolvimento cognitivo num contínuo jogo entre a assimilação e a acomodação; pois a cada nova descoberta pode ocorrer a *desequilíbrio* e o indivíduo desenvolve e acomoda novas estruturas, encontrando novamente o equilíbrio. Para Piaget (1974, p. 70), “...a aprendizagem jamais parte do zero..”.

Na concepção de aprendizado que nos traz Bachelard (1996), o aluno chega à escola trazendo um conhecimento empírico já construído a partir de suas experiências diárias e esse é um conhecimento que deveria ser considerado nos processos educacionais. Ele introduz o conceito de obstáculo epistemológico, algo que precisa ser superado para que seja possível a modificação desses modelos explicativos que os alunos trazem, como bem elucidado por ele.

Os professores de ciências imaginam que o espírito começa como uma aula, que é sempre possível reconstruir uma cultura falha pela repetição da

lição, que se pode fazer entender uma demonstração repetindo-a ponto por ponto. Não levam em conta que o adolescente entra na aula de física com conhecimentos empíricos já constituídos: não se trata, portanto, de adquirir uma cultura experimental, mas sim de mudar de cultura experimental, de derrubar os obstáculos já sedimentados pela vida cotidiana (BACHELARD, 1996, p 25).

Os obstáculos epistemológicos são concepções em que o indivíduo se apoia para manter o seu modelo explicativo próprio. Eles o prendem a uma forma de explicação, oferecendo grande dificuldade para sua modificação. Para poder alcançar formas de pensamento de um nível superior é necessário conseguir ultrapassar essa “barreira”.

Considerando a ideia de conceito-obstáculo, a forma como o professor apresenta um novo conceito, na verdade pode-se provocar o surgimento de um obstáculo que, ao invés de facilitar o entendimento de um conceito, pode dificultar.

Não é, por exemplo, surpreendente que alguns psicólogos falem da massa ou da carga de atividade como se tratasse de um conceito claro? É evidente que eles sabem muito bem a confusão que esta carga encerra. Eles próprios dizem que se trata de uma simples analogia. Mas precisamente esta analogia psicológica refere-se ao conceito animista de massa. Ela reforma, pois o conceito-obstáculo através de uma utilização falsamente clara (BACHELARD, 1991, p 13).

Os obstáculos epistemológicos para Bachelard (1996) comporiam sete categorias que estariam baseados, por exemplo: nas ideias de senso comum, como as originadas na simples observação; na generalização de um conceito para qualquer situação; no uso de analogias e metáforas que podem gerar um entendimento equivocado, atribuir vida a elementos inanimados ou associar elementos diferentes (água e corrente elétrica) equivocadas, baseados na “utilidade” de um conceito, etc.

Não nos interessa aqui discutir cada uma das categorias de obstáculos de Bachelard, mas chamar a atenção para a existência desses obstáculos como ideias que o estudante traz e às quais se apega para manter suas representações, consistindo em uma dificuldade para se conseguir o aprendizado significativo.

Colocamos nossa atenção agora na teoria de aprendizagem de Ausubel (1978). Ele caracteriza os processos de aprendizagem a partir de algumas

categorias: aprendizagem por recepção; aprendizagem por descoberta; aprendizagem mecânica; e aprendizagem significativa.

A aprendizagem por recepção ocorre quando o conceito a ser aprendido já vem pronto, um “produto final”, ou seja, não abre caminho para descobertas ou questionamentos. Já a aprendizagem por descoberta é aquela em que o aluno deve descobrir e elaborar o conceito, sendo característica das fases iniciais do desenvolvimento cognitivo; o indivíduo testa e cria teorias para o fenômeno observado.

No caso da aprendizagem mecânica, ela ocorre quando o aluno memoriza a informação para um determinado fim, mas perde a informação logo após ter finalizado o propósito de se adquirir este conhecimento. Este tipo de aprendizagem encontra pouca ou nenhuma informação prévia na estrutura cognitiva à qual possa se relacionar, sendo então armazenada de maneira arbitrária.

A aprendizagem significativa ocorre quando um novo conceito interage com um conhecimento pré-existente (as ideias âncoras ou subsunçores) que estão presentes na estrutura cognitiva do aluno. Trata-se uma aprendizagem mais extensa, com significado, que compreende a interação entre os conceitos anteriormente retidos e a assimilação de novos conceitos. O conhecimento que o aluno já traz pode se tornar o ponto de partida, de ancoragem para o desenvolvimento de um pensamento mais elaborado para explicar um determinado fenômeno. Portanto não se trata de uma barreira, mas sim um ponto de apoio, um ancoradouro onde se sustentará o novo conceito.

Assim, a aprendizagem significativa sugere uma forma diferente de aprendizagem. Muitas vezes, um indivíduo pode aprender algo mecanicamente e só mais tarde percebe que este se relaciona com algum conhecimento anterior já dominado. No caso ocorreu então um esforço e tempo demasiado para assimilar conceitos que seriam mais facilmente compreendidos se encontrassem uma "âncora", ou um conceito subsunçor, existente na Estrutura Cognitiva.

Considerando as diferentes abordagens teóricas apresentadas, algo chamou nossa atenção. Ainda que conceitos diferentes, concepções espontâneas,

obstáculos epistemológicos e subsunçores têm algo comum: que a aprendizagem está ligada a algum tipo de estrutura ou conhecimento já constituído pelo indivíduo, uma construção própria baseada em suas diversas experiências, conhecimentos que não deveriam ser ignorados nos processos de ensino formal.

Como professores interessados em favorecer o aprendizado, devemos basear nossas estratégias de ensino naquilo que o aluno já sabe considerar, na existência de um saber anterior. Uma concepção prévia não deve constituir um obstáculo à aprendizagem, mas sim um ponto de partida possibilitando a construção de novas estruturas cognitivas.

## 1.2 CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS

Concepções espontâneas, intuitivas, alternativas ou do senso comum são construções elaboradas a partir da nossa vivência diária para explicar os diversos fenômenos com que nos defrontamos. Elas tanto podem ser elaboradas em situações não formais como em situações formais de ensino, até mesmo na escola.

Gomes *et al* (2010) também faz referência ao nome que deve ser utilizado para as concepções espontâneas, alternativas ou do senso comum, como podemos verificar na passagem seguinte.

No início, essas concepções receberam nomes variados, por exemplo: "preconcepções" e "misconception". Após as críticas de Driver e Easley (1978) a estas denominações, o termo concepções alternativas ficou como o preferido pelos pesquisadores. Pois, "preconcepções" e "misconception" remetem à ideia de um conhecimento incompleto e errôneo que precisa a todo custo ser modificado, enquanto concepções alternativas sugerem que estas têm toda uma estrutura lógica e são úteis para interpretar os fenômenos tanto quanto as concepções científicas (GOMES *et al*, 2010, p.2).

Conforme relatamos anteriormente, podemos considerar que a identificação das concepções pode propiciar uma melhor oportunidade para a aprendizagem do aluno, uma vez que podemos partir das ideias que ele já tem para desenvolver um diálogo significativo envolvendo professor, estudante e o conhecimento em questão. Ignorar o conhecimento que o aluno já traz pode representar um grande obstáculo à aprendizagem, pois as concepções alternativas são estruturas muito arraigadas no modelo mental que o aluno construiu para entender a natureza e os fenômenos que

o cercam; sendo muito resistentes a mudanças, persistindo, inclusive, após anos de instrução, mesmo em professores.

De acordo com Gomes *et al* (2010), os estudos sobre as concepções prévias foram iniciados por Piaget que pesquisava os mecanismos da aprendizagem e desenvolvimento cognitivo das crianças.

O interesse pelos conhecimentos prévios dos estudantes começou junto com o construtivismo, em 1919, quando Piaget aceita o convite para trabalhar no laboratório de Alfred Binet, auxiliando na investigação do desenvolvimento intelectual da criança a partir de testes de inteligência padronizados elaborados pelo investigador francês. A tarefa do pesquisador suíço consistia em classificar, simplesmente, as respostas em certas ou erradas; mas ele descobre de imediato, que era muito mais interessante tentar descobrir as razões dos fracassos (GOMES *et al*, 2010, p.2).

Segundo esse autor, nas décadas de 70, 80 e 90 do século XX, muitos trabalhos de pesquisa foram realizados levantando, caracterizando e discutindo as concepções alternativas no processo de ensino aprendizagem. Os primeiros trabalhos sobre concepções em Física foram sobre Mecânica e elaborados por pesquisadores como: Doran (1972), Driver e Easley (1978) e Viennot (1979). No Brasil podemos destacar os trabalhos de Villani (1982), Pacca e Villani (1990), Harres (1993), entre outros.

As características das concepções estão ilustradas no Quadro 1:



Quadro 1: Características das Concepções alternativas.

A identificação destas concepções pode fornecer indícios sobre a forma de pensar dos alunos, propiciando a identificação da dificuldade de aprendizagem em um determinado conceito científico. Além disso, essa identificação pode ajudar na elaboração de uma proposta didática que seja significativa para o aluno, oferecendo oportunidades para uma reelaboração dos conceitos científicos. Driver (1989) destaca que:

As crianças vêm para as aulas de ciências com concepções prévias que podem diferir substancialmente das ideias a serem ensinadas, que estas concepções influenciam a aprendizagem futura e que elas podem ser resistentes a mudanças... (DRIVER, 1989, p. 481).

A prática da sala de aula pode também, inadvertidamente, propiciar ou reforçar essas percepções com exemplos inadequados ou conceitos interpretados de forma errônea, como afirma o autor.

As concepções alternativas dos alunos explicam muitas das situações vividas por eles, enquanto que a prática da sala de aula explora apenas parte ou nenhuma situação vivenciada, não sendo suficiente para mudar a representação que o estudante possui dos conceitos científicos. Este tipo de concepção pode tornar-se um obstáculo intransponível à aprendizagem do aluno, uma vez que foi adquirida de maneira significativa.

Mortimer (2000) reforça essa ideia ao comentar que:

As concepções alternativas ou espontâneas são individualizadas por apresentarem natureza profundamente particular, bem como esquemas dotados de certa coerência interna, muito consistente, resistente à mudança e cuja persistência vai além da aprendizagem formal. Elas podem ainda apresentar um paralelo com modelos históricos da ciência (MORTIMER, 2000, p. 21).

Ao se deparar com conceitos ou situações que não podem ser explicadas pelos modelos já conhecidos, o indivíduo cria novos modelos tentando adaptar a realidade aos seus modelos explicativos. Nesse momento, se houver a mediação, a intervenção de um professor, por exemplo, há a oportunidade de questionar tais modelos e auxiliar na construção de novos, no sentido do que é cientificamente aceito. Caso contrário, é significativa a chance do aluno adaptar incorretamente seus modelos aos científicos, criando uma física do senso comum, com explicações equivocadas sobre a ciência e seus fenômenos.

Geralmente ao se apresentar Óptica no Ensino Médio, não é dada a devida atenção aos seus aspectos físicos e às concepções equivocadas que podem surgir, dificultando a aprendizagem e criando mais concepções alternativas.

Uma concepção alternativa ou espontânea faz parte do nível de desenvolvimento cognitivo do aluno e acreditamos que ela pode e deveria ser utilizada como ponto de partida para a construção dos conhecimentos e dos conceitos cientificamente aceitos.

Para identificarmos as concepções presentes nos alunos realizamos uma pesquisa bibliográfica em que localizamos as principais concepções descritas na literatura.

### 1.3 CONCEPÇÕES SOBRE AS CORES

. Nossa pesquisa bibliográfica não conseguiu localizar nenhum trabalho recente sobre as concepções alternativas que abordem o tema formação das cores. Nos últimos anos os trabalhos de pesquisa nessa área mudaram seu foco, uma vez que já há um bom mapeamento dessas concepções, por isso a nossa revisão abrange trabalhos com mais de dez anos.

Relacionamos uma série de concepções do senso comum a respeito das cores e sua formação a partir dos trabalhos específicos de Andersson e Kärqvist (1983); Brum e Silva (2014); Chauvet (1996); Fetherstonhaug e Treagust (1992); Guesne (1982); Tiberghien, Delacote, Ghiglione e Matalon (1980), Leite e Sá (1997), Melchior e Pacca (2005) e Nunes (2011). Encontramos as seguintes concepções, que mostramos no Quadro 2:

CONCEPÇÃO	CARACTERÍSTICAS
<b>Cor como característica do objeto</b>	A cor é considerada como uma característica do objeto e não sofre influência da luz incidente de uma fonte externa.
<b>As cores escuras sobrepõem-se às cores claras</b>	Há predomínio das cores mais escuras sobre as cores mais claras.

<b>CONCEPÇÃO</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>
<b>Mistura de cores</b>	As cores misturam-se, como ocorre com as tintas, originando uma nova cor que depende das cores misturadas; os alunos não levam em conta os processos aditivos e subtrativos da luz e suas diferenças.
<b>Visão ativa da cor</b>	O olho não é entendido como um receptor de luz e sim como produtor da visão e da cor.
<b>A luz branca é uma cor e é neutra</b>	Os objetos brancos não precisam ser iluminados para serem vistos. Os alunos entendem que os objetos brancos produzem a própria luz.
<b>O preto é uma cor</b>	O preto é considerado uma cor e interage com as outras cores. Os alunos não entendem que o preto seria ausência de luz.
<b>O arco-íris tem sete cores</b>	Os alunos acreditam que o arco-íris tenha sete cores bem definidas.
<b>Banho de Luz</b>	Os objetos estariam imersos num ambiente ocupado pela luz. A luz seria algo como um fluido estático, ocupando todo o espaço.

Quadro 2: Tipos de concepções alternativas.

Este levantamento foi realizado como suporte à nossa pesquisa porque consideramos que sem os conhecimentos sobre a formação das cores, os alunos provavelmente não conseguiriam compreender plenamente esse conteúdo. Conhecer as concepções alternativas encontradas na literatura específica pode auxiliar a identificá-las no transcorrer das atividades.

A identificação dessas concepções é o passo inicial para o desenvolvimento desse trabalho, pois é através desses modelos, desses conhecimentos prévios, que iremos propor as atividades seguintes.

Antes de tratarmos da atividade que vai proporcionar o início do diálogo, faz-se necessário entender a história da cor e a sua explicação cientificamente aceita; já que uma das características das concepções alternativas é a de que estas são identificadas com os conceitos históricos e podem auxiliar na compreensão das ideias dos alunos.

## 2 A HISTÓRIA DA “FÍSICA DA LUZ”

### 2.1 A LUZ E A VISÃO NA HISTÓRIA

Se buscarmos na história da ciência, verificaremos que os modelos sobre luz e visão apresentados pelos antigos pensadores<sup>1</sup> não dão conta dos fenômenos ópticos como os entendemos hoje. Tais modelos são incorretos cientificamente, no entanto, essas ideias são muito semelhantes ao conhecimento desenvolvido popularmente e são da mesma natureza das concepções alternativas encontradas na literatura específica. Abordaremos, de forma simplificada, alguns momentos dessa história, mostrando como evoluíram os conhecimentos sobre a Óptica e a visão, com destaque para três grandes linhas de pensamento (BARROS; CARVALHO, 1998): a Grécia antiga; a escola arábica; e as ideias desenvolvidas a partir da idade moderna, destacando Johannes Kepler, Thomas Young e James Clark Maxwell.

#### 2.1.1 Grécia Antiga

Encontramos entre os gregos (séculos V - III a.C.) duas vertentes principais para explicar os fenômenos visuais: a teoria da intromissão (ou recepção), ligada aos atomistas; e as teorias de emissão, com destaque para as ideias defendidas por Ptolomeu, Aristóteles e Platão, em especial.

Segundo a teoria da recepção, o próprio objeto observado, quando iluminado, emitiria cópias ou simulacros de si, como se fossem suas “peles” (ou “eidolas”) que levariam até o olho as informações do objeto visto, com todas as suas características (modelo holístico).

... a teoria da intromissão admite que qualquer objeto que é visto, uma mesa, por exemplo, é o responsável, mediante a ação da luz que ilumina a esse objeto, pela emissão de simulacros dele próprio que atingem o olho humano, formando a representação do objeto no cérebro (TOSSATO, 2005, p. 418).

Por sua vez, as teorias de emissão consideravam que os olhos tinham um papel ativo na visão, sendo capazes de emitir os “raios visuais” - elementos que possibilitavam ver os objetos. No modelo ptolomaico, o olho emitiria raios na forma

---

<sup>1</sup> Referimo-nos aos períodos anteriores à Idade Moderna.

de um “fogo visual” que atingiria o objeto e retornaria ao olho com as informações para a formação da imagem.

Nas ideias de Platão, apenas os raios visuais não seriam capazes de proporcionar a visão. Para ele, também o objeto deveria emitir algo. Os raios visuais deveriam se unir à luz do ambiente formando um terceiro elemento que, ao se encontrar com a emanção vinda do objeto, produziria a visão.

Para Aristóteles, a luz seria a “atualização” de um meio transparente que foi modificado pela presença de um objeto; tal atualização se dá pelo fogo, luz solar ou algum outro corpo luminoso. Ele também considera que a cor é uma característica dos corpos (TOSSATO, 2005) que teriam a condição de provocar uma mudança qualitativa no meio transparente. Haveria, assim, uma cor correspondente a cada um dos elementos fogo, terra, água e ar; além do branco e do preto, como pode ser observado na Figura 3.1.

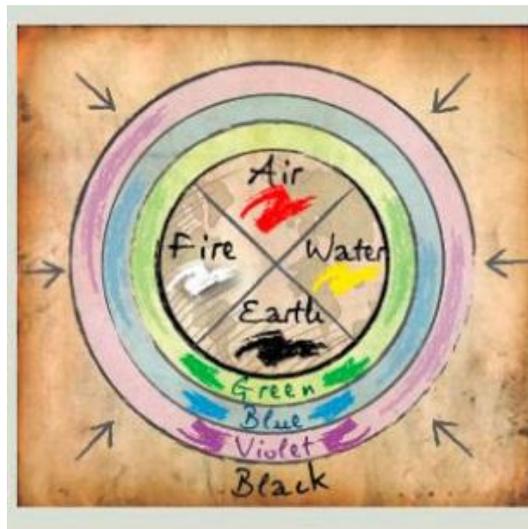


Figura 1: As cores de Aristóteles.  
Retirado de Henno (2010)

### 2.1.2 Roma Antiga

Entre os romanos, destacamos as ideias de Lucrécio (98 a 55 A.C.) que se manteve fiel às teorias de Aristóteles sobre as cores. Lucrécio acreditava que a existência das cores dependia da presença da luz, ou seja, sofre influência da luz. Para ele, os átomos de todos os elementos não possuiriam cor, bem como deveriam existir objetos sem essa característica, Bernardo (2009).

Seneca discute sobre a natureza do arco-íris, no qual as cores não seriam reais, e sim uma ilusão, não podendo ser misturadas como tintas (FAULHABER, 2007).

### **2.1.3 O Mundo Árabe**

Os árabes deram contribuições importantes para o desenvolvimento de várias áreas do conhecimento. Um de seus grandes expoentes foi Al Hazen, com trabalhos em Filosofia, Medicina, Óptica e Matemática. Ele estudou a visão através de abordagens da física, matemática e da anatomia do olho. Suas descobertas colocaram em xeque a teoria da emissão vinda dos gregos. Por exemplo, destacou o fato de sentirmos dor ao olhar para uma fonte de luz muito intensa, como o sol. Assim, os olhos seriam instrumentos mecânicos passivos – eles não realizam uma ação, mas sofrem a ação da luz.

### **2.1.4 Renascimento**

Em oposição à teoria sobre cor de Aristóteles, temos os trabalhos de Leonardo da Vinci (1452 - 1519). Em seu Tratado de pintura e paisagem, Da Vinci afirma que a cor não é uma propriedade dos objetos, mas sim uma propriedade da luz. Para ele, o preto e o branco não seriam cores, mas representações da luz e da escuridão.

Segundo Tossato (2005), Da Vinci foi o primeiro a afirmar que as sombras podem ser coloridas e que combinações entre vermelho, verde, azul e amarelo originariam as outras cores.

### **2.1.5 Idade Moderna**

Nesse período, destacamos os trabalhos de Kepler e de Newton sobre a luz, com contribuições decisivas para o entendimento dos fenômenos ópticos.

Kepler (1571 - 1630) explicou o funcionamento do olho a partir dos trabalhos de Alhazen e segundo Tossato (2005), foi o primeiro a afirmar que a imagem formada no olho não é idêntica ao objeto, mas uma interpretação - o resultado de um processo fisiológico-mecânico. Kepler postula que a luz que possibilita a visão de um objeto parte de cada ponto do mesmo, em todas as direções. Estruturou a análise e a descrição da Óptica Geométrica e a partir dessa representação, pôde-se

analisar o que acontecia com a luz, independentemente de haver ou não um observador que a recebesse em seus olhos.

Das ideias de Newton (2002), destacamos seu trabalho com cores e seu modelo para a luz. Newton (2002) acreditava no caráter material da luz: ela seria formada por partículas ou “corpúsculos”. Como argumentos para sua ideia, considerou que a luz estaria sujeita aos fenômenos da refração e reflexão como ocorreria com as partículas materiais. Ele descobriu o fenômeno da dispersão da luz branca ao realizar experimentos com prismas, o que o fez concluir que a luz branca, na verdade, é a associação de luzes de várias cores. Outra ideia importante que destacamos é a de que a cor de um objeto iluminado depende da luz que esse objeto reflete em maior quantidade. Newton(2002) baseou-se no princípio da refração para explicar as diferentes cores que surgem quando a luz branca dispersa.

Uma evidência importante a favor da teoria newtoniana foi seu *Experimentum Crucis*. Neste experimento, a luz passava através de dois prismas. O primeiro produzia um espectro colorido e o segundo era usado para estudar o desvio de cada cor. O experimento mostrou que cada cor do espectro não era separada pelo segundo prisma e que cada cor era desviada em um ângulo diferente. Em linguagem moderna, diríamos que a cada cor está associado um índice de refração diferente (para cada material transparente) (SILVA; MARTINS, 2003, p.56).

Contra-pondo-se à teoria corpuscular de Newton (2002), o cientista holandês Cristian Huyghens (1629 - 1695), ao fazer uma associação com as ondas mecânicas, propôs a ideia de que a luz, na verdade, teria comportamento de onda. Esse modelo mostrar-se-ia, posteriormente, mais adequado para explicar fenômenos em que o modelo newtoniano falhava e, assim, passou a prevalecer.

### **2.1.6 Século XVIII e XIX**

Avançando nos estudos sobre luz e cor, encontramos trabalhos muito importantes nesse período e que contribuíram para o avanço no seu entendimento.

Com certeza, um momento fundamental nessa história é o experimento da dupla fenda realizado por Thomas Young (1773 - 1829). O resultado desse experimento, uma figura de interferência produzida pela luz ao passar por duas fendas estreitas em uma lâmina, mas sim pelo modelo ondulatório da luz que prevaleceu então. Outra importante contribuição de Young que gostaríamos de citar foi a síntese da teoria tricromática do sistema visual humano. Segundo Bouma

(1977), “Young foi o primeiro a levantar a hipótese de que a visão da cor dependia da presença de três órgãos distintos sensíveis à luz”, resultado de uma síntese aditiva de estímulos que essas estruturas sofreriam. Segundo essa perspectiva, a partir do vermelho, do verde e do azul, seria possível conseguir qualquer outra cor contida no espectro da luz.

Figura exponencial da teoria eletromagnética, James Clark Maxwell (1831-1879) baseou seu trabalho e seu entendimento de luz nas obras de vários cientistas. Ele compreendeu que as oscilações presentes nos campos elétricos e magnéticos poderiam ser tratadas como ondas mecânicas; considerou que essas ondas seriam transversais e que a sua velocidade de propagação dependeria da elasticidade e da densidade do meio. Formalizou uma descrição matemática dos campos eletromagnéticos e considerou que a luz seria uma onda eletromagnética, correspondente a uma pequena parte do espectro eletromagnético. Quanto às cores, Maxwell, com a sua formalização matemática, confirmou as ideias de Young ao demonstrar que qualquer cor pode ser produzida, nas devidas proporções, pela junção do vermelho, do verde e do azul (além disso, apresentou uma explicação para o daltonismo). Segundo Henno (2010), Maxwell foi o primeiro a determinar experimentalmente as funções de combinações de cores para o espectro visível, reproduzindo em 1859 uma imagem em cores por síntese aditiva.

O entendimento do que seria a luz sofreria uma grande mudança em fins do século XIX e início do século XX. Na verdade, as descobertas desse período contrariavam o bom senso e o entendimento da natureza construído até então. O desenvolvimento da teoria quântica e a explicação de Einstein para o efeito fotoelétrico mudam o entendimento da natureza da luz novamente. Ela seria algo que, dependendo da situação, apresentava comportamento similar ao de uma onda ou de partícula, mas não era uma coisa nem outra. Então, o que seria a luz? Nos termos de Einstein, a luz seria “pacotes de energia” que ele denominou fótons.

## **2.2 SÍNTESE DOS ENTENDIMENTOS APRESENTADOS HISTORICAMENTE**

Pudemos observar nessa apresentação histórica como foram mudando os entendimentos do que era luz, a que estavam associadas as cores e, por fim, a visão. Se na Grécia antiga a luz era um acessório ou apenas necessária à visão, a

evolução do pensamento mostrou que a luz é essencial à visão, mas depende das estruturas biológicas e psicológicas para acontecer.

No Quadro 3, trazemos um resumo com as ideias principais sobre o entendimento da luz nos diversos períodos históricos.

Época	Evolução do entendimento da cor.	Cientista (as)
Grécia Antiga (sec. V-III a.C.)	O olho produz o raio visual. A cor é propriedade da matéria. O branco e o preto são cores.	Aristóteles, Ptolomeu e Platão.
Roma Antiga (98 a 55 a.C.)	O olho produz a luz. O próprio objeto é o responsável pela visão. A cor é propriedade da matéria. O branco e o preto como cores. As cores do arco-íris são ilusão.	Lucrecio e Sêneca
Mundo Árabe (965 a 1040 d. C.)	Foram os primeiros a entender a influência da luz solar na visão das cores.	Al Hazen
Renascimento (1400 a 1519 d.C.)	A cor deixa de ser propriedade da matéria para se tornar uma propriedade da luz O preto e o branco correspondem à ausência de luz e à existência de luz, respectivamente.	Leonardo da Vinci
Idade Moderna (1571 a 1727 d.C.)	A luz branca deixa de ser uma única luz e passa a ser a soma de todas as cores.	Johannes Kepler Isaac Newton
Século XVIII-XIX	Proposição da teoria tricromática da visão das cores. Da luz como onda para a luz como fóton.	Thomas Young James C. Maxwell Albert Einstein

Quadro 3: Sobre a evolução do conceito de cor.

O caminho para chegar à compreensão da visão das cores traçado pela história da ciência não foi simples ou fácil. Durante esse percurso, pudemos perceber o que foi considerado para construir uma forma de explicação ou outra. Notou-se que sem a tecnologia e a produção de experimentos mais apurados, a

descrição da luz tende a ser determinada pela observação direta, no dia a dia, dos fenômenos ópticos. Não é uma surpresa para nós, então, que os estudantes desenvolvam modelos explicativos mais próximos dos gregos antigos. Isso pode ser verificado facilmente nas pesquisas sobre concepções alternativas que estudamos. Também por isso, consideramos esses aspectos importantes para o desenvolvimento das atividades de ensino da Óptica.

Tendo noção dos modelos explicativos que poderemos encontrar, precisamos deixar claro também o modelo físico que pretendemos adotar no desenvolvimento das atividades, discutindo a natureza da luz e o processo da visão, seus aspectos físicos, como as sínteses aditiva e subtrativa da luz e o funcionamento do olho humano. É o que apresentaremos na sequência do trabalho.

### 3 A FÍSICA DAS CORES

Para compreender como vemos as cores, iremos caracterizar tanto a natureza da luz como as estruturas ligadas ao detector da visão o olho. Isso se faz necessário uma vez que a percepção das cores não está ligada apenas à luz.

Araújo (2013) comenta que foi Johann W. Von Goethe quem percebeu que as cores são na realidade sensações físicas, moldadas pelos nossos olhos, e psíquicas, interpretadas pelo cérebro. E esclareceu que a visão das cores envolve processos físicos, fisiológicos e psicológicos.

#### 3.1 A NATUREZA DA LUZ

A luz pode se propagar por meios transparentes e translúcidos, com velocidades características e sempre menores que a alcançado no vácuo, onde toda luz se move com a mesma velocidade - aproximadamente 300 mil quilômetros por segundo. Mas o que é a luz?

A primeira teoria de relevância para explicar a luz foi proposta por Isaac Newton, no século XVII: o modelo corpuscular. Nesse modelo, a luz seria composta por pequenos corpúsculos, partículas emitidas pela fonte e que se propagariam em alta velocidade. Fenômenos como reflexão e refração foram explicados com esse modelo<sup>2</sup>.

Havia outra corrente de pensamento, representada pelo cientista holandês Cristian Huygens, pela qual a luz seria uma onda. Experimentos posteriores a Huygens, realizados por Thomas Young e Augustin Fresnel, demonstraram que certos fenômenos, como a difração e a interferência, não poderiam ser explicados pela teoria corpuscular, mas sim pela teoria ondulatória que acabou prevalecendo sobre a primeira. Isso até que novos experimentos mostrassem que também a teoria ondulatória era insuficiente.

Em 1905, Albert Einstein desenvolveu uma teoria para elucidar o efeito fotoelétrico e propôs uma ideia revolucionária: a luz seria composta por fótons

---

<sup>2</sup> Na refração, segundo Silva (2007), o modelo de Newton previa a mudança de velocidade de forma incorreta. Quando imaginava que aumentaria, a velocidade, na verdade, diminuía.

(“pacotes” de energia) que apresentavam propriedades de onda em certas situações e propriedades de partículas em outras.

A luz corresponde a uma pequena faixa do espectro eletromagnético capaz de sensibilizar nossos olhos, conhecida como faixa do visível, com comprimentos de onda variando entre 400nm e 700nm. A cor é uma sensação visual, percebida pelo nosso cérebro a partir de fenômenos físico – químicos.

Na Figura 2, destaca-se o espectro da luz visível dentro do espectro eletromagnético.

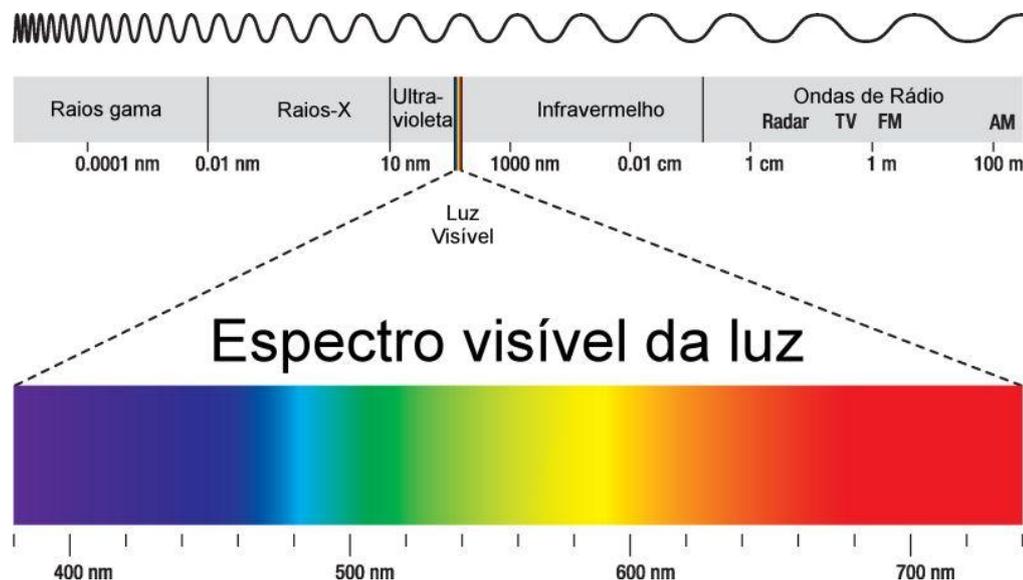


Figura 2: Representação do espectro eletromagnético com destaque para a região visível.  
Retirado de: [www.infoescola.com.br](http://www.infoescola.com.br)

### 3.2 O PROCESSO DA VISÃO

O olho humano é formado por um conjunto de estruturas responsáveis pela captação da luz e formação da imagem: córnea, íris, pupila, cristalino, retina, esclera e nervo ótico. Para explicarmos o seu funcionamento de forma simplificada, nós nos baseamos nos trabalhos de Coelho (2006) e Macevoy (2009).

A luz, ao penetrar no olho, atinge em primeiro lugar a córnea, composta por cinco camadas de tecido transparente e resistente, que funciona como uma lente, desviando a trajetória da luz. A Íris é a parte colorida do olho, logo atrás da córnea. Nela se encontram músculos que possibilitam aumentar ou diminuir a pupila,

controlando a entrada de luz que alcança o cristalino – uma lente orgânica cuja curvatura pode ser modificada, ajustando na retina a luz proveniente da pupila.

A retina é constituída por uma membrana que ocupa a parte interior do olho, contendo fotorreceptores que transformam a luz em impulsos elétricos que o cérebro pode interpretar como imagens. Os fotorreceptores são de dois tipos: os bastonetes (cerca de 120 milhões) e os cones (aproximadamente 7 milhões). Podemos observar na Figura 3 uma representação do olho humano.

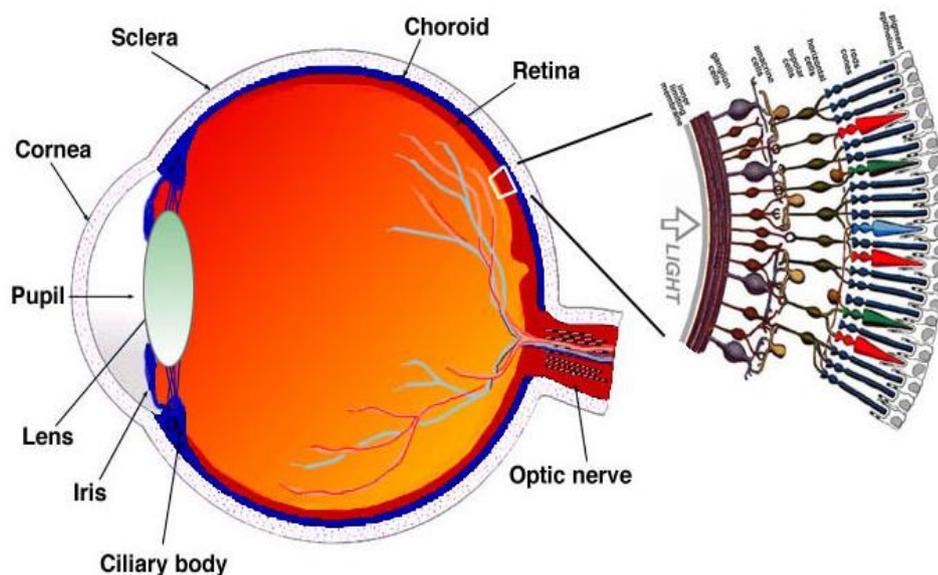


Figura 3: Representação do olho humano com destaque para a retina.  
Retirado de: <http://chiefofdesign.com.br/teoria-das-cores/>

Segundo a teoria de Young–Helmholtz, os cones seriam responsáveis pela visão colorida. Na verdade, acredita-se haver três tipos de cones, denominados verde, vermelho e azul, em função da faixa de frequências que podem sensibilizar cada um deles. A Figura 4 traz uma representação ampliada dessas estruturas na retina.

Na Figura 5, temos um diagrama de absorção relativa da luz em função do comprimento de onda incidente para cada cone. Os valores de comprimento de onda destacados nas curvas correspondem aos valores cujas ondas incidentes são mais absorvidas pelos cones.

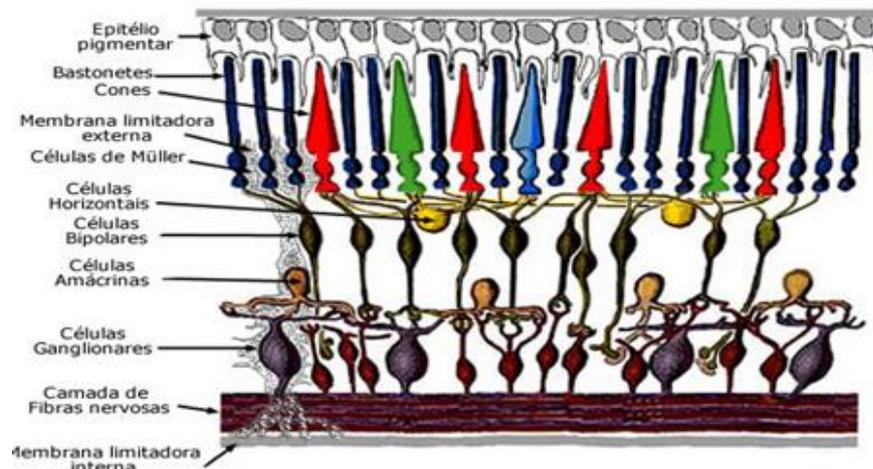


Figura 4: Estrutura anômica dos cones no interior da retina.  
Retirado de: [www.infoescola.com](http://www.infoescola.com)

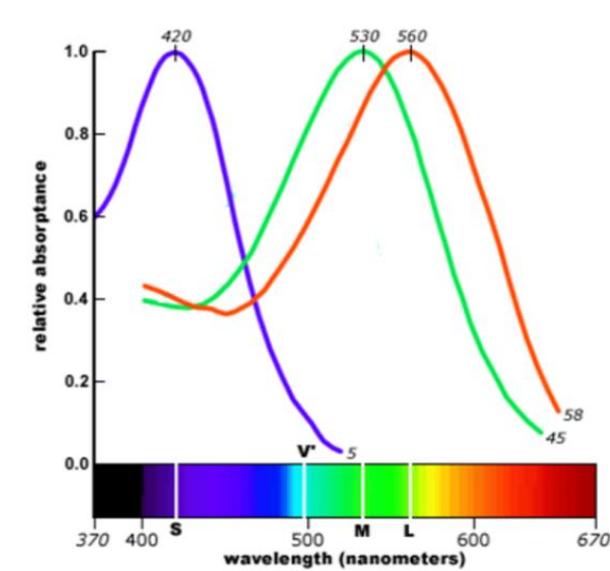


Figura 5: Diagrama ilustrando a parte visível do espectro eletromagnético e a curva de sensibilidade dos três tipos de cones.

Retirado de: <http://scienceblogs.com.br>

Quando um ou mais cones são excitados pela luz incidente, a informação das diferentes excitações é enviada pelo nervo óptico para o cérebro que o interpreta como uma cor.

Por exemplo, quando vemos luz de 680 nm a resposta dos cones vermelhos é muito maior que a dos cones verde e azul, resultando na sensação da luz vermelha. Por outro lado, a luz de comprimento de onda 580 nm estimula igualmente (aproximadamente) os cones vermelhos e verdes, resultando na percepção da cor amarela. Entretanto, quando dois feixes de luz, por exemplo, vermelho e verde, são sobrepostos nós também temos a sensação da cor amarela. Mesmo quando a luz é interrompida, a célula (cone) continua enviando o sinal por aproximadamente 1/30 s (MACEVOY, 2009, p. 25).

O que possibilita a identificação de outras cores, além do vermelho, verde e azul, é a diferença de intensidade luminosa com que os cones são sensibilizados pela luz. É importante destacar também que o cérebro poderá interpretar a visão de determinada cor pela incidência de luz de um comprimento de onda específico ou pela incidência de luzes de comprimentos de onda diferentes que provoquem excitação equivalente dos cones. Portanto, ver a cor é uma construção do cérebro, uma interpretação que ocorre da impressão vinda das células fotorreceptoras. Não depende apenas da luz ou do olho, mas de todo um sistema físico, biológico e psicológico do ser humano.

### **3.3 A Formação da Cor**

Após discutirmos alguns aspectos da luz e da estrutura do olho, é importante entender como se pode obter determinada cor. Para tanto, vamos tratar dos processos de síntese “aditiva” e síntese “subtrativa” de cores.

#### **3.3.1 Síntese “Aditiva”**

A síntese aditiva se caracteriza por formarmos as cores a partir da emissão de luz de frequências diferentes por uma fonte. A cor é determinada pela soma dos efeitos produzidos pela luz que chega a um detector, como o olho.

As cores primárias nesse processo de síntese, isto é, aquelas a partir das quais se obtêm todas as outras, são a vermelha, a verde e a azul (conhecido como sistema RGB). O preto é obtido pela ausência de luz. O branco não é uma cor do espectro visível, pois não corresponde a nenhum comprimento de onda. É o resultado da detecção simultânea de luz visível em muitos comprimentos de onda, com uma intensidade mais ou menos uniforme. De forma simplificada, seria a “mistura de todas as cores” ou de pelo menos três cores: azul, vermelho e verde.

As cores obtidas pela soma das primárias são chamadas de cores secundárias. Por exemplo, como podemos observar na Figura 6, com vermelho e verde, obtemos o amarelo; com vermelho e azul, conseguimos o magenta; e a partir de verde e azul, obtemos o ciano. Esse processo de formação de cores é usado em projetores, telas de TV, celulares, etc.

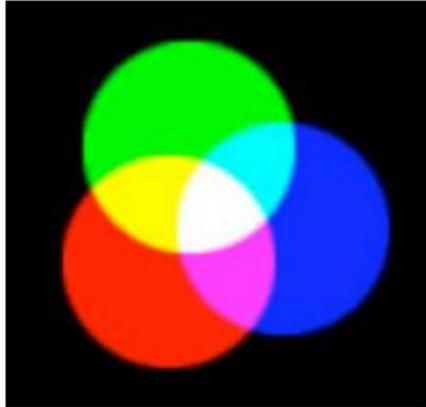


Figura 6: Síntese Aditiva da luz.

Retirado de: <http://chiefdesign.com.br/teoria-das-cores/>

### 3.3.2 Síntese Subtrativa

O processo subtrativo para formação das cores ocorre com o uso de pigmentos. Um objeto é impregnado com um determinado pigmento que absorve certos comprimentos de onda e reflete outros quando iluminado por uma fonte de luz. A luz que é refletida formará a cor vista. É importante destacar que os pigmentos funcionam como uma espécie de filtro de “seleção”.

Nesse processo, temos outros conjuntos de cores que se comportam como primárias. Um deles está indicado na Figura 7 e forma o chamado sistema CMYK (ciano, magenta, amarelo e preto). Como se pode ver, podemos conseguir outras cores pela mistura dessas: o verde, a partir de amarelo e ciano; o vermelho, a partir de amarelo e magenta; e o azul, a partir de magenta e ciano. O preto se obtém da mistura de todas as cores e não pela ausência da luz. Esse sistema é padrão na impressão de documentos coloridos em impressoras.

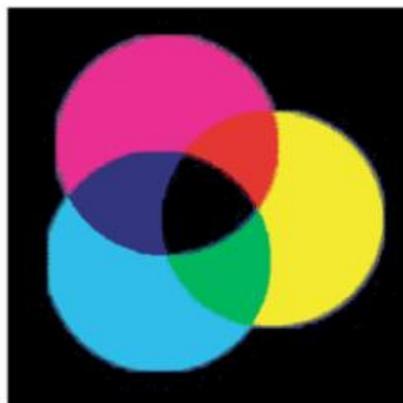


Figura 7: Síntese Subtrativa sistema CMYK.

Retirado de: <http://chiefdesign.com.br/teoria-das-cores/>

Muito associado às Artes, temos outro conjunto de cores primárias para o sistema subtrativo: o vermelho, o azul e o amarelo (Figura 8).

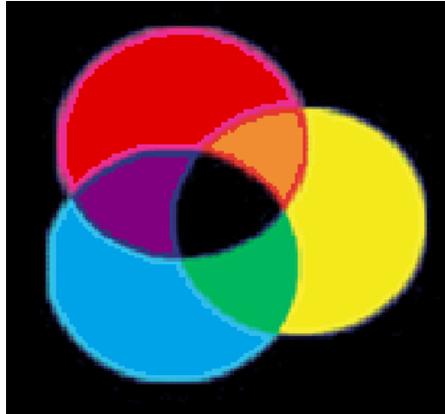


Figura 8: Síntese Subtrativa utilizando pigmentos: vermelho, azul e amarelo.  
Retirado de: <http://chiefofdesign.com.br/teoria-das-cores/>

Como vimos, existem duas maneiras de se produzir uma cor: pela emissão direta da luz de uma fonte ou por um pigmento que seleciona a luz a ser refletida por um objeto iluminado. Mas é importante notar que a efetiva cor vista por uma pessoa depende apenas da luz que alcança seus olhos, onde o processo acontece pela soma dos efeitos provocados pela luz incidente nos cones. Assim, sínteses subtrativa e aditiva referem-se à fonte de luz, seja ela primária ou secundária.

### 3.4 A LUZ E A INTERAÇÃO COM A MATÉRIA

Para entendermos a formação das cores por subtração, precisamos entender o que acontece quando a luz atinge a matéria e que tipo de interação existe entre elas.

Tipler (1995) destaca que a luz, ao interagir com uma substância, pode sofrer absorção (a energia trazida pelos fótons é absorvida), transmissão (quando atravessa o meio) e reflexão (quando parte da energia incidente retorna ao mesmo meio).

Os elétrons dos átomos que compõem a matéria só podem ocupar certos níveis discretos de energia. Quando um fóton incidente é absorvido, pode aumentar a energia de vibração dos átomos do material. Se o fóton incidente tiver uma determinada energia pode fazer um elétron de um átomo assumir uma órbita mais alta e o átomo fica no estado excitado; se retornar a um nível inferior, o faz por ter

emitido energia. A energia e, portanto, a frequência de um fóton reemitido estarão associadas à diferença de energia correspondente aos níveis ocupados pelo elétron nessas transições, como explica Tipler (1995) :

Quando um átomo está num estado excitado, os elétrons fazem transições para os estados de energia mais baixa e, nestas transições, emitem radiação eletromagnética. A frequência da radiação emitida está relacionada à energia inicial e à energia final dos estados na transição... Uma vez que os estados de energia excitados são discretos e não contínuos, somente alguns comprimentos de onda são emitidos. As linhas espectrais com estes comprimentos de onda constituem o espectro de emissão do átomo (TIPLER, 1995, p. 263).

Portanto, quando o elétron decai, emite fótons de energia de determinada frequência característica do material, ou seja, uma cor é emitida. Essa cor pode não corresponder à do fóton incidente, pois a luz reemitida vai depender desse processo de absorção/remissão dos fótons.

Sintetizando o que apresentamos até aqui, os aspectos essenciais a considerar sobre o entendimento das cores e sua composição a partir de elementos primários devem levar em conta as seguintes ideias espontâneas:

**Concepção da mistura de cores:** provavelmente com origem nas experiências que o aluno já teve com mistura de tinta colorida, mas sem estabelecer relação com a reflexão da luz e nem da existência do olho;

**Força da luz ou luz ativa:** a existência de luzes mais “fortes” que outras (como a do sol e a de uma vela).

**Reflexão da cor:** os alunos não imaginam que é justamente a absorção que faz com que os filtros de luz “selecionem” uma cor (a luz não altera a cor do objeto).

Entretanto, este conhecimento não é o suficiente se não considerarmos como a luz é percebida por nós e o papel importante desempenhado pelo olho. Assim, trataremos o olho como instrumento receptor que acoplado ao cérebro produz as variadas percepções das cores e abordaremos os conceitos de forma a tentar construir um modelo coerente com as interpretações científicas.

Em síntese, os aspectos essenciais a considerar sobre o entendimento das cores e sua composição a partir de elementos primários podem ser assim definidos:

- A relação da luz com a visão;
- Os processos de formação das cores por adição e subtração;
- A interação da luz com a matéria;
- A natureza da luz.

As várias concepções dos estudantes interferem no entendimento desses conceitos, como a concepção de cor como propriedade dos objetos, que a cor da luz pode se misturar com a cor dos objetos e que não há relação da cor vista com a fisiologia do olho. Abordaremos a seguir o olho, o receptor fisiológico da luz, que ao lado do cérebro produz a visão e interpretação das cores.

### 3.5 A SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Para abordar os conhecimentos físicos sobre óptica, que incluem os processos da interação da luz com a matéria e as sínteses aditiva e subtrativa da luz que gostaríamos que nossos alunos compreendessem, elaboramos um experimento inicial com o objetivo de identificar as concepções alternativas que eles usaram para explicar a formação e a visão das cores. Além de identificar os modelos usados pelos estudantes, utilizamos essas informações para escolher as atividades seguintes, de forma a colocar em questão tais explicações e procurar dar oportunidade para a construção de modelos explicativos mais coerentes com a teoria científica. Essas atividades são descritas a seguir:

- a **“caixa de cores”**: pretendendo problematizar a questão da formação e visão das cores, além de permitir levantar as concepções dos estudantes, utilizamos a “caixa de cores”. Esta era uma montagem com três lâmpadas de LED, das cores vermelha, verde e azul, que podiam ser ligadas independentemente, duas a duas ou simultaneamente, permitindo explorar a síntese aditiva de cores. Dentro da caixa havia também três cartões coloridos das cores vermelha, verde e azul. Os alunos deveriam identificar suas cores sob as diferentes combinações de lâmpadas, para explorar a síntese subtrativa;

- **dispersão da luz – os meios ópticos:** com base nos resultados obtidos no primeiro experimento, decidimos discutir a decomposição da luz branca. Para isso, utilizamos um projetor de imagens (“data show”) para emitir a luz. Assim, essa luz, ao atravessar um prisma, mostraria o que aconteceria com a luz quando muda de meio de propagação e que a luz branca, na verdade, é composta por muitas cores;

- **a biologia das cores – o olho ativo:** essa atividade teve por objetivo relacionar o fenômeno físico da formação das cores com o caráter biológico da sua visualização. Apresentamos um vídeo, sobre o funcionamento do olho, que nos possibilitou a discussão das concepções de olho ativo, que produz o raio visual, e a formação das cores;

- **o impressionismo – a luz e as tintas:** estudamos princípios da técnica impressionista. Os alunos utilizaram tintas e outros pigmentos para criar desenhos e pinturas. A intenção foi a de discutir que a cor vista dependeria tanto da tinta como da iluminação a que estivesse submetida e da luz que chegasse ao olho.

## 4 Metodologia

Com base na fundamentação teórica, desenvolvemos algumas atividades dentro de uma pesquisa qualitativa. Esta, como definida por Chizzotti (2006), é entendida como a relação dinâmica entre pessoas, locais e acontecimentos que constituem o objeto da pesquisa.

O autor comenta o papel da pesquisa qualitativa em reunir e combinar tendências, como pode ser observado a seguir:

A pesquisa qualitativa abriga deste modo, uma modulação semântica e atrai uma combinação de tendências que se aglutinaram, genericamente, sob este termo: podem ser designadas pelas teorias que as fundamentam: fenomenológica, construtivista, crítica, etnometodológica, interpretacionista, feminista, pós-modernista. Podendo, também, ser designada pelo tipo de pesquisa (CHIZZOTTI, 2006, p.223).

Assim sendo, cabe ao pesquisador perguntar, ordenar e reordenar seus dados com a intenção de compreendê-los, comprometendo-se com e por eles: é essa a face qualitativa da metodologia usada.

A pesquisa qualitativa, como destaca Moraes e Galiazzi (2007) é caracterizada pela observação direta onde é possível verificar ocorrências no tratamento/desenvolvimento de um determinado assunto. O observador pode fazer uso de experiências pessoais para interpretação do fenômeno observado. Quando feita no contato direto entre o professor pesquisador e o sujeito a ser estudado, deve enfatizar mais o processo do que o produto, preocupando-se em descrever o comportamento e pensamento dos participantes.

Destacamos ainda que se trata de uma pesquisa ação, também chamada de pesquisa participativa, como definida por Esteban (2010). A pesquisa ação ou pesquisa participativa é um método em que o professor é o próprio pesquisador. Ele agiria na sala de aula, questionando e refletindo sobre sua ação, oferecendo oportunidade para a transformação social e educacional, uma vez que tem um caráter de formar, educar e verificar o processo de ensino aprendizagem.

## **Elaboração do Questionário**

A estratégia utilizada foi a pesquisa de campo, como a proposta por Esteban (2010). Contamos, para tanto, com a elaboração e aplicação de um questionário com perguntas abertas. Como levamos em conta os resultados de questionários já existentes na revisão bibliográfica.

## **Análise das respostas**

Foi feita a análise dos questionários apresentados pelos alunos, com o objetivo de buscar e compreender o modelo conceitual exposto por eles, suas concepções alternativas ou conceitos diferentes dos aceitos cientificamente. Como comenta Moraes (2003), essa análise é fundamental para o surgimento de novos conceitos.

Um processo auto-organizado: o ciclo de análise descrito, ainda que composto de elementos racionalizados e em certa medida planejados, em seu todo constitui um processo auto-organizado do qual emergem novas compreensões. Os resultados finais, criativos e originais, não podem ser previstos. Mesmo assim é essencial o esforço de preparação e impregnação para que a emergência do novo possa concretizar-se (MORAES, 2003, p.192).

Esse processo é necessário para que o pesquisador identifique e estabeleça relações entre os elementos, elegendo categorias que possibilitem a compreensão e análise do material.

Tratando-se de uma pesquisa qualitativa, a observação tem um papel fundamental no tratamento dos dados. A análise dos resultados será baseada em Moraes e Galiazzi (2007) que descrevem os procedimentos da chamada análise textual discursiva – um processo em que o texto é dividido em *unidades de significado* e estas unidades podem gerar novas categorias, ou conjuntos de unidades, articulando-se significados semelhantes e elegendo-se categorias de análise.

## **Resultados quantitativos**

Em um primeiro momento, fizemos uma análise quantitativa dos questionários, destacando quem responde “o quê” e “por que”, caracterizando o tipo de concepção já encontrado na literatura. Em seguida, a partir das respostas,

buscamos estabelecer uma análise qualitativa procurando identificar a forma de pensar dos nossos estudantes e utilizando as respostas ao questionário apresentado na **seção 6.2**.

### Identificação das concepções

A análise qualitativa é a principal fonte para se construir as atividades que coloquem em questão as concepções de senso comum encontradas.

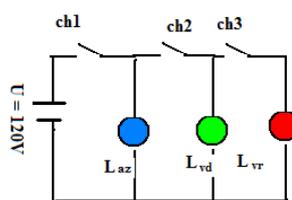
### A tomada de dados

Ao refletirmos sobre como poderíamos tratar o tema das cores com nossos alunos do ensino médio, nós nos lembramos do experimento proposto pelo Gref (1998) com o qual é abordado o ensino das cores utilizando-se o mesmo sistema empregado nos televisores em cores, o sistema RGB (do inglês *red*, *green* e *blue* (vermelho, verde e azul)).

A caixa de cores por nós adaptada foi utilizada por se tratar de um experimento lúdico, que permite mostrar claramente o princípio aditivo e subtrativo da luz e por ser de fácil construção e segura para que os alunos pudessem manuseá-la. Ela é feita com uma caixa de papelão comum, com dimensões aproximadas de 40 cm x 30 cm x 20 cm, e encapada por dentro com folhas de papel sulfite brancas. A cor branca foi utilizada para que a caixa refletisse a maior parte da luz que incidisse ali, já que qualquer outra cor poderia interferir no resultado do experimento. Para a tampa, utilizamos as próprias abas da caixa.

Em seu interior foram colocadas 3 lâmpadas de LED, sendo uma azul, uma vermelha e uma verde. Nessas lâmpadas, a luz emitida é praticamente monocromática, fazendo com que tenhamos a cor primária que queríamos.

As lâmpadas foram ligadas em paralelo, conforme a Figura 9:



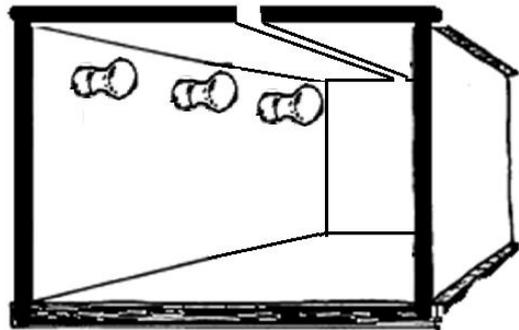
**Figura 9:** Esquema elétrico de montagem das lâmpadas no interior da caixa de cores

A escolha da ligação em paralelo é devido a este sistema possibilitar o acendimento independente das lâmpadas, ou seja, o aluno poderia optar por acender uma lâmpada de cada vez, duas a duas ou todas ao mesmo tempo. Utilizamos lâmpadas de 10 watts – 127 volts, para poder ligá-las na rede elétrica. Os interruptores ou chaves foram os mesmos utilizados nas ligações elétricas comuns feitas em residências.

A Figura 10 mostra o interior da caixa e no esquema da figura 11 temos em detalhe a abertura na tampa superior feita para que o interior pudesse ser observado sem a interferência da luz ambiente.

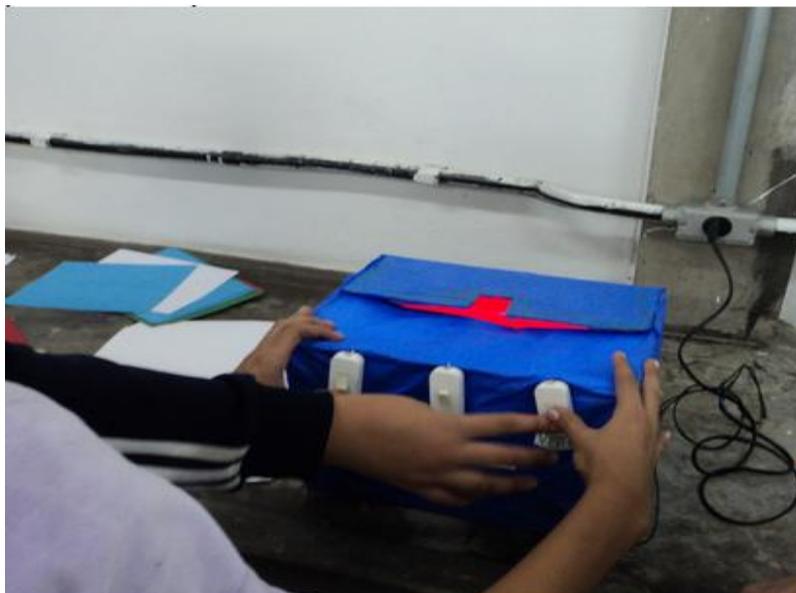


**Figura 10:** Caixa de cores vista por dentro



**Figura 11:** Esquema da Caixa de cores vista por dentro, modificada de Gref (1998).

Na Figura 12, podemos observar a caixa externamente com as indicações das cores das lâmpadas para os alunos acenderem.



**Figura 12:** Caixa de cores vista por fora e sendo manuseada pelos alunos.

A caixa de cores possibilita a obtenção do efeito aditivo da luz com as cores: vermelha, verde e azul. Ao acendermos as lâmpadas duas a duas, é possível também obtermos outras cores: azul e vermelha, resultando na cor magenta; as lâmpadas azul e verde, que formam o ciano; e com as lâmpadas vermelha e verde, que compõem o amarelo.

Acreditamos que a utilização da caixa de cores pode proporcionar aos alunos situações em que suas concepções são colocadas em evidência se puderem produzir o efeito físico satisfatoriamente.

### **Conteúdo Físico a ser explorado**

Pretendendo explorar as ideias dos alunos a respeito da visão de cores com o experimento da “caixa de cores”, em função dos dados obtidos, elaboramos uma sequência didática com um enfoque interdisciplinar, como o proposto por Fazenda (2008), em que o próprio professor aborda temas de várias disciplinas.

Estudamos a dispersão da luz com um prisma e um projetor de luz (datashow) ao explorar a composição da luz branca e do preto como ausência de luz. Analisamos o processo aditivo com auxílio de um programa de computador (a paleta de cores do Power Point); isso permitia escolher a intensidade de vermelho, verde e azul, na formação da cor. Trabalhamos os aspectos biológicos da visão, com o estudo do olho humano. Para discutir a síntese subtrativa da cor, estudamos a técnica impressionista de pintura com os alunos. Utilizamos as cores primárias vermelha, azul e amarela, para a obtenção de outras cores, o que possibilitou confrontar os modelos da formação e visão das cores, tanto pela síntese aditiva como pela síntese subtrativa.

### **Reflexão sobre o conteúdo das atividades**

Com esses passos, esperávamos encontrar elementos que nos permitissem entender melhor a estruturação de um planejamento cujo ponto de partida para o desenvolvimento dos conteúdos são as ideias dos alunos.

## 5 O DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

Tendo uma expectativa sobre as concepções espontâneas, passamos à construção dos instrumentos desta pesquisa. A única construção definida a priori foi a primeira atividade, a “caixa de cores”. A partir dela esperávamos encontrar os dados que nos ajudassem a definir quais as atividades mais adequadas para nossos alunos. Isso em função das explicações de senso comum que apresentassem, pois nosso objetivo era desenvolver nossas ações em função das concepções que fossem apresentadas. Acreditamos que a aprendizagem ocorre em situações de equilíbrio onde se estabelece o diálogo pedagógico significativo, Pacca (2015).

A tomada de dados foi feita com duas turmas de segundo ano de uma escola de Ensino Médio público do estado de São Paulo. Uma das classes tinha 35 alunos e a outra, 37.<sup>3</sup> Em função dos resultados dos nossos procedimentos, as atividades foram realizadas em cinco aulas para cada classe.

### 5.1 A TOMADA DE DADOS - A “CAIXA DE CORES”

A primeira atividade proposta foi a “caixa de cores”. Tínhamos o intuito de provocar um “desequilíbrio”, como proposto por Piaget (1974), e discutido anteriormente, e contextualizar a questão da formação e visão das cores. Também tinha como objetivo identificar as concepções alternativas sobre a formação das cores da luz presentes nos alunos.

Os alunos foram divididos em grupos de até quatro pessoas. Cada grupo possuía uma “caixa de cores” e uma folha com um questionário que deveria ser respondido de forma individual. Na mesa do professor dispusemos potes de tinta nas cores vermelha, azul e verde. Essas cores foram escolhidas por serem as mesmas das lâmpadas, nas quais os alunos poderiam mexer a qualquer momento.

---

<sup>3</sup> A pesquisa foi aprovada pelo comitê de ética CAAE: 38867214.9.0000.5473

Submetido em: 29/04/2015

Instituição Proponente: INSTITUTO FEDERAL DE EDUCACAO, CIENCIA E TECNOLOGIA DE SAO PAULO

O questionário foi composto por dez perguntas:

- 1) Que cor se obtém quando acendemos a luz vermelha e a verde?
- 2) E a vermelha e a azul?
- 3) E a azul e a verde?
- 4) As três lâmpadas acesas simultaneamente, o que ocorre?
- 5) Tente elaborar uma explicação para o que ocorreu nas situações propostas acima.
- 6) E quando colocamos o cartão azul, de que cor ele fica quando acendemos as lâmpadas uma a uma? Por que isso acontece? Justifique.
- 7) Trocando a cor do cartão pelo vermelho, repita os passos da questão 6. Justifique o que você encontrou?
- 8) Repita os passos da questão 6, só que agora com o cartão verde.
- 9) As cores obtidas para os cartões são as mesmas obtidas quando se mistura tinta? Justifique.
- 10) Qual o procedimento que fez os cartões terem a mesma cor quando você o observa na presença da luz solar? Por que isto ocorre?

Essas questões, acompanhadas de experimentação, tinham como objetivo fazer os alunos entrarem num conflito ao retomarem suas ideias prévias sobre a cor e fazerem uma previsão do que encontrariam no experimento. Após o resultado prático com a caixa, esperávamos concepções como:

- as luzes se misturam como ocorre com as tintas;
- a luz colorida é ativa e é o olho que produz a cor;
- a luz branca é uma cor e é neutra;
- as cores da luz não se alteram na interação com os objetos

Solicitamos que elaborassem suas respostas sem se preocuparem com certo e errado. Que colocassem o que pensavam nas respostas e de acordo com a manipulação dos materiais.

Inicialmente os alunos mexiam na caixa, ligavam e desligavam as lâmpadas pelos interruptores. Passada a curiosidade inicial, um dos alunos lia as questões para que todos pudessem dar suas respostas e só então eles ligavam as lâmpadas conforme pedido no questionário. As discussões ocorriam entre os integrantes dos grupos.

Durante o desenvolvimento da atividade, os alunos apresentaram muita dificuldade para escrever sobre suas hipóteses. Quando pediam nossa ajuda, reforçávamos a ideia de que colocassem o que estavam pensando. Podemos destacar que eles demonstraram interesse e empenho durante os procedimentos, interagindo e discutindo os resultados obtidos com a caixa de cores.

Com os dados que obtivemos, passamos a analisar as respostas e reações dos alunos ao contato com a “caixa de cores”. Foi possível identificar o aparecimento de várias concepções espontâneas, sendo as principais:

- a cor como algo material;
- não diferenciação da formação de cores por adição ou subtração;
- a luz branca é de uma cor, assim como o preto.

Houve dificuldade em dar sua própria interpretação sobre os fenômenos e de relatá-los quando observavam o resultado na caixa de cores, confirmando nossa expectativa.

## **5.2 ANÁLISE DAS RESPOSTAS**

Para conseguir realizar a análise das respostas tivemos uma grande dificuldade. Estamos acostumados a atribuir certo ou errado nas tarefas que os alunos realizam, mas tentar interpretar o seu pensamento é uma ação muito

complexa. Para tal intento, fizemos uso, em um primeiro momento, da análise de conteúdo como proposto por Faustino (2000), onde buscamos organizar as falas dos alunos, buscando significado a algumas palavras, anotando a frequência dessas palavras e conectando a natureza da informação.

Em um segundo momento, passamos a uma interpretação das respostas e dos dados obtidos. Nosso olhar passou a buscar o que seria o pensamento do aluno e sua conexão possível com as respostas apresentadas. Fizemos uso do processo de análise textual qualitativa sugerido por Moraes e Galiuzzi (2007), que estabelece categorias a priori para classificar as respostas dadas no questionário. A literatura específica tratada no **Capítulo 2** também nos ajudou nessa tarefa.

Assim, os tipos mais recorrentes de ideias que caracterizamos estão indicados no Quadro 4, que traz também o número de ocorrências:

<b>Categoria da Concepção</b>	<b>Característica</b>	<b>Nº de ocorrências</b>
I – Mistura de cores	A luz se mistura como as tintas (pigmentos).	36
II – Força da luz	Uma luz é capaz de se sobrepor a outra.	21
III – Reflexão da cor do objeto	O que define a cor é o objeto.	12
IV – Concepção formal	A mistura de luz gera a cor branca e a mistura de tinta, a cor preta.	3

**Quadro 4** Caracterização das principais concepções sobre a formação da cor.

### **Detalhando as categorias**

**I. Mistura de cores** – concepção para a luz em que as cores são resultantes da sua mistura como ocorre quando se misturam pigmentos.

- **Misturam** as cores das lâmpadas.

- Sim, **misturam** como tinta.

- Os cartões e as tintas **são corpos iluminados**, as cores se **misturam** da mesma forma.

**II. “Força” da luz** (luz ativa) – ideia de que a luz se sobressai, predomina sobre a cor dos objetos.

- Não, a luz tem um **efeito maior** que o da tinta.

- Não, porque **a luz reflete e simula uma cor**, a tinta não.

- Ocorre reflexão da **cor da luz**

**III. Reflexão<sup>4</sup> da cor do objeto** – os alunos associam a cor vista à do objeto.

- Não, as tintas passam a ter uma cor **mais intensa** que a das luzes.

- Não, a tinta tem um tom de cor muito **mais forte** que a luz, no entanto, a cor da mistura se torna **mais forte**.

**IV. Concepção formal:** respostas apresentam ideias que se aproximam dos conceitos científicos, ainda que não totalmente completos.

- Quando acendemos a **três lâmpadas ao mesmo tempo**, ou quando acendemos **a mesma luz da cor do cartão**, porque a cor só é enxergada quando a luz chega aos nossos olhos.

- É preciso ter **sua própria** luz acesa

- Luz é uma **liberação de energia** e a tinta é uma **reação química**.

### 5.3 ATIVIDADES ELABORADAS PARA CONFRONTAR AS CONCEPÇÕES

Com a identificação das ideias que nossos alunos utilizaram para explicar a formação das cores no experimento da “caixa de cores”, procuramos elaborar uma sequência de atividades que justamente colocavam em xeque

---

<sup>4</sup> O termo reflexão é usado de forma genérica e até quando o fenômeno em questão é a refração. Aparece inclusive em categorias de concepções distintas, como nas categorias II e III.

essas ideias. Acreditamos que dessa forma, ao perceberem limitações nas suas explicações, insuficientes para justificar as novas situações propostas; abriríamos caminho para o desequilíbrio, no sentido piagetiano, e à possibilidade de reestruturação dessas ideias pessoais.

Para alcançar esse objetivo, adotando um enfoque interdisciplinar como o proposto por Fazenda (2008), elaboramos quatro atividades abordando temas da Física, da Biologia e das Artes. São elas: 1) **a dispersão da luz** - mostrando que, na verdade, a luz branca não é uma luz de fato, como o vermelho ou o verde, mas uma combinação de luzes; 2) **a formação das cores por adição** - com auxílio de programa computacional, combinar cores básicas para obter as demais; 3) **a biologia da cor** - análise das estruturas do corpo humano que nos permitem enxergar colorido; 4) **o impressionismo e a cor** – fazer pinturas com utilização de elementos da técnica impressionista para entender a relação entre os pigmentos e a luz ambiente e, assim, para vermos uma cor. São essas atividades e sua realização na sala de aula que discutiremos na sequência deste trabalho.

### 1) **A dispersão da luz – os meios ópticos**

Uma ideia recorrente entre os estudantes era a de que a luz branca seria uma luz, como são a vermelho, a verde, a amarela, etc. A linguagem cotidiana ajuda a entender essa construção, uma vez que utilizamos lâmpadas “de luz branca” para a iluminação em geral – são lâmpadas que emitem ondas eletromagnéticas de toda ou praticamente toda a faixa do visível, além de existirem pigmentos de cor “branca” para pintura. Dessa forma, acreditamos que para começar a estudar a natureza da luz e entender os processos aditivo e subtrativo da formação das cores deveríamos abordar essa questão realizando um experimento de dispersão da luz branca.

Quando sofre refração, além da mudança de velocidade, a luz pode também sofrer desvio na sua trajetória dependendo de como atinge a superfície de separação dos meios. Ao incidir obliquamente em um prisma de acrílico (por exemplo), suas diversas componentes passam a se propagar com velocidades diferentes e também sofrem desvios diferentes. Isso ocasiona sua

separação de tal forma que podemos ver as diversas luzes que compõem a luz branca.

### O procedimento

Para realizar essa atividade, utilizamos a sala de projeção da escola, pois parte dos recursos necessários se localizava naquele espaço. Usamos os seguintes materiais: um prisma de acrílico, um projetor (datashow) e um *notebook* com o programa Power Point. Colocamos dois pedaços de fita crepe para cobrir parcialmente a lente do projetor e deixar uma fenda de modo a conseguirmos um feixe estreito de luz. O programa Power Point foi usado para gerar uma tela em branco de modo a projetar luz branca. A Figura 13 traz uma foto da montagem realizada na sala de projeção.



**Figura 13:** Vista da fenda feita com fita crepe e do posicionamento do prisma.

A escolha desse arranjo ocorreu pelo fato de não dispormos de material suficiente para que os próprios alunos realizassem o experimento em grupo. O uso do projetor possibilitaria a visualização do efeito por todos os presentes na sala. Feitos os preparativos e com os alunos acomodados, apagamos a luz ambiente e iniciamos a projeção. A imagem obtida, projetada em uma folha de papel sulfite, é apresentada na Figura 14.



**Figura 14:** Linhas espectrais obtidas com o uso do prisma e do datashow

Ao ver a imagem, as discussões dos estudantes se voltaram para a quantidade de cores que podiam perceber. Ouvimos opiniões de que havia sete cores, de que a imagem vista era “Igual ao arco-íris”. Pedimos para que eles se aproximassem e contassem quantas cores viam. Houve respostas com diferentes quantidades - sete, dez, vinte... Para destacar a relação da luz branca com as demais cores, retomamos a “caixa de cores”, solicitando que os alunos repetissem algumas combinações de luzes experimentadas anteriormente. Depois disso, tivemos vários alunos que se manifestaram concordando com a ideia de que a luz branca seria formada pela combinação de todas as cores. Outros, por sua vez, se manifestaram dizendo que a cor que viam como a luz branca era a verdadeira (como esperávamos, uma vez que apareceu tal concepção em respostas ao questionário).

Decidimos propor duas questões para verificar a forma como os estudantes explicavam a situação vivenciada:

- 1) Quantas cores estão sendo formadas? Você consegue distingui-las muito bem?
- 2) O que você acha que aconteceu dentro do prisma? Justifique sua resposta.

Ao analisar os resultados, entendemos que a maioria dos alunos percebia a existência de muitas faixas de cores formadas na decomposição da

luz pelo prisma, mas a gradual transição entre elas não ficou evidente. A associação com sete cores é uma concepção muito arraigada que pode estar ligada à cultura popular, ou mesmo formal, pois encontramos inúmeras referências<sup>5</sup> às cores do arco-íris como sendo sete (vermelho, laranja, amarelo, verde, azul, anil e violeta).

Quanto à explicação do experimento, uma ideia recorrente foi associar o que vivenciaram à reflexão da luz, desconsiderando o fenômeno em questão, que é a refração. A confusão entre refração e reflexão é comum (GIRCOREANO, 1997). Os dois fenômenos estão presentes e dependendo de onde se olha, parece que o prisma está brilhando. Os alunos usam explicitamente o termo reflexão:

- A **luz bate** nas paredes do prisma, sai e **divide** a luz.
- A **luz reflete** no prisma e **reflete** cores diferentes.
- A luz **bate** nos seus 3 lados formando um arco íris.

Constatando essas dificuldades, acreditamos que seria necessário aprofundar mais a discussão da constituição da luz branca e da formação das cores pelo processo aditivo. Para tanto, elaboramos outra atividade que abordasse esses dois assuntos.

### **Atividade sobre formação de cor pelo processo aditivo**

Utilizamos um recurso do programa Power Point chamado paleta de cores que permite determinar a cor da tela que será projetada pelo datashow. O efeito é obtido com base no processo de formação de cores por adição, sendo cores primárias a vermelha, a verde e a azul (sistema RGB)<sup>6</sup>.

---

<sup>5</sup> Vários sítios de internet e livros de Ensino Fundamental e Médio apresentam essa informação.

<sup>6</sup> Esse recurso permite a formação de mais do que 15 milhões de cores, número infinitamente superior ao que necessitamos para a atividade.

O procedimento ocorreu da seguinte forma: abrimos o programa e escolhemos a apresentação de “layout de slide em branco”, como pode ser visto na Figura 15.

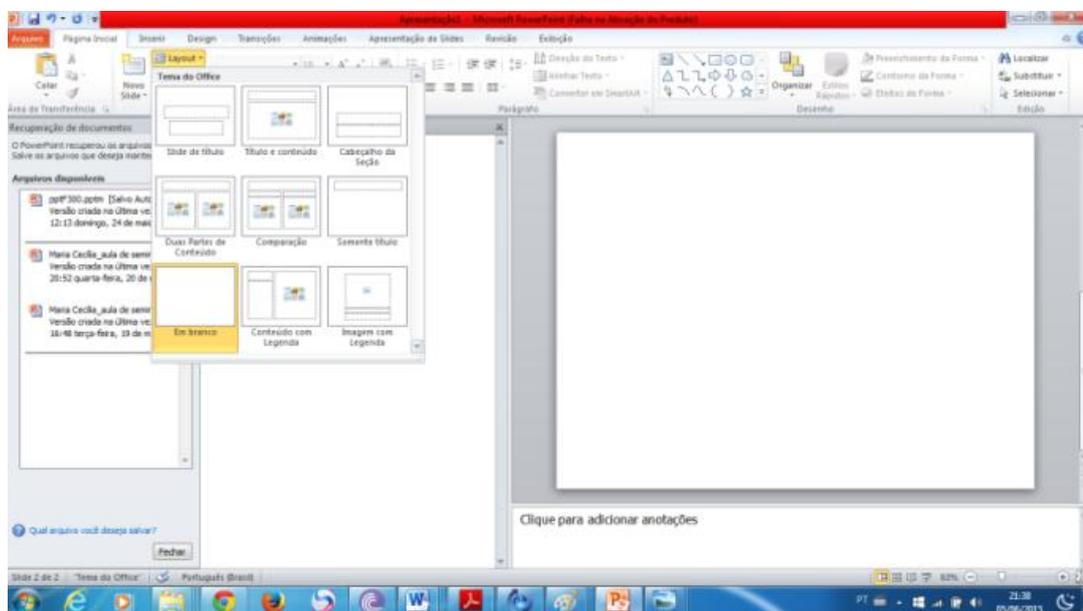


Figura 15: Mostrando o slide do Power Point em branco.

Em seguida, utilizamos a ferramenta de “preenchimento de formas” e escolhemos a opção “mais cores”, como indicado na Figura 16.

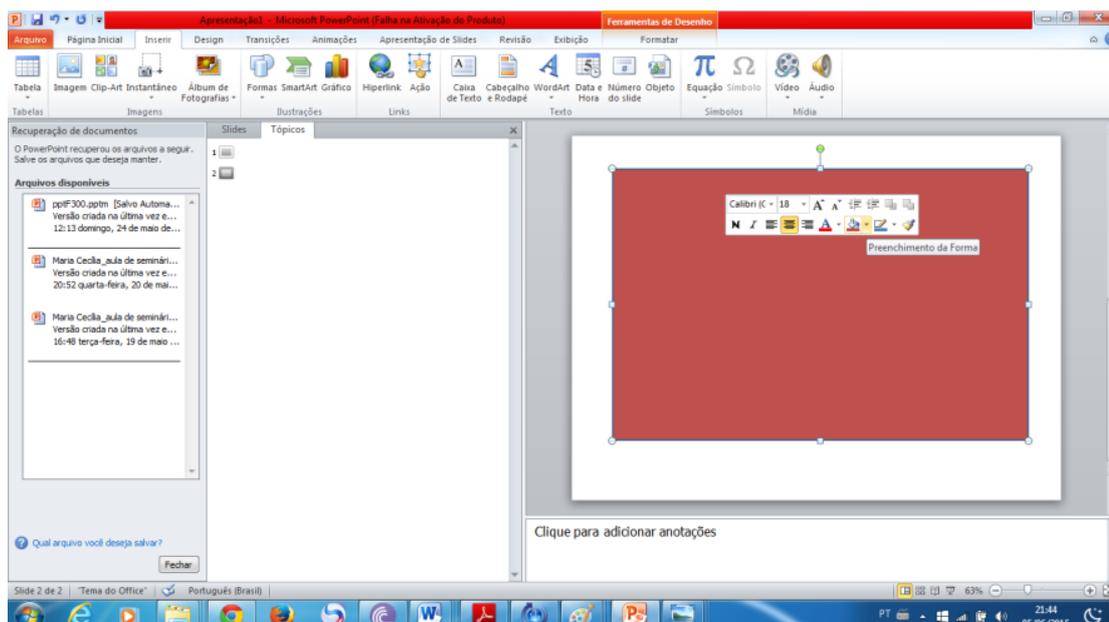
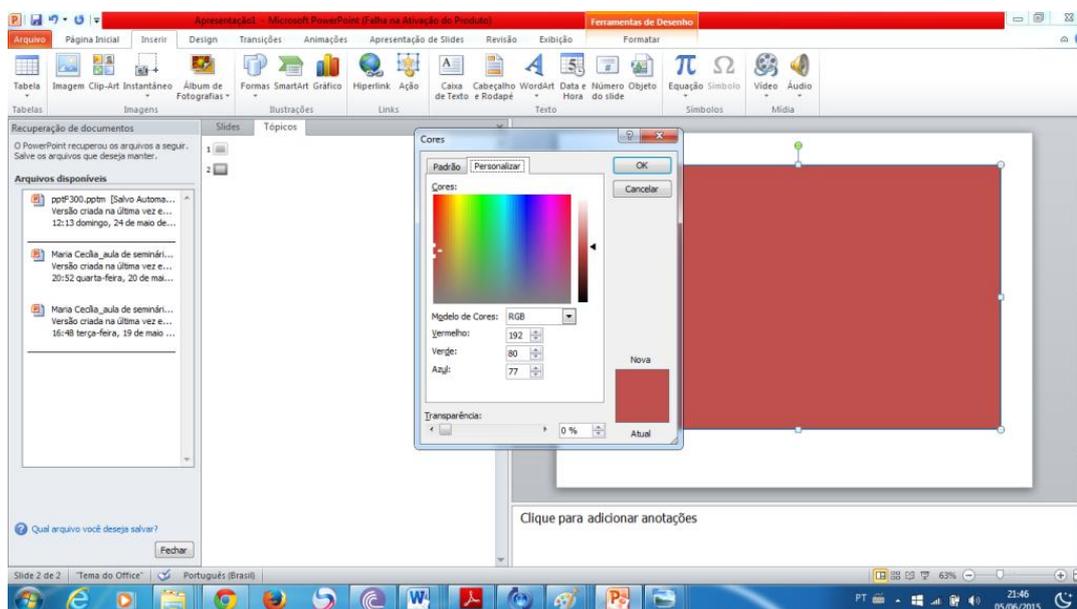


Figura 16: Caixa de diálogo do Power Point para opção de escolha de preenchimento de cores.

Na Figura 17, vemos a paleta de cores.



**Figura 17:** Paleta de cores do Power Point mostrando o sistema de cores RGB.

Essa tela de apresentação, que permite a intervenção do usuário, é denominada “caixa de dialogo”. Nela, vemos números associados às cores primárias e, pelo algoritmo do programa, podemos atribuir valores de zero a 255 para cada cor que corresponde à intensidade da luz a ser emitida pelo projetor. A combinação das intensidades de vermelho, verde e azul, gera a cor pretendida. Por exemplo, ao escolhermos a opção 255 em todas as caixas, iremos obter o branco. Ao colocarmos zero em todas as caixas, a tela fica sem iluminação (“preta”) - a fonte não emite luz. O conceito de intensidade aparece qualitativamente pelos efeitos produzidos.

## O procedimento

A paleta de cores já era conhecida por parte dos alunos. Explicamos apenas que poderíamos obter as diversas cores variando os valores relativos as três cores ali indicadas, o que significava variar a intensidade, sendo o valor zero para a emissão nula e 255 para a emissão máxima. Nossa primeira pergunta: quais números usamos para obter o branco?

Alguns alunos responderam que deveria ser zero em todas as casas. Seguindo a sugestão, obteve-se a ausência de iluminação, efeito que os

surpreendeu. A essa ausência de iluminação, eles se referiram como preto. Ouviram-se interjeições de espanto, pois os estudantes não entendiam como a ausência de cor poderia resultar no preto. Provavelmente, pensaram na pintura por pigmentos (síntese subtrativa): como pintam sempre sobre um papel em branco, quando não pintam, o papel permanece branco.

Explicamos que o preto acontece quando não há luz. Retomamos a pergunta inicial sobre a combinação que deveríamos usar para obter o branco; e desta feita os alunos disseram que deveríamos colocar o valor máximo nas três caixas<sup>7</sup>.

Elaboramos quatro questões para que os alunos refletissem sobre o experimento e pudéssemos colocar em questão a ideia espontânea de que o branco e o preto têm existência concreta:

- 1) Como vocês fizeram para obter a cor branca na tela? Explique o procedimento. Por que você acha que acontece este fenômeno?
- 2) O que aconteceu quando vocês colocam zero para as três cores básicas? Explique o resultado.
- 3) Como você acha que ocorre a formação das cores? Como o nosso cérebro interpreta as cores que vemos? É do mesmo jeito com tinta e com luz? Justifique.
- 4) Você vê de forma diferente quando misturamos tinta ou misturamos luz? Justifique.

Na questão 1, todos os alunos escreveram que deveríamos colocar 255 nas três caixas de seleção. Alguns justificaram com a ideia de que deveria ser a “maior mistura de cores” (provavelmente se referindo à maior intensidade das cores emitidas quando colocamos valores maiores). De qualquer forma, encontramos algumas respostas que nos pareceram trazer ainda a concepção espontânea de a luz branca ser mais uma das cores, como podemos ver na resposta seguinte:

- Obtêm-se a cor branca porque **umenta a claridade**.

---

<sup>7</sup> O conceito de intensidade já aparece entre os alunos.

Encontramos também respostas que dão indícios de que o aluno está começando a entender o processo de formação das cores por adição, uma vez que está usando termos que levam em conta a intensidade das cores emitidas:

- Ficou branco, ocorreu a partir da **igual quantidade de cores primárias**.

Na questão 4, encontramos respostas que faziam relação com as concepções encontradas no experimento da “caixa de cores”. Os alunos entendiam que a interpretação das cores feita pelo cérebro humano acontecia de forma diferente para a tinta e para a luz, como se os dois não se relacionassem, ignorando que é a luz que chega aos olhos e que permitirá a visão de determinada cor.

- Sim, porque cada um **age de forma diferente** no nosso cérebro quando nossos olhos captam as cores.

- Acho que porque a tinta envolve **elementos químicos** e na luz é apenas **reflexo**.

Notamos na segunda resposta elementos interessantes. O aluno ainda diferenciou o que ocorre na interpretação da luz que chega ao olho, mas chamou a atenção para os “elementos químicos” associados à tinta. Consideramos isso importante, pois na síntese subtrativa é a interação com a matéria, impregnada com certo pigmento (a tinta), que determinará quais das frequências da luz incidente serão absorvidas e quais serão refletidas, podendo chegar aos olhos e permitir a visão de determinada cor. Acreditamos que essa ideia está embutida em outras respostas, mesmo que de forma mais velada:

- Não, porque o **pigmento** vai **formar** uma **luz** e a **luz** **outra**.

A materialidade (da tinta) ou imaterialidade (da luz) também parece direcionar a interpretação da cor resultante:

- Sim, porque a **tinta é líquida** e a **luz** **claridade**.

Após a realização dessa aula, resolvemos realizar uma discussão com dois alunos<sup>8</sup> para tentar conseguir mais elementos sobre a forma de interpretarem a síntese subtrativa e a aditiva.

P: Vocês poderiam me explicar melhor como ocorre a formação das cores?

A1: Eu acho que a cor se forma quando mistura, mas eu sei que tem cores que são tipo base.

A2: Tem cores que são base, do tipo que a cor é aquela e pronto.

P: Quando mistura na luz e na tinta é do mesmo jeito?

A1: Não, na tinta depende do tipo de tinta. Assim, se for uma tinta “fraca”, como aquarela, é difícil ver a cor. Já se for uma tinta forte, aí é mais fácil.

A2: É verdade, mas quando acendemos as lâmpadas coloridas ficou diferente, tipo pintou o papel de preto, mas quando a luz era da sala, voltava.

P: Por que você acha que isso ocorreu?

A2: Eu não sei! Eu acho que é porque o tempo todo tem luz igual a da sala, da mesma cor, ou do Sol que é quase igual.

P: O que você chama de cores tipo base?

A1: Aquelas que formam as outras... tipo: eu junto o vermelho e o branco e tenho o rosa, ou junto o azul e o amarelo e tenho o verde.

P: E nas lâmpadas foi igual?

A1: Não, porque as cores que davam eram diferentes, e quando apagava as lâmpadas, não ficava.

P: O que vocês acham que aconteceria se, por um acaso, alguém conseguisse fazer com que o sol só emitisse luz azul e todas as lâmpadas que temos também emitissem luz azul? Qual seriam as cores que veríamos? Será que ficaria igual à caixa de cores?

A1: Eu acho que às vezes, se fosse um azul assim... bem claro. Poderia ficar igual.

---

<sup>8</sup> Utilizaremos a notação P para professor e A para aluno.

A2: Eu acho que poderia acontecer a mesma coisa daquela caixa... Quando acendia o azul e eu colocava o papel verde, o papel ficava preto, mas aí ia depender do tipo de coisa, **tipo papel ou tinta** que eu coloquei lá.

Por essas respostas, notamos que os estudantes perceberam que há diferença entre a cor vista por reflexão e a vista por emissão direta da fonte, mas não têm elementos para construir uma explicação mais elaborada. Eles ainda entenderam as cores como propriedade do material, mas acreditamos que essa concepção alternativa pôde ao menos ser colocada em dúvida com a “caixa de cores”.

Aliada à confusão no entendimento dos processos aditivo e subtrativo da luz, o papel do olho na determinação da cor ainda foi uma “caixa preta” que precisa ser “aberta”. Assim, elaboramos a atividade seguinte, centrada nos aspectos fisiológicos do funcionamento do olho e na interpretação feita pelo cérebro humano – uma aula em que discutimos a biologia envolvida na visão.

## **2) A “biologia” das cores – o olho ativo**

Esse passo foi iniciado com a apresentação do vídeo Visão (1998) sobre o funcionamento do olho humano. Não fizemos uma apresentação “contínua”, pausamos o vídeo e discutimos as informações apresentadas ao longo da projeção, chamando a atenção para os experimentos que realizamos nas aulas anteriores com referência à formação das cores.

No vídeo foi mostrada a interação da luz com as células fotorreceptoras<sup>9</sup>, destacando a necessidade da luz para que ocorra a visão, a entrada da luz no olho, a persistência visual e como o cérebro interpreta os estímulos recebidos. Ao final da apresentação, pedimos aos alunos que se dividissem em grupos e escrevessem um pequeno resumo sobre o que assistiram. Por fim, ainda pedimos a alguns grupos que lessem seus relatos para os demais alunos.

---

<sup>9</sup>As células fotorreceptoras são de dois tipos, cones e bastonetes, em virtude da sua forma. Os cones dispõem-se na região central da retina e são responsáveis pela visão colorida, enquanto os bastonetes, mais abundantes nas regiões periféricas, processam uma visão de contornos, de contraste claro-escuro, em condições de baixa luminosidade.

Destacamos, a seguir, algumas das ideias apresentadas.

- A luz **reflete** nos cones, quanto **mais luz mais fácil vemos**, na **ausência** de luz **não vemos**.

Respostas como essa nos indicam um melhor entendimento do processo de visão, da necessidade da luz para tal. Mas ainda comportam ideias científicas incompletas: o uso genérico do termo reflexão é recorrente.

Outras respostas reproduzem o processo de forma mais completa, aproximando-se da descrição que gostaríamos que os alunos se apropriassem.

- A luz que **reflete** num objeto **vai** aos nossos cones, nos olhos, que enxergam as cores. Cada cone vê uma cor entre o RGB e a **mistura da luz** forma as outras cores.

- A partir da luz que entra em nossos olhos vai até os cones e faz o sistema RGB **que produz as cores** que vemos

Contudo, mostrando a persistência das concepções próprias, ainda encontramos explicações que indicavam um entendimento incoerente com o modelo que ora discutimos:

- Na luz **existe apenas o branco**, a partir do branco **formam** as outras cores.

- As **cores verdadeiras** se formam **no objeto** e o cérebro interpreta.

Manteve-se a ideia da luz branca como um elemento com existência individual (um ente da faixa visível das ondas eletromagnéticas). A segunda afirmação é dúbia, pois o aluno poderia querer se referir à cor do pigmento como verdadeira (propriedade do objeto, portanto), ou que é a cor que deve ser formada quando a luz atinge o objeto. Mas essa é apenas um conjectura, uma vez que não houve oportunidade de solicitar ao estudante que detalhasse mais sua resposta.

Para tratar a questão de qual, afinal, seria a cor “verdadeira” dos objetos, elaboramos uma nova atividade na qual exploramos a relação entre os

pigmentos de uma pintura e sua iluminação. Essa atividade permitiu uma abordagem mais centrada no processo subtrativo de formação da cor, sem perder de vista o processo aditivo. Exploramos o campo das Artes, mais especificamente da Pintura, com o estudo do movimento impressionista que trabalha as cores com a interação da luz.

### **3) O impressionismo – a luz e as tintas**

Para contrapormos o processo aditivo e o processo subtrativo na formação das cores, optamos por abordar a técnica impressionista de pintura na qual se obtém as diversas cores a partir das cores primárias<sup>10</sup>. E a mistura ocorre diretamente na tela a ser pintada, levando-se em conta a luminosidade no momento da execução da obra.

#### **O procedimento**

A atividade foi realizada na sala de projeção da escola, onde havia espaço para dispormos as carteiras em círculos para que os alunos pudessem observar a figura. Lá, projetamos em uma tela imagens de algumas obras impressionistas. De forma expositiva, explicamos o que foi esse movimento, sua origem e sua técnica. Os alunos tiveram oportunidade para perguntas e comentários, após o que mostramos o quadro de Monet, Figura 18.

---

<sup>10</sup> As cores primárias são: vermelho, amarelo e azul. São chamadas assim porque são consideradas as cores que a partir delas se pode obter as outras cores, é o processo subtrativo da luz.



**Figura 18:** "O Passeio" ou "Mulher com Sombrinha".

Retirado de: <http://estoriasdahistoria12.blogspot.com.br/2013/12/analise-da-obrao-passeio-ou-mulher-com.html>

No passo seguinte, pedimos aos alunos que fizessem uma releitura da obra e elaborassem suas próprias pinturas tendo o quadro de Monet como modelo. Eles utilizaram a técnica de obtenção de cores dos impressionistas, conforme havíamos estudado. A Figura 19 mostra dois alunos realizando a atividade.



Após todos terem feito suas pinturas, pedimos para que os alunos falassem sobre essa experiência. E tentassem dizer se percebiam alguma relação com os experimentos anteriores, como a “caixa de cores” ou a dispersão.

Um dos alunos disse que a mistura das cores era diferente na tinta e na luz. E que apesar das cores se misturarem obtêm-se outras cores dependendo da iluminação (a luz ambiente que atinge o quadro e é refletida para o olho).

Obtivemos algumas respostas que apontam para um entendimento do processo de formação das cores:

- As cores das **tintas não se misturam como a da luz**, o processo de formação de cada uma é diferente, mas **todas precisam de luz** para o olho funcionar.

A discussão continuou com mais algumas respostas até a aula ser encerrada com a professora reafirmando: a necessidade da luz para se enxergar; que o olho é receptor de luz e que não existem apenas três cores (o vermelho, o verde e o azul), mas que, segundo as teorias estudadas, a luz incidente provoca nas células cones estímulos que, conforme sua frequência e intensidade, ao chegarem ao cérebro, são

interpretados como determinada cor. Dessa forma, a cor vista depende da luz que chega ao olho. E isso pode acontecer de forma direta, vindo a luz da fonte, ou por reflexão/absorção, quando um objeto iluminado reflete luz de certas frequências e absorve outras na interação da luz com os pigmentos (a matéria).

É esse o conhecimento físico que consideramos essencial no desenvolvimento das atividades e que desejávamos que os alunos conseguissem elaborar.

## **6 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS**

### **Os objetivos**

Nossa intenção foi desenvolver uma pesquisa que nos permitisse identificar as concepções de nossos alunos e usar essas ideias para elaborar atividades que, através da interação dialógica e de uma dinâmica diferente na sala de aula, proporcionassem oportunidades para um aprendizado significativo da formação e visão das cores.

### **A fundamentação da pesquisa**

Nosso trabalho inicial foi o de buscar no trabalho de Piaget, Vygotsky, e Bachelard, elementos sobre como se processa a aprendizagem. Em uma perspectiva construtivista, procuramos entender a dificuldade que podem representar, para a aprendizagem significativa dos conceitos científicos, as ideias que os estudantes já trazem, sejam elas espontâneas ou influenciadas pela instrução formal.

Em um segundo momento, procuramos não apenas identificar, mas a partir das concepções alternativas sobre cores, propiciar uma oportunidade para a reelaboração dos conhecimentos sobre a formação e a visão das cores através das atividades elaboradas.

### **O diagnóstico das concepções e a contextualização do aprendizado**

O ponto de partida, a aula inicial, foi elaborado a partir dos dados e apontamentos que encontramos na revisão bibliográfica sobre concepções

alternativas a respeito da formação das cores e, com atenção especial, do processo da visão. Isso nos permitiu elaborar uma atividade inicial, a “caixa de cores”, que além do seu caráter diagnóstico, possibilitou contextualizar e problematizar o tema da formação e visão das cores. Esse é assunto que envolve muita ludicidade, sem esquecer a sua importância para nossa vida e as aplicações tecnológicas cada vez mais presentes e acessíveis no dia a dia.

Verificamos que os quadros de concepções que elaboramos apresentaram resultados da mesma natureza dos encontrados em outras pesquisas sobre esse tema. A importância desses dados para nós está no fato de que desejávamos nortear a escolha de atividades e elaborar uma sequência didática a partir deles.

### **A caixa de cores**

A atividade a “caixa de cores” proporcionou a oportunidade para a participação ativa dos estudantes. Ela os ajudou na discussão de hipóteses e opiniões. Incentivou não só no diálogo entre eles, mas entre alunos e professor e com o fenômeno observado, ou seja, o conceito sobre a formação e visão das cores. Notamos a dificuldade dos alunos em sistematizar e sintetizar suas ideias de forma mais elaborada e por escrito, tanto em responder aos questionários, como em elaborar os resumos. Uma dificuldade que, infelizmente, não é surpreendente se considerarmos que a prática corrente nas salas de aula há muito tempo, com raras exceções, coloca o aluno na posição de ouvinte e observador passivo frente ao conhecimento.

### **As principais dificuldades**

As principais concepções que identificamos a partir da atividade com a “caixa de cores” relacionaram-se com a materialidade da cor, com o não entendimento de que há dois processos para formação das cores (sínteses subtrativa e aditiva), e com a consideração de que o branco e o preto são cores (têm identidade de luz), essencialmente.

## Os resultados

Ao completarmos a sequência didática e a tomada de dados para esta pesquisa, pudemos destacar inicialmente dois pontos:

- os alunos demonstraram engajamento e interesse pelas atividades;
- a utilização de concepções espontâneas para direcionar o planejamento das aulas não foi algo fácil, mas acreditamos que a consideração dessas ideias é essencial para determinar as atividades que escolhemos e desenvolvemos em uma sala de aula.

Quanto aos nossos objetivos, quando foram identificadas as concepções utilizadas para determinar as atividades a serem desenvolvidas ficou clara a dificuldade para o professor desenvolver um trabalho dessa natureza. Principalmente se considerarmos o panorama das escolas públicas, em que os professores precisam assumir muitas classes com número elevado de alunos e não tem tempo para estudar.

No que se refere especificamente aos procedimentos que propusemos, percebemos que a questão da formação da cor por adição e o entendimento da natureza da luz branca, apesar de já ser um resultado esperado, geraram mais dificuldades do que esperávamos. Também destacamos o interesse e a curiosidade que conseguimos despertar com as atividades, o avanço que parte dos alunos conseguiu na construção das ideias científicas; e também a persistência de ideias espontâneas, como a luz “branca” com existência particular individual.

A dispersão da luz, com o prisma, gerou certa desestruturação das ideias quanto à composição e natureza da luz. Os alunos ficaram surpresos ao verem as diversas cores com a dispersão, mesmo para aqueles que já haviam ouvido falar de que a luz branca era a mistura de outras. Pudemos identificar outras concepções, como o uso do termo reflexão (mesmo para fenômenos em que ocorria a refração) e a crença nas sete cores do arco-íris.

As dificuldades persistentes, ou seja, as concepções dos alunos que identificamos com o uso do questionário e pela observação em sala de aula levaram

a novas atividades, como o trabalho com a paleta de cores de um programa de computador e, posteriormente a discussão de temas da Biologia, da estrutura do olho humano. Isso abriu oportunidade para uma abordagem interdisciplinar, destacando-se o funcionamento da retina e o papel do cérebro na interpretação das cores, bem como um modelo explicativo para a visão em cores. Destacamos mais uma vez que todas essas atividades envolveram a participação dos alunos, escrevendo, expondo, e discutindo os resultados observados.

Como atividade final, para abordar de outro modo as sínteses aditiva e subtrativa das cores, fizemos uma ligação com as Artes ao se estudar os elementos da técnica impressionista de pintura. Os impressionistas valorizavam, sobretudo, a luz e como, no decorrer do dia, a iluminação mudava a cor dos objetos e da paisagem. Tal abordagem mostrou-se motivadora. Possibilitou não só uma “visita” a grandes mestres da pintura, mas também a oportunidade para os alunos experimentarem a Pintura em uma aula de Física, com a obtenção na prática de variadas cores e efeitos.

A Fala final em sala de aula, revisando os conceitos estudados, como a da necessidade da luz penetrar no olho para se enxergar, uma vez que o olho é um receptor de luz, que o olho humano possui três cones, capazes de perceberem o vermelho, o verde e o azul, mas que ver colorido depende da luz incidente que provoca estímulos nas células cones, que conforme a frequência é interpretada pelo cérebro. Portanto ver cor depende da luz que chega ao olho, proveniente de uma fonte de luz ou por reflexão ou absorção na interação da luz com a matéria.

Conforme nossa expectativa inicial, pudemos comprovar na nossa sequência de atividades que a adoção de ações que ofereciam oportunidade aos alunos de efetivamente interagirem com o objeto de conhecimento, de dialogar com suas ideias, com seus colegas e com atividades questionadoras, possibilitou a integração, o engajamento e o despertar de interesse pelos temas em estudo. A dinâmica da aula mudou quando ouvimos efetivamente os alunos. Eles tiveram a oportunidade de participar, questionar, elaborar justificativas, e, enfim, pensar.

Tivemos dificuldades em acompanhar as várias ideias<sup>11</sup> que os alunos apresentaram – a diversidade de falas, as falas simultâneas e perceber o que estaria fundamentando tais respostas. Nesse sentido, os trabalhos escritos pelos alunos permitiram localizar algumas ideias para uma possível retomada em outro momento, inclusive quando tais respostas pecassem pela generalidade.

### **Uma reflexão sobre o processo**

Estabelecer um planejamento dialógico, que leve em conta aquilo que o aluno pensa, implica ações e posturas das quais os professores em geral não conhecem ou para as quais não estão preparados de forma adequada devido à formação tradicional nas licenciaturas<sup>12</sup>. Estamos acostumados a fazer um planejamento inicial (com o conteúdo que deve ser trabalhado), que é desenvolvido sem referência nos alunos, nas suas formas de pensar. Como destacamos na fundamentação teórica, ficou-nos evidente a importância dos conhecimentos prévios para a aprendizagem. E que, com diferentes “roupagens”, aparecem nos trabalhos de pesquisadores da aprendizagem.

Gostaríamos de chamar a atenção para um ponto que consideramos diferencial deste trabalho. Além do papel atribuído aos estudantes, a escolha das atividades desenvolvidas nas aulas foi baseada nas ideias que eles apresentavam nas atividades que desenvolvíamos. Foi o caso da discussão da formação de cores com a paleta do Power Point. Esse recurso tecnológico foi escolhido pela dificuldade que identificamos na atividade anterior, a da dispersão da luz branca. Dessa forma, o planejamento didático foi sendo construído ao longo das aulas em função das ideias e dificuldades que os alunos apresentavam a respeito do tema em questão.

Chamamos a atenção para o papel do professor e a possibilidade de uma reflexão crítica sobre sua prática, o que, em geral, não é possível pelo desconhecimento e pelas condições complexas do seu trabalho.

---

<sup>11</sup> Podemos identificar como o construtivismo como proposto por Piaget (1974)

<sup>12</sup> Essa afirmação está baseada na nossa própria experiência de formação, no exercício profissional e em trabalhos relatados na bibliografia que ajudaram a embasar essa pesquisa.

### **Mudanças são necessárias**

Para que isso se efetive de fato, é necessária uma mudança de postura tanto do professor como dos próprios alunos. Estes precisam deixar a posição de personagens passivos na sala de aula que, quando muito, apenas ouvem e “copiam” as informações que seu professor apresenta. Já no caso do professor, ele precisa dar atenção às ideias dos estudantes e ter paciência para saber esperar a hora certa de apresentar uma resposta ao invés de oferecê-la sem possibilidade de reflexão efetiva. São novos saberes que ambos precisam dominar.

### **Quem sabe, uma semente...**

Esperamos que este trabalho, juntamente com o seu produto final, possa contribuir de forma positiva para novas reflexões sobre o processo de ensino e aprendizado e com as ações que efetivamente possam ser realizadas na sala de aula, colocando o aluno como protagonista desse processo.

Nossa principal intenção, na verdade, foi a de aprender, de tentar entender o que o aluno pensa e de oferecer a ele a oportunidade de compreender alguns fenômenos e relacioná-los a outras disciplinas. Dessa maneira, pretendemos que esse mesmo aluno perceba que a própria Física não se restringe a números ou fórmulas, nem está fechada em si mesma, mas ela que faz parte do seu dia a dia e que é uma forma de entender, agir e interagir com o Mundo que o cerca.

## REFERÊNCIAS

ANDERSSON, B; KÄRRQVIST, C. How swedish pupils, aged 12-15 years, understand light and its properties. **European Journal of Science Education**, v. 5, n.4, p. 387-402, 1983.

ARAUJO, L. C. **A Teoria das Cores de Goethe**. Biblioteca Virtual da Antroposofia, ago. 2013. Disponível em: <[http:// www. antroposofy .com .br /wordpress a-teoria-das-cores-de-goethe/#sthash.BfmdS6D0.dpuf](http://www.antroposofy.com.br/wordpress-a-teoria-das-cores-de-goethe/#sthash.BfmdS6D0.dpuf)> Acesso em 21. mai. 2015.

ASTOLFI, J. **A didática das ciências**. Campinas: Papirus, 1991.

\_\_\_\_\_ Los obstáculos para el aprendizaje de conceptos en ciências: la forma de franquearlos didácticamente. In. Palacios, Carlos, Ansoleaga, David & Ajos, Andrés. (Org). **Diez años de investigación innovación enseñanza de las ciencias**. Madrid. 1993.

\_\_\_\_\_ trabalho didático de los obstáculos, en el corazón de los aprendizajes científicos. **Enseñanza de las Ciencias**, v.12, n. 2, p. 206-216, 1994.

AUSUBEL, D.P. **Educational psychology a cognitive view**. 2. ed. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1978.

BACHELARD, G. **A Filosofia do Não - Filosofia do Novo Espírito Científico**. 5.ed. Lisboa: Tradição Joaquim José Moura Ramos, 1991.

\_\_\_\_\_ **A formação do espírito científico**. Contraponto: São Paulo, 1996.

BARROS, M. A.; CARVALHO, A. M. P. A História da Ciência Iluminando o Ensino de Visão. **Revista Ciência & Educação**, Bauru, v.5, n.1, p. 83-94, 1998.

BERNARDO, L. M. **História da Luz e das Cores**. 2. ed. Porto: Editora da Universidade do Porto, 2009.

BOUMA, P. J. **Physical aspects of colour: nainstroduction to the scientific study of colourstiuli and colour sensations**. Eindhoven. Philips Gloeilampenfabrieken, 1947.

BRUM, W. P.; SILVA, S. C. R. Uso de um Objeto de Aprendizagem no Ensino de Matemática tomando-se como Referência a Teoria da Aprendizagem Significativa. **Aprendizagem Significativa em Revista**, Porto Alegre: v. 4, n. 2, p. 15-31, ago, 2014.

CAMBRIGE. **A Percepção das Cores**. Disponível em <[http:// www. .com/pt-br/tutorials/color-perception.htm](http://www.com/pt-br/tutorials/color-perception.htm)> Acesso em 02. Ago. 2015

CHAUVET, F. Teaching color: Desingnig and evaluzation of a sequence. **European journal of Teacger Education**, Paris, v.19. p 121 – 126, out. 1996.

CHIZZOTTI, A. **Pesquisa qualitativa em ciências humanas e sociais**. Petrópolis: Editora Vozes, 2006.

COELHO, L.A. **Análise do Simbólico no Discurso Visual - Fisiologia da Visão - Um estudo sobre o “ver” e o “enxergar”**. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro - PUC- Rio de Janeiro. 2006. Disponível em: <[http://web.unifoa.edu.br/porta/plano\\_aula/arquivos/04054/Fisiologia%20da%20visao%20-%20MODULO%20I.pdf](http://web.unifoa.edu.br/porta/plano_aula/arquivos/04054/Fisiologia%20da%20visao%20-%20MODULO%20I.pdf)>. Acesso em 21.mai.2015.

CONTI, F. **Código da Cores**. Abr, 2012 Disponível em <<http://www.ufpa.br/dicas/htm/htm-cor.htm>>. Acesso em 21.mai.2015.

COSTA, G. G. C.; CORTESE, A. B.; SCURACHIO, R. E CATUNDA, T. Caixa de cores para o estudo de mistura de luzes coloridas. **A Física na Escola**, v.9, n. 2, p. 25 - 28, out, 2009.

DORAN, B. Misconceptions of selected science concepts held by Elementary School students. **Journal of Research in Science Teaching**, New York: v. 9, n. 2, p. 127-137, 1972.

DRIVER, R.; EASLEY, J. Pupils and paradigms: a review of literature related to concept development in adolescent science students. **Studies in Science Education**, Leeds: v. 5, n. 1, p. 61-84, 1978.

DRIVER, R. Students' conceptions and the learning of science. **Science Education**, V. 11, p. 481-490, 1989.

ESTEBAN, M. P. S. **Pesquisa qualitativa em educação: fundamentos e tradições**. Porto Alegre: Artmed, 2010.

FAULHABER, P. **Interrogando as Teorias Sobre o Arco-íris, História da Ciência e Saúde**, Rio de Janeiro: vol.14, n.2 Abr./Jun 2007. Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0104-59702007000200007](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-59702007000200007)> acesso em 15.07.2016.

FAZENDA, I. C. A.; Interdisciplinaridade e transdisciplinaridade na Formação do Professor, **Ideação Revista do Centro de Educação e Letras**, Foz do Iguaçu: v. 10, n.1, p. 93-103, jan, 2008.

FAUSTINO, M. F. **As concepções espontâneas sobre luz, visão e imagem: caso da câmara escura**, 2000.140f. Dissertação (mestrado em ensino de física) - Instituto de Física, Universidade Federal de São Paulo, São Paulo.

FETHERSTONHAUGH, T.; TREAGUST, D. F. Student s understanding of light and its properties: Teaching to engender conceptual change. **Science Education**, Western Australia: v. 76, p. 653-672, nov, 1992.

GAGNÉ, R.M. **The conditions of learning**. 3. Ed., New York: Holt, Rinehart, and Winston, 1977.

GIRCOREANO, J. P. **O ensino de óptica e as concepções sobre luz e visão**, 1997. 155 f. Dissertação (mestrado em ensino de física) - Instituto de Física, Universidade Federal de São Paulo, São Paulo.

GOMES, L. C.; FUSINATO, P. A.; NEVES, M. C. D. Análise da relação entre força e movimento em uma revista de divulgação científica, Bauru, **Ciência educação**, uma revista de produção on-line, v.16 n.2, nov. 2010. Disponível em:

<[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-73132010000200005&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-73132010000200005&script=sci_arttext)> Acesso em: 20.05.2015

Gowin, D. B. **Educating**. Ithaca: CornellUniversity Press, 1981.

GRAVINA, M.H.; BUCHEWEITZ, B. Mudanças nas concepções alternativas de estudantes relacionadas com eletricidade. **Revista Brasileira do Ensino de Física**, v.16, p. 1- 4, mar.1994.

GRAF. **Grupo de Reelaboração do Ensino de Física**, 1998 Instituto de Física da USP. Disponível em: <<http://www.if.usp.br/graf/optica/optica2.pdf> > Acesso em: 16. Ago.2015.

GUESNE, E. **Ideas de los niños sobre la luz. Comunicación presentada en el Curso internacional sobre enseñanza de la física**. Cali, Universidad del Valle. Publicadobajo el título: Children's ideas about light, en New trends in physics teaching, v. IV. Paris: UNESCO, 1982.

HARRES, J. B. S. Um Teste Para Detectar Concepções Alternativas Sobre Tópicos Introdutórios de ótica Geométrica, **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v.10, n.3, p.220-234, dez.1993.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R. **Física**. v.3; 4 ed. Livros Técnicos e Científicos Editora, Rio de Janeiro: 1995.

HENNO, J.H. **A cor como fonte luminosa e a Inserção do Receptor**, 2010. 221f. Dissertação (mestrado em ensino de física) – Escola de Comunicação e Artes, Universidade Federal de São Paulo, São Paulo.

HUYGENS, C. **Traité de la Lumière**, Dunod, Paris, 1992.

KEPLER, J. Ad Vitellionem Paralipomena Quibus Astronomiapars Optica Traditur. In: Caspar, M. & Dyck, W. Ed. *GesammelteWerke*, Munich: C. H. Beck'scheVerlagsbuchhandlung, [1604]. v. 2, p. 5-378, 1938.

LEITE, L.; SÁ, S. Cor, óptica e pintura: Um estudo sobre concepções alternativas. **Gazeta de Física. Lisboa**, v. 20, p.17 – 22, 1997.

LINDBERG, D. C. **Theories of vision from Al-Kindi to Kepler**. Chicago: University of Chicago Press, 1976.

MACEVOY, B. **The geometry of color perception**, 2009. Disponível em: <<http://.com/HP/WCL/color2.html> > Acesso em 02. Ago.2015.

MAXWEL, J.C.; **Materia y Movimiento**. Barcelona: Editorial Crítica, 2006

MELCHIOR, S.C.L.; PACCA, J.L. **A. Concepções de cor e luz: a relação com as formas de pensar a visão e a interação da luz com a matéria**. Encontro nacional de

pesquisa em ensino de física, 2005. Disponível em: < [http://www.cienciamao.usp.br/dados/epenf/\\_concepcoesdecoreluzarela.trabalho.pdf](http://www.cienciamao.usp.br/dados/epenf/_concepcoesdecoreluzarela.trabalho.pdf) > Acesso em: 03. Mai 2014.

MORAES, R.; GALIAZZI, M.C. **Análise textual discursiva**. Ijuí: Editora Unijuí, 2007.

MORAES, R. Uma Tempestade de Luz: A Compreensão Possibilitada Pela Análise Textual Discursiva. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 9, n. 1, p. 191-211, abr. 2003.

MORTIMER, E.F. **Linguagem e conceitos no ensino de ciências**. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2000.

\_\_\_\_\_. Construtivismo, Mudança Conceitual e Ensino de Ciências: Para onde vamos? **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v1, p.20-39, dez. 1996.

NEWTON, I. **A Hipótese da Luz**. In: COHEN, I. Bernard & WESTFALL, Richard S. (eds.). Isaac Newton: textos, antecedentes, comentários. Rio de Janeiro: EdUERJ – Contraponto, 2002.

NUNES, R. N. **Ensino de conceitos físicos no ensino médio e as contribuições dos objetos de aprendizagem**, 285 f. Dissertação de doutorado – Faculdade de Educação, Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, 2011.

PACCA, J. L. A.; VILLANI, A. Categorias de análise nas pesquisas sobre conceitos alternativos. **Revista de Ensino de Física**, Porto Alegre, v. 12, n. 1, p. 123-138, dez, 1990.

PACCA, J. L. A. Construção de conhecimento na sala de aula: Um diálogo pedagógico significativo. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.20, n.(3), p. 131-150, dez, 2015

PIAGET, J. **Aprendizagem e conhecimento**. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1974.

\_\_\_\_\_. **Biologia e conhecimento**: ensaio sobre as relações entre as regulações orgânicas e os processos cognoscitivos. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1973.

POZO, J. I. La historia se repite: Las concepciones espontáneas sobre el movimiento y la gravedad. **Infancia y Aprendizaje**, Madrid, v. 38, n. 38, p. 69-87, 1987.

SILVA, C. C. e MARTINS, R. de A. A Teoria das Cores de Newton: Um Exemplo do Uso da História da Ciência em Sala de Aula, **Ciência & Educação**, Campinas: v. 9, n. 1, p. 53-65, 2003.

SILVA, F. W. O. A evolução da teoria ondulatória da luz e os livros didáticos, **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 19, n. 1, 2007.

TIBERGHIEU, A.; DELACOTE, G.; GHIGLIONE, R. Y MATALON, B. Conception de la lumiere chez l'enfant de 10-12 ans. **Reune Francarse de Pedagogie**. Ed. 50, p. 24-41, 1980.

TIPLER, P.A. **Física para cientistas e engenheiros**, v. 4, 3 ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S/A, 1995.

TOSSATO, C.R. A função do olho humano na óptica do final do século XVI. **Scientia AE Studia** – São Paulo: v.3, n. 3, p. 415- 441, 2005.

VIENNOT, L. Spontaneous reasoning in elementary dynamics. European **Journal of Science Education**, London, v. 1, n. 2, p. 205-222, 1979.

VILLANI, A. Analisando o Ensino de Física: Contribuições de Pesquisas com Enfoques Diferentes, **Revista de Ensino de Física**, São Paulo, v.4, p. 23-51, 1982.

VISÃO, Super Interessante Coleções - **O Olho Humano**. Direção: AllecNisbi: Pioneer Productions, 1998. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=uD04F2wyDiA>> Acesso em 20.07.2014

VYGOTSKY, L.S. **A formação social da mente**. 2. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1988.

**APÊNDICE A: PRODUTO FINAL**

**Maria Cecília Leôncio Alves**

Orientador: Prof. Dr. José Paulo Gircoreano

**A CAIXA DE CORES: O CONHECIMENTO DOS ALUNOS COMO  
PONTO DE PARTIDA PARA O DIÁLOGO**

## Introdução

Como professora de Física, temos o desafiador papel de prepararmos as aulas, pensarmos no conteúdo e em qual estratégia podemos usar. Contudo, muitos dos recursos e materiais que utilizamos não proporcionaram resultados de aprendizagem significativos, que não proporcionaram ao aluno motivação e o despertar do seu interesse por entender os fenômenos apresentados. Muitas vezes acusamos o aluno de desinteresse, que não faz a sua parte no processo de ensino e aprendizagem, mas ao tentarmos compreender como se dá o aprendizado nos deparamos com obstáculos que devem ser entendidos pelo professor para que se possa propiciar uma aprendizagem mais significativa. As concepções alternativas dos alunos são ideias muito arraigadas, difíceis de serem abandonadas pelo estudante, portanto, podem apresentar um grande obstáculo à aprendizagem.

Esse material é destinado aos professores que tenham interesse em mudar a sua prática em sala de aula, que não se contentam em seguir livros didáticos ou currículos que, muitas vezes, não apresentam interligação com outras disciplinas e que não privilegiam o pensamento do aluno e suas dificuldades em aprender. Apresentamos uma proposta didática que contempla como o aluno percebe o fenômeno, busca motivar, utilizando o lúdico, mas oportunizando ao aluno superar as barreiras conceituais criadas pelas concepções alternativas.

Tendo como base nossos estudos ligados à dissertação do curso de mestrado Profissional de Ensino de Ciências e Matemática do Instituto Federal de Educação Ciências e Tecnologia de São Paulo, *campus* São Paulo; exibimos essa sequência didática, como o produto final, sendo parte integrante da nossa pesquisa e requisito necessário para a obtenção do grau de mestre.

O planejamento apresentado é um exemplo de como se dá o processo, oferecendo exemplos de atividades que podem ser utilizados por outros professores, adaptando-o às suas necessidades e à sua realidade.

Baseamos a dinâmica das aulas nos trabalhos desenvolvidos por Piaget, Vigotsky e Bachelar sobre o saber espontâneo e a aprendizagem. Também fizemos

uso de pesquisas relativas ao levantamento das concepções alternativas, sobretudo quanto ao entendimento das cores. A sequência didática foi escolhida a partir das concepções alternativas dos alunos, contemplando outras disciplinas que podem ser permeadas pela Física.

O primeiro experimento, a “caixa de cores”; foi pensado como ponto de partida, que pudesse propiciar ao aluno a observação dos processos de formação das cores pela luz e que também fosse utilizado como um meio de identificar as concepções alternativas sobre a formação das cores.

O segundo experimento, “a dispersão da luz”, foi idealizado a partir das dificuldades apresentadas pelos alunos no entendimento da formação e visão das cores pela luz, uma tentativa de possibilitar aos alunos o entendimento do fenômeno da composição da luz branca.

O terceiro experimento, “A biologia da cor”, foi produzido a partir da observação de que os alunos poderiam ter dificuldades em entender o funcionamento do olho humano, como ocorre a recepção da luz e a visão das cores, propiciando ainda a ligação entre as disciplinas de Física e de Biologia.

O quarto experimento, intitulado “O Impressionismo”, aborda o movimento de pintura Impressionista, que possibilita ao aluno contrapor o seu entendimento sobre a formação das cores pela luz e pelos pigmentos; igualmente é uma oportunidade do professor trabalhar a interdisciplinaridade, mostrando que a disciplina de Arte tem ligação com o conhecimento científico.

### **O uso das concepções alternativas no ensino das cores.**

Como outras concepções, as ideias dos alunos sobre o fenômeno da mistura de cores são muito arraigadas e resistentes a mudanças. Boa parte da dificuldade dos alunos aqui pode estar ligada ao manuseio de tintas e materiais que formam a cor pelo processo subtrativo.

Utilizar as concepções alternativas como ponto de partida para a aprendizagem pode propiciar ao aluno uma oportunidade para repensar o seu entendimento sobre um fenômeno, levá-lo a desenvolver a capacidade de observação e, a partir dessas observações, oferecer situações que possibilitem a

reelaboração dos conceitos apresentados. A maneira como propusemos as atividades contempla outras áreas do conhecimento, como a Biologia e Arte, propiciando ao aluno a percepção de que a natureza não é escrita por uma única disciplina, mas por várias áreas do conhecimento.

### **A dinâmica da Aprendizagem Baseada em Concepções Alternativas**

Antes de se iniciar o processo de aprendizagem é importante que o professor conheça as concepções alternativas referentes ao tema a ser estudado.

Os alunos podem ser organizados em pequenos grupos e interagir com o experimento inicial; eles têm assim, a oportunidade de expor suas ideias sobre o fenômeno apresentado, por meio de questionários, textos ou oralmente. O professor deve assumir a postura de observador e mediador.

### **Planejamento dos temas**

Os temas devem possibilitar aos alunos reelaborarem sua visão sobre o conceito físico a ser abordado, para tanto se faz necessário que o professor anteriormente realize uma pesquisa sobre as concepções alternativas envolvidas no tema e que elabore uma atividade em que essas concepções possam ser percebidas.

As aulas podem ser iniciadas com um questionamento, uma pergunta que provoque a curiosidade do aluno. As atividades devem, além de propiciar o aparecimento das concepções, possibilitar a interação, o diálogo e despertar a curiosidade nos estudantes. O professor deve propiciar um ambiente em que os alunos possam expor suas ideias, por meio oral ou escrito, para que se possa identificar o pensamento do aluno a respeito do fenômeno observado.

### **Análise das respostas**

Ao analisar as respostas obtidas durante as atividades o professor deve procurar indícios da maneira de pensar dos alunos. Quais as concepções alternativas apareceram? Essa análise irá nortear o planejamento das próximas atividades.

## **Experimento 1 – A Caixa de Cores**

A “caixa de cores” se constitui de uma caixa de papelão com três lâmpadas coloridas (vermelho, verde e azul); as instruções para sua construção podem ser encontradas na dissertação. Ela possibilita a visualização dos processos aditivos e subtrativos da luz.

### **Materiais:**

1 - caixa de cores para cada grupo de quatro alunos.

Cartões das cores: verde, vermelha e azul.

Tinta escolar das cores: vermelha, verde e azul.

### **Orientações:**

A sala pode ser dividida em grupos de quatro alunos, cada grupo com uma caixa e à disposição na sala, tintas escolares das cores azul, vermelha e verde que possibilitem ao aluno confrontar as diferenças das sínteses aditiva e subtrativa da luz. São necessários cartões, das cores vermelhas, verde e azul, que possam ser colocados no interior da “caixa de cores”, possibilitando aos alunos observarem o fenômeno da interação da luz com a matéria.

O professor deve orientar aos alunos a responderem o questionário sem se preocuparem com acertos, pois a intenção é identificar as suas hipóteses, sem a preocupação de uma avaliação formal; a preocupação não é esperar as respostas corretas, mas o pensamento do aluno.

### **Atividade:**

Os alunos devem responder o questionário de maneira individual. Um possível questionário sugerido é o seguinte:

- 1) *Que cor se obtém quando acendemos a luz vermelha e a verde?*
- 2) *E a vermelha e a azul?*
- 3) *E a azul e a verde?*

- 4) *As três lâmpadas acesas simultaneamente, o que ocorre?*
- 5) *Tente elaborar uma explicação para o que ocorreu nas situações propostas acima.*
- 6) *E quando colocamos o cartão azul de que cor ele fica quando acendemos as lâmpadas uma a uma? Por que isso acontece? Justifique.*
- 7) *Trocando a cor do cartão, pelo vermelho, repita os passos da questão anterior. Justifique o que você encontrou?*
- 8) *Repita os passos da questão 6 só que agora com o cartão verde.*
- 9) *As cores obtidas para os cartões são as mesmas obtidas quando se mistura tinta? Justifique.*
- 10) *Qual o procedimento que fez os cartões terem a mesma cor de quando você o observa na presença da luz solar? Por que isto ocorre?*

Esse experimento possibilita provocar a curiosidade a respeito dos fenômenos luminosos ligados à formação das cores.

## **Experimento 2 – A dispersão da luz**

Baseado nas respostas dos alunos ao questionário foi elaborado o segundo experimento, que possibilitasse ao aluno perceber a decomposição da luz branca e questionar a ideia de que o arco-íris possui sete cores.

### **Materiais:**

1 datashow;

1 prisma de acrílico transparente;

1 computador acoplado ao datashow com o programa Power Point instalado;

1 tela de projeção;

Fita crepe.

### **Orientações:**

Os alunos, dispostos na frente da tela, o computador é ligado e com o auxílio do programa Power Point, projeta-se uma luz branca. Na frente da lente do datashow fazemos uma pequena abertura com a ajuda da fita crepe, para que a luz saia por uma pequena fenda.

O professor inicia a aula com uma pergunta que leve os alunos a elaborarem o pensamento e questionamento a respeito do fenômeno observado: Quantas cores estão sendo formadas?

### **Atividade:**

Os alunos devem responder a um questionário de maneira individual. Um possível questionário sugerido é o seguinte:

- 1) *Quantas cores estão sendo formadas? Você consegue distingui-las muito bem?*
- 2) *O que você acha que aconteceu dentro do prisma? Justifique sua resposta.*

Esse experimento propicia a discussão sobre a composição da luz branca, a quantidade de cores que podem ser observadas no arco-íris, o fenômeno da refração no interior de um prisma.

### **Experimento3 – O preto e o branco**

Baseado nas respostas dos alunos ao questionário foi elaborado o segundo experimento, que possibilitasse ao aluno perceber que o preto não é uma cor e que o branco é uma junção de cores.

#### **Materiais:**

1 datashow;

1 computador acoplado ao datashow com o programa Power Point instalado;

1 tela de projeção;

#### **Orientações:**

Os alunos, dispostos na frente da tela, o computador é ligado e com o auxílio do programa Power Point, escolher a apresentação de “layout de slide em branco” utilizando a ferramenta de “preenchimento de formas” e escolher a opção “mais cores”, isso permite que se escolha a quantidade de vermelho, verde e azul que se deve utilizar para preencher a forma escolhida.

O professor inicia a aula com uma pergunta que leve os alunos a elaborarem o pensamento e questionamento a respeito do fenômeno observado: Como devemos fazer para obter a cor preta na figura?

#### **Atividade:**

Os alunos devem responder a um questionário de maneira individual. Um possível questionário sugerido é o seguinte:

- 1) Como vocês fizeram para obter a cor branca na tela? Explique o procedimento. Por que você acha que acontece este fenômeno?
- 2) O que aconteceu quando vocês colocam zero para as três cores básicas? Explique o resultado.
- 3) Como você acha que ocorre a formação das cores? Como o nosso cérebro interpreta as cores que vemos? É do mesmo jeito com tinta e com luz? Justifique.
- 4) Você vê de forma diferente quando misturamos tinta ou misturamos luz? Justifique.

Esse experimento propicia aos alunos entenderem a composição da cor branca, bem como relacionar o preto a ausência de luz.

#### **Experimento 4 – A biologia das cores – O olho ativo.**

Ao analisarmos as respostas dos alunos percebemos que havia uma dificuldade em entender o funcionamento do olho humano, em perceber que o olho é um receptor de luz e que a cor é uma percepção visual. Para proporcionarmos chance da aprendizagem desses temas, elaboramos a apresentação de um vídeo de “Superinteressante coleções, o olho humano”, que discute as características e funcionamento do olho humano.

#### **Materiais:**

- 1 computador;
- 1 datashow;
- 1 tela para projeção;
- o vídeo “Superinteressante coleções, o olho humano”, ou acesso a internet.

#### **Orientações:**

Antes da apresentação do vídeo, em local adequado o professor pode fazer uma pergunta, com o intuito de estimular a turma: - como funciona o olho humano? Como interpretamos as cores?

#### **Atividade:**

Nessa atividade a sugestão é de que o professor, durante a apresentação do vídeo, comente os aspectos mais relevantes, que dizem respeito à cor e como o olho funciona, na medida em que for sendo apresentado.

Após a apresentação do vídeo é importante que o professor faça um pequeno debate sobre o tema, buscando perceber como os alunos estão **entendendo o** fenômeno. No final da aula, o professor pode pedir aos alunos que redijam pequenos resumos sobre o filme, onde poderá encontrar indícios sobre a maneira de pensar dos alunos.

## **Experimento 5 – O Impressionismo.**

Essa aula é uma opção que busca relacionar o processo aditivo da luz com o processo subtrativo da luz, por meio da técnica impressionista.

### **Materiais:**

Pinceis;

Tinta guache: vermelha, azul, amarela, branca e preta;

Folha sulfite;

Fotos de quadros de pintores impressionistas (podem ser projeções).

### **Orientações:**

Sugerimos que o professor explique o movimento impressionista e como se obtém a mistura de cores por meio da técnica impressionista.

### **Atividade:**

Durante a apresentação do movimento impressionista o professor pode mostrar algumas obras e citar alguns representantes desse movimento. É importante ressaltar como ocorre a mistura de cores e que o processo de obtenção das cores ocorre de forma diferente ao da luz projetada de fontes luminosas.

O professor pode pedir que ao final da apresentação das obras impressionistas, o aluno produza uma releitura de alguma obra. Essa atividade é importante para contrapor a concepção que os alunos possuem de que a mistura de luz e de tinta ocorrem da mesma forma. Também é uma oportunidade para discutir novamente a formação da luz branca e do preto como ausência de luz. Após todos os alunos terem terminado suas obras, que podem ser expostas, é importante o professor realizar uma discussão que organize os conceitos vistos.

Essa sequência didática pode propiciar, tanto ao professor como ao aluno, uma maneira diferente de perceber os processos de ensino-aprendizagem.

Ao professor cabe o papel de mediador e orientador do conhecimento, ao aluno agir como o protagonista da aprendizagem, investigando, criando teorias e buscando o caminho que pode levar a fixar um novo conhecimento.

**APÊNDICE B: RESPOSTAS DOS QUESTIONÁRIOS E DO RESUMO  
ELABORADOS PELOS ALUNOS DURANTE A PESQUISA.**

**Atividade 1: A CAIXA DE CORES**

Questionário respondido pelos alunos durante o experimento

1) Recordar a resposta de algumas perguntas

Lembre-se não existem respostas erradas, responda o que você realmente pensa sobre a formação das cores.

1) Que cor se obtém quando acendemos a luz vermelha e a verde?

Verde claro

2) E a vermelha e a azul?

Roxo

3) E a azul e a verde?

azul verde

4) As três lâmpadas acesas simultaneamente, o que ocorre?

Roxo

5) Tente elaborar uma explicação para o que ocorreu nas situações propostas acima.

Ocorreu uma mistura de cores

6) E quando colocamos o cartão azul de que cor ele fica quando acendemos as lâmpadas uma a uma? Por que isso acontece? Justifique.

Verde, preto, azul, por isso que não há luz no cartão

7) Trocando a cor do cartão, pelo vermelho, repita os passos da questão anterior. Justifique o que você encontrou.

como não a luz no cartão quando acendemos as lâmpadas ficam como a cor referente a lâmpada

8) Repita os passos da questão 6 só que agora com o cartão verde.

ficam iguais a cor das lâmpadas

9) As cores obtidas para os cartões são as mesmas obtidas quando se mistura tinta? Justifique.

Não pois os cartões só ficam iguais a cor das lâmpadas se a tinta a mistura tiver a outra e

10) Qual o procedimento que fez os cartões terem a mesma cor de quando você o observa na presença da luz solar? Porque isto ocorre?

Porque a falta de luz própria no cartão faz com que em um ambiente que só há uma cor de luz ele fica igual a cor da luz ambiente (por falta de escala).

1) Que cor se obtém quando acendemos a luz vermelha e a verde?

Branco claro

2) E a vermelha e a azul?

Roxo

3) E a azul e a verde?

Azul claro

4) As três lâmpadas acesas simultaneamente, o que ocorre?

Azul claro

5) Tente elaborar uma explicação para o que ocorreu nas situações propostas acima.

Conferem: a mistura de luzes, elas reproduzem as  
cores mediante também a luz clara, porém que os olhos  
de cada pessoa recebem essa emissão de luz reproduzida pela  
mistura

6) E quando colocamos o cartão azul de que cor ele fica quando acendemos as lâmpadas uma a uma? Por que isso acontece? Justifique.

Ele muda de cor. Quando a emissão das  
várias luzes refletido nele

7) Trocando a cor do cartão, pelo vermelho, repita os passos da questão anterior. Justifique o que você encontrou.

Ele também muda de cor devido também a  
emissão das várias luzes de cores sobre ele.

8) Repita os passos da questão 6 só que agora com o cartão verde.

Assim como nos outros cartões a cor varia  
devido a emissão de luzes de cores refletido nele.

9) As cores obtidas para os cartões são as mesmas obtidas quando se mistura tinta? Justifique.

Não. Pois as cores parecem ser mais uniformes no  
que pigmento e devido a isso a cor que ela reproduz é diferente  
da que a luz reflete

10) Qual o procedimento que fez os cartões terem a mesma cor de quando você o observa na presença da luz solar? Porque isto ocorre?

Pois o cartão apresenta com a sua cor e parece  
ter sua própria luz azul.

Lembre-se não existem respostas erradas, responda o que voce realmente pensa sobre a formação das cores.

1) Que cor se obtém quando acendemos a luz vermelha e a verde?

Verde claro

2) E a vermelha e a azul?

Preto

3) E a azul e a verde?

Azul claro

4) As três lâmpadas acesas simultaneamente, o que ocorre?

Azul claro

5) Tente elaborar uma explicação para o que ocorreu nas situações propostas acima.

Conformamos as cores das lâmpadas de um jeito determinado, e elas emitiram cores diferentes no olho de cada uma.

6) E quando colocamos o cartão azul de que cor ele fica quando acendemos as lâmpadas uma a uma? Por que isso acontece? Justifique.

Ele fica amarelado de cor, por causa da luminosidade das lâmpadas.

7) Trocando a cor do cartão, pelo vermelho, repita os passos da questão anterior. Justifique o que você encontrou.

Cores diferentes também: laranja, preto, verde escuro, cinza.

8) Repita os passos da questão 6 só que agora com o cartão verde.

Cores diferentes também: verde claro, amarelo, preto.

9) As cores obtidas para os cartões são as mesmas obtidas quando se mistura tinta? Justifique.

Não, as lâmpadas possuem a luz de um jeito diferente que as cores. Então, as cores obtidas são diferentes.

10) Qual o procedimento que fez os cartões terem a mesma cor de quando você o observa na presença da luz solar? Porque isto ocorre?

A luz tem que ser da cor do cartão.

Procedimento: responder as seguintes perguntas:

Lembre-se não existem respostas erradas, responda o que você realmente pensa sobre a formação das cores.

1) Que cor se obtém quando acendemos a luz vermelha e a verde?

Verde claro ou verde

2) E a vermelha e a azul?

Puro claro

3) E a azul e a verde?

Verde claro

4) As três lâmpadas acesas simultaneamente, o que ocorre?

Das se misturam, ocorrendo uma nova mistura

5) Tente elaborar uma explicação para o que ocorreu nas situações propostas acima.

As cores se misturam, formando outra -

6) E quando colocamos o cartão azul de que cor ele fica quando acendemos as lâmpadas uma a uma? Por que isso acontece? Justifique.

A verde fica verde, azul fica azul e o vermelho fica preto, tendo um brilho no papel.

7) Trocando a cor do cartão, pelo vermelho, repita os passos da questão anterior. Justifique o que você encontrou.

Ele fica verde bordô, cinza e preto.

8) Repita os passos da questão 6 só que agora com o cartão verde.

Ele fica com tons de verde diferentes

9) As cores obtidas para os cartões são as mesmas obtidas quando se mistura tinta? Justifique.

Não, quando se mistura o azul com um vermelho ele fica roxo, já no tinta fica magenta por causa do luz solar que fica escuro e quando o luz fica claro se torna o mesmo

10) Qual o procedimento que fez os cartões terem a mesma cor de quando você o observa na presença da luz solar? Porque isto ocorre?

Por quando a cor do papel é a mesma da luz elas se refletem como se fosse um espelho.

Procedimento: responder as seguintes perguntas:

Lembre-se não existem respostas erradas, responda o que você realmente pensa sobre a formação das cores.

1) Que cor se obtém quando acendemos a luz vermelha e a verde?

verde claro

2) E a vermelha e a azul?

roxo

3) E a azul e a verde?

azul bebe

4) As três lâmpadas acesas simultaneamente, o que ocorre?

amarelo

5) Tente elaborar uma explicação para o que ocorreu nas situações propostas acima.

criou uma mistura de cores, obtendo cores novas.

6) E quando colocamos o cartão azul de que cor ele fica quando acendemos as lâmpadas uma a uma? Por que isso acontece? Justifique.

verde, preto e azul. Por causa do efeito da luz branca reflete no papel.

7) Trocando a cor do cartão, pelo vermelho, repita os passos da questão anterior. Justifique o que você encontrou.

marrom, vermelho, cinza. Novas cores.

8) Repita os passos da questão 6 só que agora com o cartão verde.

verde, branco, verde claro, azul.

9) As cores obtidas para os cartões são as mesmas obtidas quando se mistura tinta? Justifique.

Sim, pois não obter as mesmas cores no final.

10) Qual o procedimento que fez os cartões terem a mesma cor de quando você o observa na presença da luz solar? Porque isto ocorre?

Não há porque não acontece.

Procedimento: responder as seguintes perguntas.

Lembre-se não existem respostas erradas, responda o que você realmente pensa sobre a formação das cores.

1) Que cor se obtém quando acendemos a luz vermelha e a verde?

Verde claro

2) E a vermelha e a azul?

Roxo

3) E a azul e a verde?

Azul Turquesa

4) As três lâmpadas acesas simultaneamente, o que ocorre?

Azul claro

5) Tente elaborar uma explicação para o que ocorreu nas situações propostas acima.

Ocorreu uma mistura de cores luz.

6) E quando colocamos o cartão azul de que cor ele fica quando acendemos as lâmpadas uma a uma? Por que isso acontece? Justifique.

Verde, preto e azul, por causa do efeito da luz.

7) Trocando a cor do cartão, pelo vermelho, repita os passos da questão anterior. Justifique o que você encontrou.

Marron, Vermelho, Branco escuro, por causa do efeito da luz.

8) Repita os passos da questão 6 só que agora com o cartão verde.

Verde, Verde escuro, azul claro, por causa do efeito da luz.

9) As cores obtidas para os cartões são as mesmas obtidas quando se mistura tinta? Justifique.

Sim, por que ~~isso~~ de qualquer forma é uma mistura de cores.

10) Qual o procedimento que fez os cartões terem a mesma cor de quando você o observa na presença da luz solar? Porque isto ocorre?

Procedimento: responder as seguintes perguntas:

Lembre-se não existem respostas erradas, responda o que você realmente pensa sobre a formação das cores.

1) Que cor se obtém quando acendemos a luz vermelha e a verde?

~~Preto~~ Laranja

2) E a vermelha e a azul?

Roxo

3) E a azul e a verde?

Azul BB

4) As três lâmpadas acesas simultaneamente, o que ocorre?

Branco

5) Tente elaborar uma explicação para o que ocorreu nas situações propostas acima.

Os resultados obtidos são por causa da misturas de fontes de luz.

6) E quando colocamos o cartão azul de que cor ele fica quando acendemos as lâmpadas uma a uma? Por que isso acontece? Justifique.

com o vermelho fica preto, com azul fica azul, e com verde verde.

7) Trocando a cor do cartão, pelo vermelho, repita os passos da questão anterior. Justifique o que você encontrou.

vermelho, verde escuro, e vermelho escuro

8) Repita os passos da questão 6 só que agora com o cartão verde.

Preto, verde tonto, verde destacado

9) As cores obtidas para os cartões são as mesmas obtidas quando se mistura tinta? Justifique.

Não, porque misturas de tintas dão resultados diferentes de resultados obtidos de mistura de cores de fontes de luz

10) Qual o procedimento que fez os cartões terem a mesma cor de quando você o observa na presença da luz solar? Porque isto ocorre?

Por causa da luz, isso ocorre porque nosso cérebro não consegue processar as cores sem a fonte de luz solar.

## Atividade 2: **A DISPERSÃO DA LUZ**

Questionário respondido pelos alunos durante e após o experimento ser apresentado.



## FICHA 2: DIVIDIR A LUZ

Procedimento: utilizando um prisma e com a ajuda de um retroprojektor, dividir o espectro luminoso em suas componentes básicas. Os alunos divididos em grupos deveram responder as seguintes perguntas:

1) Quantas cores estão sendo formadas? Você consegue distingui-las muito bem?

15 cores, sim

2) O que você acha que aconteceu dentro do prisma? Justifique sua resposta.

O prisma tem 3 lados iguais, assim ele divide a luz branca em 3 cores: vermelha, amarela e verde. Ainda não sei se há mais e um anteparo branco, near um filtro.

## FICHA 2: DIVIDIR A LUZ

Procedimento: utilizando um prisma e com a ajuda de um retroprojektor, dividir o espectro luminoso em suas componentes básicas. Os alunos divididos em grupos deveram responder as seguintes perguntas:

1) Quantas cores estão sendo formadas? Você consegue distingui-las muito bem?

20 cores, azul, verde, vermelha, amarelo, laranja, etc.

2) O que você acha que aconteceu dentro do prisma? Justifique sua resposta.

A luz branca se divide dentro do prisma.

## FICHA 2: DIVIDIR A LUZ

Procedimento: utilizando um prisma e com a ajuda de um retroprojektor, dividir o espectro luminoso em suas componentes básicas. Os alunos divididos em grupos deveram responder as seguintes perguntas:

1) Quantas cores estão sendo formadas? Você consegue distingui-las muito bem?

As cores do arco-íris, sim estão bem distintas

2) O que você acha que aconteceu dentro do prisma? Justifique sua resposta.

O prisma divide a luz

## FICHA 2: DIVIDIR A LUZ

Procedimento: utilizando um prisma e com a ajuda de um retroprojektor, dividir o espectro luminoso em suas componentes básicas. Os alunos divididos em grupos deveram responder as seguintes perguntas:

1) Quantas cores estão sendo formadas? Você consegue distingui-las muito bem?

15 cores, sim

2) O que você acha que aconteceu dentro do prisma? Justifique sua resposta.

A luz bate nos seus 3 lados formando um "arco-íris".

## FICHA 2: DIVIDIR A LUZ

Procedimento: utilizando um prisma e com a ajuda de um retroprojektor, dividir o espectro luminoso em suas componentes básicas. Os alunos divididos em grupos deveram responder as seguintes perguntas:

1) Quantas cores estão sendo formadas? Você consegue distingui-las muito bem?

Três, sem

2) O que você acha que aconteceu dentro do prisma? Justifique sua resposta.

A luz que reflete no prisma, reflete cores diferentes

## FICHA 2: DIVIDIR A LUZ

Procedimento: utilizando um prisma e com a ajuda de um retroprojektor, dividir o espectro luminoso em suas componentes básicas. Os alunos divididos em grupos deveram responder as seguintes perguntas:

1) Quantas cores estão sendo formadas? Você consegue distingui-las muito bem?

Três, sem

2) O que você acha que aconteceu dentro do prisma? Justifique sua resposta.

A luz atravessa o prisma reflete cores

## FICHA 2: DIVIDIR A LUZ

Procedimento: utilizando um prisma e com a ajuda de um retroprojektor, dividir o espectro luminoso em suas componentes básicas. Os alunos divididos em grupos deveram responder as seguintes perguntas:

1) Quantas cores estão sendo formadas? Você consegue distingui-las muito bem?

4 cores mais ou menos

2) O que você acha que aconteceu dentro do prisma? Justifique sua resposta.

A luz vai para os lados e reproduzem as cores

## FICHA 2: DIVIDIR A LUZ

Procedimento: utilizando um prisma e com a ajuda de um retroprojektor, dividir o espectro luminoso em suas componentes básicas. Os alunos divididos em grupos deveram responder as seguintes perguntas:

1) Quantas cores estão sendo formadas? Você consegue distingui-las muito bem?

0, 20

2) O que você acha que aconteceu dentro do prisma? Justifique sua resposta.

A luz reflete na face do prisma

### Atividade 3: O PRETO E O BRANCO

Questionário respondido pelos alunos após o experimento ser apresentado.

## FICHA : O PRETO E O BRANCO

Utilizar o programa word e a barra de ferramentas de cores

Os alunos divididos em grupos deveram responder as seguintes perguntas:

1) Como vocês fizeram para obter a cor branca na tela? Explique o procedimento.

Misturando as propriedades de cores. O branco é a  
mesma mistura de cores.

2) O que ocorre quando vocês colocam o valor 255 em todos os ícones? Por que você acha que acontece este fenômeno?

A cor fica branca porque as propriedades das  
cores descrevem o nível de brilho. Quando misturamos as cores

3) O que ocorre quando vocês colocam zero em todos os ícones? Explique o que ocorreu?

A cor fica preta. Porque as cores misturadas são

4) Como você acha que ocorre a formação das cores? Como o nosso cérebro interpreta as cores que vemos? É do mesmo jeito na tinta e na luz? Por quê?

As cores são formadas a partir das ondas de luz. Quando a luz  
incide no objeto, ele reflete a luz de acordo com a cor que vemos.

5) O olho vê de forma diferente quando você mistura tinta ou mistura luz? Justifique.

Sim. Porque o tipo de mistura é diferente. Na  
mistura de tinta, as cores se misturam.

6) Quando o objeto não está sendo iluminado é possível vermos alguma cor? Se sim qual? Justifique sua resposta procurando utilizar conceitos físicos.

Sim. Quando não há luz, que é a ausência de  
luz, a cor é preta.

a) (cont.) Não. Porque o tipo de mistura afeta o  
resultado da cor.

## FICHA . O PRETO E O BRANCO

Utilizar o programa word e a barra de ferramentas de cores

Os alunos divididos em grupos deveram responder as seguintes perguntas:

1) Como vocês fizeram para obter a cor branca na tela? Explique o procedimento.

Colocando os números 255, que são o quanto maior o número de cores mais fácil de se obter a branco

2) O que ocorre quando vocês colocam o valor 255 em todos os ícones? Por que você acha que acontece este fenômeno?

Obtem-se a cor branca porque aumenta a claridade.

3) O que ocorre quando vocês colocam zero em todos os ícones? Explique o que ocorreu?

Sica preto

4) Como você acha que ocorre a formação das cores? Como o nosso cérebro interpreta as cores que vemos? É do mesmo jeito na tinta e na luz? Por quê?

Misturando as cores primárias e a luz e a cor da tinta

5) O olho vê de forma diferente quando você mistura tinta ou mistura luz? Justifique.

Sim, pois quando há mistura de luz os olhos não enxergam com tanta nitidez quanto a tinta.

6) Quando o objeto não está sendo iluminado é possível vermos alguma cor? Se sim qual? Justifique sua resposta procurando utilizar conceitos físicos.

Responde

## FICHA . O PRETO E O BRANCO

Utilizar o programa word e a barra de ferramentas de cores

Os alunos divididos em grupos deveram responder as seguintes perguntas:

1) Como vocês fizeram para obter a cor branca na tela? Explique o procedimento.

Colocando o número 255, quanto maior o número  
de cores, maior a possibilidade de ser branco.

2) O que ocorre quando vocês colocam o valor 255 em todos os ícones? Por que você acha que acontece este fenômeno?

Ficou branco porque é a maior mistura de  
cores.

3) O que ocorre quando vocês colocam zero em todos os ícones? Explique o que ocorreu?

Ocorreu que com todos os ícones com o número  
0, ficou tudo preto.

4) Como você acha que ocorre a formação das cores? Como o nosso cérebro interpreta as cores que vemos? É do mesmo jeito na tinta e na luz? Por quê?

Misturando: vermelho, verde e azul assim  
formando várias cores e diversas formas de mistura.

5) O olho vê de forma diferente quando você mistura tinta ou mistura luz? Justifique.

Sim, porque a tinta é líquida, e a luz  
claridade.

6) Quando o objeto não está sendo iluminado é possível vermos alguma cor? Se sim qual? Justifique sua resposta procurando utilizar conceitos físicos.

depende da incidência das ondas.

## FICHA 4: O PRETO E O BRANCO

Utilizar o programa word e a barra de ferramentas de cores

Os alunos divididos em grupos deveram responder as seguintes perguntas:

1) Como vocês fizeram para obter a cor branca na tela? Explique o procedimento.

*Colocando o número 255 em cada uma das cores (vermelho, verde e azul) para obter a cor branca.*

2) O que ocorre quando vocês colocam o valor 255 em todos os ícones? Por que você acha que acontece este fenômeno?

*Quando colocamos o valor 255 em todos os ícones, a cor resultante é a cor branca.*

3) O que ocorre quando vocês colocam zero em todos os ícones? Explique o que ocorreu?

*Fica preto.*

4) Como você acha que ocorre a formação das cores? Como o nosso cérebro interpreta as cores que vemos? É do mesmo jeito na tinta e na luz? Por quê?

*Misturando verde, vermelho e azul e assim obtendo outras cores.*

5) O olho vê de forma diferente quando você mistura tinta ou mistura luz? Justifique.

*Para a luz quando há mistura de cores, o olho não percebe a cor verdadeira, mas sim a cor resultante da mistura.*

6) Quando o objeto não está sendo iluminado é possível vermos alguma cor? Se sim qual? Justifique sua resposta procurando utilizar conceitos físicos.

*Não é possível vermos alguma cor quando o objeto não está sendo iluminado.*

1) Como vocês fizeram para obter a cor branca na tela? Explique o procedimento.

Ocorreu o erro de 255, quando misturei todas as cores, mesmo a possibilidade de branco.

2) O que ocorre quando vocês colocam o valor 255 em todos os ícones? Por que você acha que acontece este fenômeno?

Ficou branco porque é a soma máxima de cor.

3) O que ocorre quando vocês colocam zero em todos os ícones? Explique o que ocorreu?

Ficou preto, porque todos os ícones são o inverso que não tem cor.

4) Como você acha que ocorre a formação das cores? Como o nosso cérebro interpreta as cores que vemos? É do mesmo jeito na tinta e na luz? Por quê?

Mistura de pigmentos, cada um tem uma cor própria.

5) O olho vê de forma diferente quando você mistura tinta ou mistura luz? Justifique.

Sim, porque a tinta é aditiva, e a luz é subtrativa, cada uma forma uma cor diferente, não se soma.

6) Quando o objeto não está sendo iluminado é possível vermos alguma cor? Se sim qual? Justifique sua resposta procurando utilizar conceitos físicos.

## FICHA 4. O PRETO E O BRANCO

Utilizar o programa word e a barra de ferramentas de cores

Os alunos divididos em grupos deveram responder as seguintes perguntas:

1) Como vocês fizeram para obter a cor branca na tela? Explique o procedimento.

preenchendo 255 nas tres caixinhas, dai se  
transforma branco, ficando luz

2) O que ocorre quando vocês colocam o valor 255 em todos os ícones? Por que você acha que acontece este fenômeno?

se transforma em branco, O branco é a maior mistura  
de todas.

3) O que ocorre quando vocês colocam zero em todos os ícones? Explique o que ocorreu?

fica preto, pois ausência de luz.

4) Como você acha que ocorre a formação das cores? Como o nosso cérebro interpreta as cores que vemos? É do mesmo jeito na tinta e na luz? Por quê?

devido das cores primarias

5) O olho vê de forma diferente quando você mistura tinta ou mistura luz? Justifique.

Sim, Cada per humana tem seu modo de ver

6) Quando o objeto não está sendo iluminado é possível vermos alguma cor? Se sim qual? Justifique sua resposta procurando utilizar conceitos físicos.

Sim Preto pois não tem luz e sendo assim  
remova o preto.

## FICHA 11. O PRETO E O BRANCO

Utilizar o programa word e a barra de ferramentas de cores

Os alunos divididos em grupos deveram responder as seguintes perguntas:

1) Como vocês fizeram para obter a cor branca na tela? Explique o procedimento.

Colocando o numero 255 em todas as cores.

2) O que ocorre quando vocês colocam o valor 255 em todos os ícones? Por que você acha que acontece este fenômeno?

O Branco é a maior medida de cores

3) O que ocorre quando vocês colocam zero em todos os ícones? Explique o que ocorreu?

Zero de todas as cores é preto

4) Como você acha que ocorre a formação das cores? Como o nosso cérebro interpreta as cores que vemos? É do mesmo jeito na tinta e na luz? Por quê?

Ocorre pelo sistema RGB, mas se não há luz, não há cor. A tinta não possui reflexo e tem substâncias

5) O olho vê de forma diferente quando você mistura tinta ou mistura luz? Justifique.

Sim, a cor da tinta é muito mais intensa que a da luz.

6) Quando o objeto não está sendo iluminado é possível vermos alguma cor? Se sim qual? Justifique sua resposta procurando utilizar conceitos físicos.

Sim, vemos cores por causa do reflexo da luz, sem reflexo não tem cor.

## FICHA 1: O PRETO E O BRANCO

Utilizar o programa word e a barra de ferramentas de cores

Os alunos divididos em grupos deveram responder as seguintes perguntas:

1) Como vocês fizeram para obter a cor branca na tela? Explique o procedimento.

colocamos os números 255 nos 3 quadradinhos (vermelho).

2) O que ocorre quando vocês colocam o valor 255 em todos os ícones? Por que você acha que acontece este fenômeno?

forma-se o branco.

3) O que ocorre quando vocês colocam zero em todos os ícones? Explique o que ocorreu?

fica preto é a ausência de cor.

4) Como você acha que ocorre a formação das cores? Como o nosso cérebro interpreta as cores que vemos? É do mesmo jeito na tinta e na luz? Por quê?

A partir das cores vermelho, amarelo, azul. De formas diferentes, não, porque os pigmentos são diferentes.

5) O olho vê de forma diferente quando você mistura tinta ou mistura luz? Justifique.

sim, porque cada cérebro tem um modo de pensar.

6) Quando o objeto não está sendo iluminado é possível vermos alguma cor? Se sim qual? Justifique sua resposta procurando utilizar conceitos físicos.

Não porque o preto é uma ausência de cor.

Atividade 4: A **BIOLOGIA DAS CORES – O OLHO ATIVO**

Resumos apresentados pelos alunos após a apresentação do vídeo.

## Resumo sobre a visão

Gastei muita vida que eu vi sobre a massa visiva, vi que as células, albas são as áreas responsáveis pela sentida da visão.

A massa alba é envolvida por três membranas a saber a esclerótica e a retina a massa visiva é complexa pois existem algumas partes responsáveis por detectar as imagens e de interpretá-las e outras partes para detectar a luz.

Os três elementos transparente localiza-se dentro da massa alba são: Humor aquoso, Cristalino, Humor vítreo.

A parte que mais gastei de vida foi a massa visiva da retina pintando e desenhando mostrando constantemente causas explicando de a massa visiva e como de ser três a qual coramulha verde.

no vídeo, foi explicado que a luz entra dentro dele e vai passando pelo cristalino, córnea e lá no fundo tem os cones e bastonetes, onde se entrega as cores da luz. Eles pegam a luz e o cérebro interpreta diferente. A luz que reflete num objeto vai nos nossos cones, nos olhos que entregam as cores. Cada cone vê uma cor entre o RGB e a mistura de luz formam as outras cores.

## O OLHO HUMANO

NOSSOS OLHOS PERMITE CAPTAR IMAGENS DO AMBIENTE AO NOSSO REDOR. É NELE QUE SE INICIA O PROCESSO QUE ENTENDEMOS POR VISÃO, O PROCESSO QUE NO CASO DO SER HUMANO, É RESPONSÁVEL POR MAIS OU MENOS 90% DA INFORMAÇÕES QUE SOMOS CAPAZES DE CAPTAR.

PARA NOSSOS OLHOS CAPTAR E ENTENDER AS CORES EXISTE CONES DE TRÊS TIPOS DE CORES, VERMELHO, VERDE E AZUL. AS IMAGENS QUE CHEGA AOS NOSSOS OLHOS ELAS SÃO AO CONTRÁRIO, E O CEREBRO AS INVERTE PARA ENXERGAMOS COMO ENXERGAMOS. PERCISAMOS DE LUZ PARA VER, A LUZ REFETE NOS CONES. QUANTO MAIS LUZ MAIS FÁCIL VERMOS NA AUSÊNCIA DE LUZ NÃO VEMOS.

visão

O ato de ver para vermos no mundo real, para imaginar a coisa  
 ver é um processo que começa no olho e termina no cérebro  
 A partir da luz que entra em nossos olhos podemos ver.  
 No vídeo ou pintura via os olhos com a luz que estava no  
 olho.  
 A luz passa pela córnea, cristalino e chega nos cones e bastonetes  
 nos cones tem um processo que se chama fototransdução.  
 A partir da luz que entra nos olhos vai até os  
 cones e faz o sistema RB que produz a luz que vemos.



## Resumo Filme

No filme vimos como o olho funciona, vimos como o olho pinta os cores e os movimentos. Entendemos como o olho vê o mundo e entra no olho, onde também que lá no fundo do olho temos as cores. Igual o RGB, que é quem entende a cor, mas quem vê mesmo é o cérebro.