

---

## A SENSACÃO DE COR: UM PROBLEMA DA FÍSICA? ALGUMAS EXPERIÊNCIAS PARA SALA DE AULA<sup>1</sup>

---

*J. D. Sandoval*

Laboratório de Luminotecnia

*J. J. Salinas de Sandoval*

Instituto de Física

Universidade Nacional de Tucumán

San Miguel de Tucumán – Argentina

### Resumo

*Este trabalho é destinado a professores de física dos níveis médio e universitário básico. Nele se pretende fundamentalmente: argumentar a favor da introdução do estudo do tema COR nos cursos de física básica; apresentar experiências simples de baixo custo que possam colaborar na aprendizagem do tema; mencionar bibliografia básica em nosso idioma<sup>2</sup> levando-se em conta que, em geral, existem dificuldades para aceder a tratamentos científicos sobre o tema.*

### I. Introdução

Mesmo quando, a critério dos autores, o estudo do tema da cor é importante para a educação em ciências dos estudantes, em geral este não é incluído nos cursos de física básica. Isto pode ser devido ao fato deste assunto tratar de uma problemática que é só parcialmente física, uma vez que se relaciona com as propriedades e características físicas da radiação luminosa, e dos objetos que interagem com esta radiação, mas, ao mesmo tempo, entra em disciplinas não físicas, capazes de analisar os processos neuro-fotoquímicos que ocorrem no sistema visual humano, assim como as respostas psicológicas dos indivíduos, as quais determinam suas sensações de cor<sup>(1,2)</sup>.

---

<sup>1</sup> Traduzido pelo Conselho Editorial do CCEF e revisado pelo Prof. Ardem Zylbersztajn.

<sup>2</sup> Nota dos tradutores: o idioma mencionado no texto é o **espanhol**.

Todavia, introduzir os estudantes na complexa natureza da visão da luz, da cor e das imagens, evidenciar suas facetas física, físico-química, fisiológica, psicológica, pode contribuir para se atingir objetivos muito importantes da prática docente em física. Entre outros, podemos mencionar os seguintes:

- abordar em aula problemáticas que despertem o interesse e a atenção dos estudantes;

- fornecer ferramentas (qualitativas e quantitativas) que permitam enfrentar, com sucesso, a busca de respostas a questões que surgem nas experiências do dia-a-dia;

- analisar com rigor tais experiências cotidianas, esclarecer as confusões habituais, determinar com precisão o significado científico de termos partilhados com a linguagem comum, planejar novas experiências que completem e ampliem os dados disponíveis;

- favorecer o tratamento de aspectos físicos das radiações eletromagnéticas e de sua interação com a matéria, valiosos para a formação científica do estudante;

- tornar evidente que o tratamento puramente físico, de forma semelhante ao que ocorre com outros tratamentos dentro de disciplinas especializadas, necessariamente particulariza o problema, seleciona determinadas variáveis, privilegia alguns aspectos e conduz a um conhecimento que pode ser preciso, profundo e claro em seu âmbito, mas que, sem dúvida, é parcial. Neste enfoque está uma das características que, simultaneamente, confere força e debilidade às ciências factuais, dependendo da perspectiva segundo a qual são analisadas;

- resgatar a riqueza e fertilidade do tratamento interdisciplinar. Mostrar o papel que cabe a ele em cada disciplina: precisar, aprofundar, esclarecer cada vez mais as teorias que buscam explicar os aspectos que lhe competem da problemática e contribuir para o desenvolvimento de novas teorizações, mais amplas, que sejam capazes de recolher estes resultados e sistematizá-los coerentemente com os obtidos em outras disciplinas interessadas na mesma problemática;

- refletir sobre as características próprias da pesquisa e do conhecimento científicos na área da cor.

## **II. A riqueza do assunto**

É possível definir a óptica como a ciência da visão. Mas os fenômenos visuais contêm, além dos aspectos físicos, uma forte componente psicológica. E o reconhecimento da natureza também psicológica da luz e da cor representa um desafio que a física, a físico-química e a fisiologia têm aceito... ou estão em vias de aceitar.

Trata-se de um desafio com o qual se defronta o docente de um curso básico de física, com pelo menos duas opções:

a) reduzir o estudo do tema da cor a seus aspectos puramente físicos, o que faz com que este assunto fique contido no tema mais amplo da física das radiações, sua produção, propagação e interação com a matéria;

b) ampliar o tratamento do assunto, buscando evidenciar também suas componentes não físicas.

A escolha de uma ou outra possibilidade tem antecedentes históricos. De fato, a história da ciência mostra o desenvolvimento dos dois enfoques diferentes e muitas vezes contrapostos do tema da cor. Por um lado, uma corrente que procurava uma solução “física” para o problema da visão da cor, na qual encontramos Newton, Young, Dalton, Grassmann, Maxwell, Helmholtz e outros. Por outro lado, a corrente que defendia o tratamento “sensorial” ou psicológico desse problema, na qual encontramos o escritor e poeta alemão Goethe (o qual, com uma perspectiva não científica do tema, consegue sem dúvida evidenciar as limitações de uma explicação puramente física) e cientistas como Hering, Judd, Adams, Muller e outros. Em fins do século XIX, von Kries apresentou uma teoria que relacionava as de Helmholtz e Hering e, já em nosso século, Schrödinger demonstrou a relação matemática entre ambas. Seguiu-se então um longo e frutífero período de avanços que levaram a teoria da cor ao seu atual grau de desenvolvimento.

*“Não obstante, ainda hoje existem polêmicas a respeito do problema da percepção da cor e da percepção visual em geral, no qual se trata da formulação de princípios para fundamentar toda a fenomenologia da experiência cromática” (ref. 3, p. 23).*

A discussão representa também aspectos epistemológicos que podem ser resgatados em um processo de aprendizagem que pretenda formar cientificamente os estudantes e não se contente com a simples transmissão de conteúdos (ver Apêndice 1).

Pode-se notar que o tema da cor é de uma grande riqueza. Um tratamento, ainda que básico e introdutório, de aspectos relevantes dos diferentes tipos de problemas envolvidos pode ser de ajuda para que os estudantes, além de aprofundar seus conhecimentos científicos sobre o tema, avancem na compreensão das características reais da ciência e da pesquisa científica. E esse é, julgam os autores, um objetivo importante da docência em física.

Cada professor de física, de acordo com o nível de instrução em que trabalha, com os objetivos a que se propôs, com o tempo disponível, com as características de

sua própria aprendizagem do tema, etc., pode considerar mais conveniente (ou factível) enfatizar determinado aspecto ou questão.

Entre a bibliografia científica em espanhol mais conhecida pelos professores de física básica, existem textos que fornecem um tratamento preponderantemente físico da cor (ref. 2, c. 14) e outros que procuram uma aproximação essencialmente físico-fisiológica do tema (ref. 1, c. 34,35). Também pode-se acrescentar outros textos, mais especializados, que buscam apresentar tratamentos que incluam os aspectos fisiológicos<sup>(3)</sup>.

### III. Experiências cotidianas

Desde que nascemos, vivemos submersos em um mundo de luzes, imagens e cores resultantes do processamento de informação que chega na forma de estímulos capazes de excitar os receptores do sistema visual e de ativar nossos códigos de memória e de interpretação de sinais. Falar, então, de experiências cotidianas de visão de cores pode prestar-se a incompreensões. Referimo-nos a incentivar nos estudantes a formulação de perguntas que questionem ou indaguem sobre aspectos da realidade que foram aceitos como óbvios, sem prestar-lhes maior atenção. Por exemplo:

- Por que é possível distinguir formas, mas não cores, quando o nível de iluminação do palco é baixo?
- Por que muda a cor de um objetivo, dependendo do grau de polimento de sua superfície?
- Os espelhos têm cor própria? São transparentes? Brancos? Negros? Incolores?
- Por que muda a cor de um objeto pequeno quando colocado sobre fundos grandes de cores muito diferentes?
- Qual é a cor de uma lâmina branca, iluminada com luz vermelha? Esta pergunta está bem formulada ou existe uma ambigüidade que conduz a equívocos?
- Que cor têm as sombras? Por que modificam a cor das superfícies sobre as quais se projetam?
- Por que a luz natural (ou branca) pode decompor-se em luzes de cores (e reconstruir-se a partir delas) com ajuda de um prisma, mas, no entanto, quando se misturam pigmentos (pinturas, têmperas) com essas cores, o resultado não é branco e, sim, pardo?

O professor pode propor questões que, excedendo o campo da experiência imediata dos alunos, completem um conjunto geral de interrogações que canalizem o interesse que o tema desperta por si só. Por exemplo:

- Para cada cor haverá somente uma distribuição espectral possível para a radiação luminosa que desencadeia o processo de sua percepção? E vice-versa?

- Será a cor uma característica do objetivo? Da fonte luminosa? De ambos? Haverá cor sem um sujeito que a perceba?

Em um ir e vir permanente entre perguntas deste tipo, análises de resultados alcançados pela investigação científica na área e realização de experiências selecionadas, em aula, o aluno poderá gradualmente ir procurando respostas e, como ocorre sempre que há avanços significativos na aprendizagem, gerando novas interrogações.

#### **IV. Experiências em aula**

Um tema tão rico como o da cor, com seus aspectos físico, fisiológico e psicológico, dá lugar a muitas experiências possíveis, entre as quais o professor poderá selecionar aquelas que mais se ajustem a suas possibilidades experimentais, às características de seus alunos, aos objetivos que tenha fixado para a instrução. Desse amplo conjunto, neste trabalho selecionamos três experiências que podem colaborar, respectivamente, para o êxito dos seguintes objetivos:

- Experiência 1:

- Evidenciar que a informação visual se interpreta: não se descreve o que se vê, mas o que se crê ver, de acordo com experiências prévias do observador;

- evidenciar como a sensação de cor depende, entre outras coisas, das cores que rodeiam o objeto em observação.

- Experiência 2:

Mostrar que a característica física própria do objeto não é sua cor, mas sua refletância espectral.

- Experiência 3:

- Quantificar a soma de cores e trabalhar com cores primárias; verificar as leis de Grassmann da colorimetria.

Estas experiências estão descritas em detalhes no Apêndice 2. Basta aqui dizer que a primeira, que busca fundamentalmente ressaltar os aspectos psicológicos da

sensação de cor, é de custo reduzido pois requer somente uma cartolina branca, têmperas e pincéis. Quando à segunda, que evidencia outro aspecto, desta vez físico, da trivariância fenomenológica da cor (objeto-fonte luminosa-observador), requer um dispositivo que permita projetar sobre uma tela o espectro contínuo de uma lâmpada incandescente e de amostras de objetos de diferentes cores. Tampouco tem um custo excessivo. Finalmente, a terceira experiência, que tem por objetivo verificar as leis de mistura de cores, emprega o fato de que o olho “íntegra”, quer dizer, é incapaz de discriminar a composição espectral da radiação luminosa; necessita de um motor de baixa potência (1/20 HP) e velocidade regulável (como os que são utilizados nas máquinas de costura elétricas) e de cartolinas de cores diferentes. Parece ser também uma experiência de razoável exequibilidade.

## V. Conclusões

Se a óptica é concebida como a disciplina que estuda os fenômenos luminosos (luz, cores, imagens, visão) e os instrumentos com eles relacionados, é claro que não pode ser reduzida somente ao estudo da natureza da luz.

Suas origens históricas mostram que durante dois milênios se investigou fundamentalmente o mecanismo da visão e “*no início do século XVII, mediante a hipótese da existência de ALGO que se propagava, desde os objetos luminosos ou iluminados até o olho do observador, a óptica centrou essencialmente sua atenção na pesquisa da natureza deste algo: a luz*” (ref. 5, p. 223).

Assim, dentro da disciplina iniciou-se um processo de especialização e fragmentação em campos que se aprofundavam em aspectos selecionados dentro do amplo domínio dos fenômenos luminosos e dos instrumentos relacionados, de modo que a óptica adquiria progressivamente o aspecto de um complexo conjunto de técnicas, de tecnologias e de ciências de estrutura heterogênea, em constante crescimento, em alguns casos isoladas entre si.

Devido à sua complexa natureza, uma explicação científica do processo da visão da luz, da cor e das imagens pelo olho necessita reunir resultados da pesquisa em diversos campos, contrastá-los experimentalmente e realizar uma fundamentação teórica que sistematize de forma coerente os conhecimentos construídos, assim como encarar um trabalho interdisciplinar que desenvolva teorias científicas cada vez mais profundas e globais.

Na visão das cores intervêm, de acordo com as pesquisas realizadas até agora, elementos:

- de natureza física, no que se refere à emissão, propagação e interações da radiação luminosa que chega ao olho do observador;
- de natureza fisiológica (e físico-química), relativos ao funcionamento do olho e à transmissão nervosa;
- de natureza psicológica, no que concerne à etapa final do fenômeno: a representação e localização das figuras coloridas.

*“Um trabalho de crítica e reorganização das idéias fundamentais da óptica clássica evidencia a exagerada tendência no século XIX em converter em objetivos, isto é, físicos, numerosos elementos de natureza psíquica”* (ref. 5, p. 228).

Por exemplo, considerar a imagem calculada como representação verdadeira e indiscutível da imagem vista pelo observador (ver Apêndice 3).

Na opinião dos autores deste trabalho, incluir um módulo que introduza as teorias sobre a cor nos cursos de física básica pode contribuir não só para completar a formação em física dos estudantes (em questões relacionadas com as características do objeto e da fonte luminosa que colaboram para a determinação da cor com a qual se percebe o objeto), mas também dar-lhes a possibilidade de abordar uma problemática que *“tem gravitado na vida do homem, pode-se dizer, desde a sua aparição sobre a Terra, a julgar pelo legado pictórico testemunhado pelas pinturas rupestres. Ao longo da história da humanidade, a cor tem sido utilizada pelo homem para manifestar quer seja sua interpretação da realidade que o rodeia, quer sua vocação artística ou seu sentido estético”* (ref. 3, p. 21). Problemática para cuja resposta a Física tem algo (importante, porém não abrangente de todas as facetas significativas da questão) a dizer... e algo a escutar.

## **Agradecimentos**

A motivação para elaborar este trabalho foi resultado da revalorização realizada pelos autores sobre a importância de incorporar a temática da cor na formação científica básica dos estudantes. Neste processo de reavaliação foram fundamentais as opiniões e a informação fornecidas pelo Lic. R. D. Lozano (INTI) e pelo Dr. Eng. G. Gentler (Univ. Técnica de Berlim – Alemanha Federal) no evento “Luz e Visão” do curso de pós-graduação, organizado pelo laboratório de Luminotecnia – UNT. Dentre as experiências que são propostas neste trabalho, as duas primeiras foram realizadas durante o curso sob a responsabilidade do Lic. Lozano. A terceira, durante o curso do Dr. Gentler. Foram colhidos, também, algumas questões e comentários apresentados em tais

cursos. Isto não implica responsabilizar alguém, mais que os autores, sobre qualquer erro que contenha este trabalho.

### **Referências Bibliográficas**

1. FEYNMAN, R. **Física: mecánica, radiación y calor**. EEUU: Fondo Educativo Interamericano, 1971. v. 1.
2. SEARS, F. **Fundamentos de física III: óptica**. Madrid: Ed. Aguilar, 1967.
3. LOZANO, R. D. **El color y su medición**. Buenos Aires: Ed. América Lee, 1978.
4. BUNGE, M. **La ciencia, su método y su filosofía**. Buenos Aires: Ed. Siglo XX, [s.d].
5. TATON, R. **Historia general de las ciencias: a ciencia contemporánea II (siglo XX)**. Barcelona: Ed. Destino, 1975. v. 4.

### **Apêndice I**

#### **Algumas questões epistemológicas suscitadas pelo estudo das teorias científicas sobre a cor**

O estudo da visão das cores conduz a questões epistemológicas que, propostas em aula, podem levar a discussões valiosas para promover a formação científica dos alunos.

- O conhecimento construído para explicar a visão da cor deve ser caracterizado como um conhecimento técnico, tecnológico, científico ou de alguma outra categoria?

- Como aceder à objetividade nos estudos da visão, tanto do ponto de vista da adequação ao objeto como de acordo com os sujeitos que o conhecem?

- O tratamento atual do tema responde aos cânones estabelecidos por alguns epistemólogos<sup>(4)</sup> para o que se deve entender por pesquisa científica?

- São diferentes os critérios de verdade e de covalidação empregados pela Física e pela ciência da cor?

- Já se alcançou neste campo um grau de desenvolvimento que permita caracterizar suas construções conceituais como teorias científicas maduras?

E muito mais. A intenção de esboçar respostas, a discussão explícita sobre os fundamentos e as características distintas das teorias da cor podem contribuir para



que o estudante aprofunde sua compreensão dos alcances e limitações da ciência em geral.

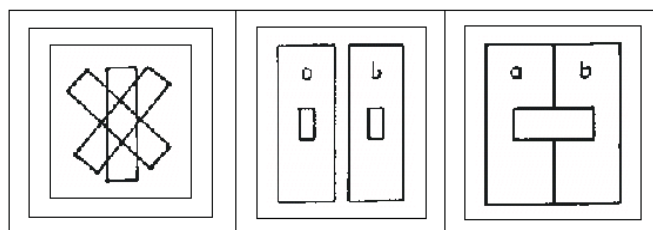
## Apêndice II

### Breve descrição das experiências sugeridas para serem desenvolvidas em aula

#### II.1 Experiência 1

Esta experiência inclui diferentes trabalhos que os alunos devem realizar pintando com têmperas sobre folhas de cartolina branca. Pode ser conveniente separá-los em grupos e pedir-lhes que distribuam entre si a realização das pinturas das Fig. 1, 2 e 3.

No caso da Fig. 1, trata-se de pintar o fundo com um cinza azulado claro, por exemplo, e logo ir clareando (ou escurecendo) progressivamente essa cor para ir pintando, cada vez, as regiões que no desenho correspondem a um retângulo, logo a dois superpostos e finalmente a três superpostos. Caso seja cuidadoso com a definição das bordas, ao olhar o quadro terminado se interpretará a informação visual como lâminas transparentes brancas (ou de cor) superpostas e não meramente como um conjunto de setores geométricos coloridos.



*Fig. 1*

*Fig. 2*

*Fig. 3*

No caso da Fig. 2, os setores designados com as letras a e b são pintados com duas cores opostas (por exemplo azul forte e amarelo forte, ou verde claro e vermelho claro). Uma vez que essa pintura esteja seca, o aluno deverá pintar com atenção (sendo bastante cuidadoso nas bordas) o setor central, de modo que a sensação de cor do referido setor seja a mesma nos dois retângulos. Para isto, como descobrirão sozinhos ou com a sugestão do professor, poderão empregar uma base (por exemplo, cinza) à qual adicionarão, para cada setor central, uma quantidade mínima da cor com a qual pintaram o exterior do outro do outro setor central.

A conclusão de que a sensação de cor não é privativa somente do objeto ou da fonte luminosa empregada, mas também de outros fatores tal como a coloração do meio que rodeia o objeto, é reforçado com o resultado que se obtém ao pintar a Fig. 3. Neste caso, trata-se novamente de pintar os setores a e b com duas cores opostas. Porém, agora, pinta-se o setor central, em ambos os retângulos, com a mesma cor (por exemplo, creme). A sensação será como se em cada caso se houvesse adicionado a essa cor base uma porção mínima da cor que rodeia o outro setor central.

## **II.2 Experiência 2**

Mais que uma experiência, esta é uma demonstração feita pelo professor e que logo os estudantes podem repetir com os objetos coloridos por eles escolhidos.

Com um projetor de slides, uma rede de difração e uma fenda, projeta-se sobre uma parede o espectro contínuo produzido pela lâmina do projetor, apagam-se todas as outras luzes e se escurece o ambiente o máximo possível.

Como introdução, pode-se interpor diferentes materiais transparentes, coloridos ou não, e observar seu efeito como filtros cromáticos. Papéis celofanes, vidros coloridos e, eventualmente, filtros de cor utilizados em fotografia podem servir para discutir a eficiência de cada um para “cortar” zonas do espectro.

Pode-se, então, passar o objeto central da experiência: investigar a refletância espectral de objetos coloridos. Por exemplo, pode-se utilizar cartolinas de cores diferentes. Tomando cada uma delas separadamente e fazendo-as passar ao longo do espectro, observa-se que parece escura (cinza) quando passa pelas zonas do espectro de cores que não contém e toma a cor do fundo quando passa por uma zona do espectro com uma cor que contenha a sua própria cor.

Os testes sucessivos com amostras de diferentes cores permitirão em cada caso, a partir do comportamento evidenciado pela amostra em sua passagem ao longo do espectro, que os alunos proponham com que cor ela será observada sob a luz do dia ou quando se acende as luzes da sala. Os acertos serão quase sempre ruidosamente festejados. Os erros levarão a repetir a observação com cuidado.

A análise dos resultados obtidos permitirá concluir que a característica física que distingue os objetos coloridos não é sua cor, mas sim, sua refletância espectral.

## **II.3 Experiência 3**

Esta experiência baseia-se nas leis de Grassmann, segundo as quais uma cor qualquer pode ser reproduzida com base em outras três, selecionadas como “primárias”, com a condição de que estas sejam independentes entre si.

Quer dizer, se chamarmos [A], [B] e [C] às primárias selecionadas, uma cor qualquer [D] pode ser obtida misturando quantidades apropriadas das primárias.

$$d [D] = a [A] + b [B] + c [C].$$

Quando se trata de misturas aditivas (no caso de luzes coloridas) as quantidades a, b e c de cada primária necessárias para igualar a cor [D] serão todas positivas ou nulas, enquanto que no caso de misturas subtrativas (mistura de pigmentos, pinturas, cores vistas por reflexão, etc.) tais quantidades podem tomar valores positivos, nulos ou negativos.

Uma quantidade negativa de uma cor não tem nenhuma realidade física, de modo que este fato deve se interpretar como segue:

Se a equação de cor para a cor [D] tem a forma

$$d [D] = a [A] - b [B] + c [C],$$

isto significa que a cor [D] não pode ser igualada com a soma das três primárias empregadas e, na realidade, a soma da cor desconhecida mais uma certa quantidade de uma das primárias (neste caso, b) é igual à soma das outras duas.

$$d [D] + b [B] = a [A] + c [C].$$

Como se pode ver, qualquer cor pode ser quantificada com base em três primárias adequadamente selecionadas.

A experiência que estamos tratando, denominada “círculo de cores” é uma forma prática, simples e razoavelmente acessível de ilustrar estes princípios.

O equipamento para implementá-la consiste em círculos de cartolinas coloridas de aproximadamente 40 cm de diâmetro cortados como indica a Fig.4, montados sobre um disco de cartão rígido e leve que atuará como suporte e será acionado por um motor de velocidade variável (do tipo dos usados em máquinas de costura).

Deve-se dispor de várias cores, entre as quais serão selecionadas as três que atuarão como primárias (para isso sugere-se usar vermelho, azul e verde, tão “intensos” e “puros” quanto seja possível). Deve-se graduar o disco base, dividindo-o em 100 partes iguais (fig.5).

Estas três primárias serão colocadas junto com um disco preto (necessário para se obter variação de claridade), como mostra a Fig. 4.

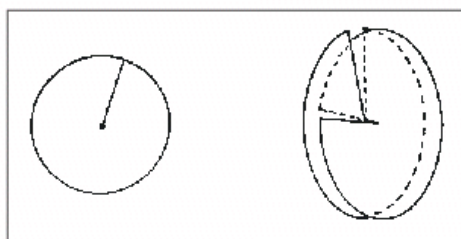


Fig. 4

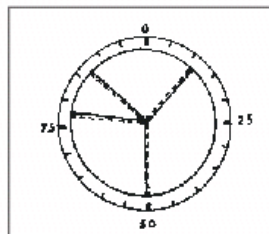


Fig. 5

Como amostras de cor a igualar, serão utilizados também discos de cartolina menores (diâmetro aproximado: 20cm), cortados da mesma forma e colocados sobre os maiores como indica a Fig. 6.

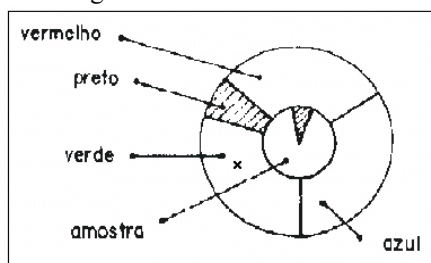


Fig. 6

Escolhendo uma cor (p.ex.: roxo) [M], buscar-se-á as respectivas quantidades das primárias que produzam, ao girar com uma velocidade adequada, a mesma sensação de cor que o roxo [M] do centro, isto é, as quantidades de [R], [A] e [V] que a “igualam”.

Este ajuste requer certa prática e várias tentativas, motivo pelo qual é aconselhável permitir que o estudante “brinque” com o equipamento antes de procurar determinar a equação de uma cor.

Para um caso específico, esta terá a forma:

$$m [M] + (100 - m) [Ng] = r [R] + a [A] + v [V].$$

Dando prosseguimento à atividade (uma vez obtida a cor de forma satisfatória), pode-se investigar o que acontece trocando o conjunto de primárias por outro, no qual se substitua, por exemplo, o vermelho [R] pelo laranja [N].

Uma possibilidade muito interessante é primeiro tratar de igualar o vermelho [R], que antes atuava como primária, mediante o novo conjunto que agora inclui o laranja [N].

Trabalhando com as equações de cor que são obtidas a partir da igualdade, pode-se obter as quantidades das novas primárias necessárias para igualar a primeira cor de teste utilizada (o roxo [M]).

Preparando o disco com estes valores e acionando o motor, poder-se-á verificar a hipótese inicial: a aditividade da sensação da cor.

### Apêndice 3

#### **A visão da luz, das cores, das imagens é um processo psicofísico**

*“O reconhecimento da natureza psíquica da luz e das cores levou à reconsideração das definições de fotometria e colorimetria, consideradas até então como ramos da física. Esta análise permitiu esclarecer certos equívocos. Ainda que A LUZ QUE VEMOS seja um ente psíquico rebelde a toda medida física, mesmo assim tem-se podido realizar tais medições esquematizando convencionalmente o psiquismo do observador mediante a definição de um OLHO MÉDIO dotado de características determinadas a partir das mediações efetuadas sobre um grande número de olhos reais. Com respeito à colorimetria, as cores existem somente devido ao psiquismo do observador que representa para ele certas características da radiação que impressionaram a retina. Tem-se procurado esquematizar de forma convencional a intervenção físico-psicológica do observador assim como a composição espectral da radiação iluminadora. Eliminada desta forma a intervenção efetiva do observador, fixam-se regras para “medir” as cores, isto é, para medir certas condições físicas que levarão um observador médio a ver certas cores determinadas.*

*Esta objetividade dos estudos ópticos obtida por substituição de convenções na intervenção físico-psicológica do observador foi mais extensa do que se pensava. Com efeito, este método já havia sido utilizado também em outros domínios da óptica, mas se havia esquecido este fato, para considerar como realidade experimental o que não era senão pura convenção. Tal era em particular o caso da óptica geométrica. A elegância desta construção matemática, destinada a definir a posição e forma das imagens dadas pelos sistemas ópticos, levava a crer que a experiência permitiria ver as figuras exatamente com as dimensões e posição determinadas pela teoria. Um exame crítico minucioso demonstra que isto não se verifica exatamente, a não ser em casos excepcionais. As formas e a posição das imagens vistas variam de um observador para outro, e dependem da experiência e das faculdades físicas do observador.” (Ref. 5, p. 227-228.)*