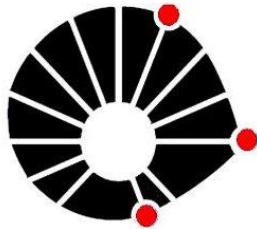


Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP.



UNICAMP



Instituto de Física Gleb Wataghin

Instituto de Física Gleb Wataghin – IFGW

Tópicos de Ensino de Física II – F709.

Relatório Parcial – 10 de novembro de 2013 - 2º Semestre de 2013.



Aluno: Henrique de Carvalho Calado

Contato: h091513@dac.unicamp.br RA: 091513

Professor: Prof. Dr. José Joaquim Lunazzi.

Contato: <http://portal.ifi.unicamp.br/component/contact/contact/211-pessoas/212-professores/274-141>

Resumo:

O presente relatório irá descrever as atividades nas quais eu tive maior participação durante um semestre e que foram realizadas na disciplina F709. Estas atividades se dividem em duas temáticas: As atividades complementares com experiências de Física no Planetário Municipal de Campinas; e a construção de um experimento com cores, que visa demonstrações de alguns efeitos com luzes coloridas.

Abstract:

This report will describe the activities on which I had more participation for one semester and were conducted in the discipline F709. These activities are divided into two themes: The complementary activities with physics experiences at the Municipal Planetarium of Campinas; and the construction of an experiment with colors, which aims demonstrations of some effects with colored lights.

Introdução:

Durante o 2º semestre de 2013 estive matriculado na disciplina F709, Tópicos de Ensino de Física II, que realiza uma continuidade em relação a sua anterior (F609) na participação dos alunos na prática experimental dentro do ensino de física, porém desta vez com uma projeção ainda maior, na inserção dos pré-professores em convivência com a prática de ensino, realizando apresentações das exposições de holografia (denominadas durante o relatório como EdH) e nas atividades complementares no Planetário Municipal de Campinas (denominadas durante o relatório como atividades complementares e PMC). Durante este semestre eu participei de uma apresentação de EdH e de oito idas ao PMC, contando com oito escolas atendidas nestas atividades complementares, com 296 alunos, além da presença de pais, professores e monitores.

Também foram analisados alguns exemplos da ótica geométrica, a fim de compreender melhor alguns experimentos. Por último, como atividade de planejamento, construção e teste de uma experiência para fim didático, desenvolvi neste semestre uma experiência com lâmpadas fluorescentes coloridas, na qual são desenvolvidas quatro aplicações: Mostrar como se comporta as misturas de algumas cores por luz; Explorar a percepção que se tem das cores dos objetos em função da cor da luz incidente; Mostrar a penumbra colorida projetada por pessoas e objetos; e tentar ter a percepção tridimensional de uma sombra com o uso de óculos bicolor vermelho-verde. Os espectros das luzes e de algumas misturas foram analisados por um espectrômetro de luz da faixa dos 300 nm a 900 nm, que pode explicar algumas “anomalias” presentes nas luzes.

Atividades Extras realizadas:

Ótica geométrica.

Três situações foram analisadas do ponto de vista da ótica geométrica: A visão lateral e a superior de uma fonte raios de luz.

Visão lateral:

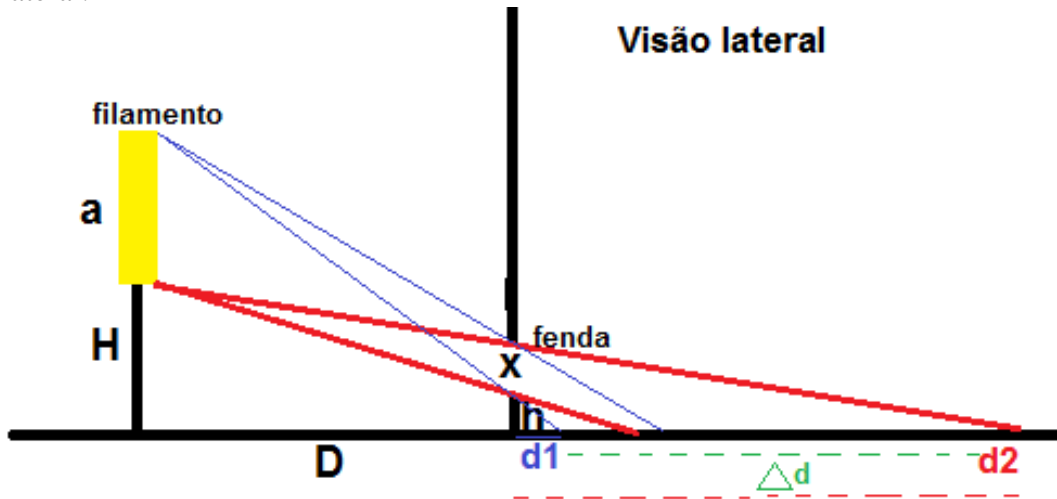


Figura 1: Esquema do filamento presente em uma lâmpada de raios a partir da visão lateral, com $H > x+h$.

A partir da semelhança de triângulos (com o raio azul mais próximo da fenda):

$$\begin{aligned} h/d1 &= (a+H)/(d1+D) \\ d1 &= D \cdot h1/(a+H-h) \end{aligned}$$

A partir da semelhança de triângulos (com o raio vermelho mais afastado da fenda):

$$\begin{aligned} H/(D+d2) &= (x+h)/d2 \\ d2 &= D \cdot (x+h)/(H-x-h) \end{aligned}$$

Assim, o tamanho do raio presente na superfície é igual a Δd :

$$\begin{aligned} \Delta d &= d2-d1 \\ \Delta d &= D \cdot [(x+h)/(H-x-h) - h/(H+a-h)] \\ \Delta d &= D \cdot (H \cdot x + a \cdot x + a \cdot h) / [(H-x-h) \cdot (H+a-h)] \end{aligned}$$

Com $H > x+h$.

Visão superior:

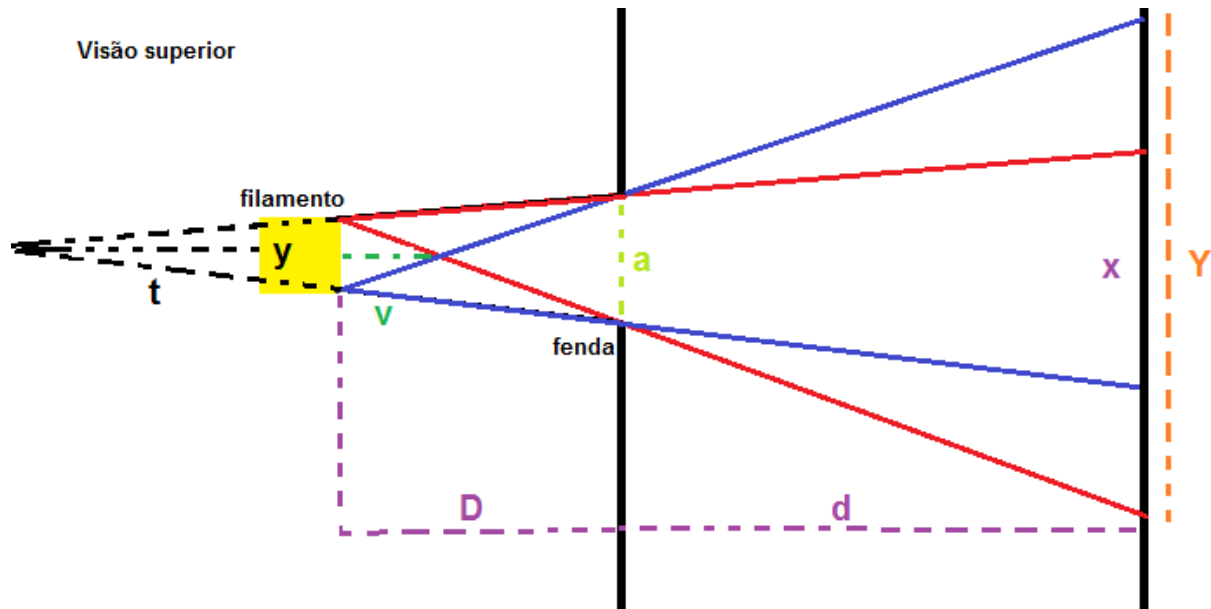


Figura 2: Esquema do filamento presente em uma lâmpada de raios a partir da visão superior, com $a > y$.

A partir da semelhança de triângulo (com os raios centrais, vermelho superior e azul inferior):

$$\begin{aligned} t/y &= (t+D+d)/x = (t+D)/a \\ t/y &= (t+D+d)/x \\ t &= y \cdot (D+d)/(x-y) \\ t/y &= (t+D)/a \\ t &= y \cdot D/(a-y) \\ y \cdot (D+d)/(x-y) &= y \cdot D/(a-y) \\ x &= [a \cdot (D+d) - d \cdot y]/D \end{aligned}$$

A partir da semelhança de triângulo (com os raios externos, vermelho inferior e azul superior):

$$\begin{aligned} v/y &= (D-v)/a = (D+d-v)/Y \\ v/y &= (D-v)/a \\ v &= D \cdot y/(a+y) \\ v/y &= (D+d-v)/Y \\ v &= y \cdot (D+d)/(Y+y) \\ D \cdot y/(a+y) &= y \cdot (D+d)/(Y+y) \\ Y &= [a \cdot (D+y) + y^2]/D \end{aligned}$$

Uma apresentação da EdH.

No dia 30 de agosto participei como monitor da EdH para os alunos de F609, que aconteceu no próprio espaço da Unicamp. Neste dia os alunos pareciam não se “deixar levar” tanto quanto os alunos de ensino médio, aparentemente devido a muitos deles já terem visto a apresentação, além de conhecerem muito bem os conceitos físicos que estavam sendo demonstrados, porém em algumas seções eles ainda tinham uma reação parecida com os mais novos, como com as imagens holográficas, a TV-3D e com as fotos 3D pelo óculo bicolor.

O trabalho no planetário.

O trabalho realizado no planetário foi desenvolvido até agora entre o dia 28 de agosto de 2013 e o dia 30 de outubro de 2013, com um total de oito visitas ao local, porém com dias sem escola (devido a cancelamentos de última hora por parte delas).

28 de agosto:

Assistimos à sessão do planetário, com duração de aproximadamente 30 minutos, e depois fomos encontrar com André Rolim, que nos mostrou a sala de apresentações, passou os slides e explicou como deveremos realizar as palestras ao público, deixando claro que podemos ser flexíveis na forma de apresentar. Ele também mostrou os experimentos de refração e reflexão disponíveis, inclusive indicando onde ele guarda os espelhos para o "La Nube".

4 de setembro:

Fomos ao planetário, porém lá fomos informados que a escola tinha acabado de cancelar sua visita. Montamos o experimento da lente com água, verificamos se estava tudo em ordem nas caixas de reflexão e refração, e aproveitamos para tirar algumas dúvidas.

11 de setembro:

Chegamos ao planetário e nos deparamos com uma turma de alunos, que estava esperando a outra escola terminar a sessão para entrarem. Enquanto esperavam, os chamamos para a apresentação e eles aceitaram. No total foram 50 alunos acompanhados de duas professoras. Como o tempo era curto, neste dia apresentamos o sub-módulo reflexão apenas. A reação dos alunos foi muito positiva. Os alunos também gostaram do espelho côncavo, e assimilaram a imagem formada com dunas. Esperamos a mesma escola terminar a sessão do planetário e fizemos o experimento "La Nube", que também teve um resultado positivo, os alunos gostaram bastante. Depois disso nos dedicamos à manutenção e preparação do material para a EdH, consertando o funil de entrada para a lente de água, abrindo o furo para encaixar na parte contendo o laser, testamos o aparato para verificar o quão longe estava o foco da lente.



Figura 3: Foto de um aluno fazendo o “La Nube” no dia 11 de setembro de 2013.

18 de setembro:

Havia 27 alunos na sessão do planetário, todos do 5º ano. A professora disse que o tempo disponível dos alunos era de 30 minutos, então fizemos o experimento com a lente de água e “La Nube”. Outra escola chegou enquanto a nossa apresentação acontecia. O interessante desta segunda escola é que os alunos vieram acompanhados dos pais e também de monitores de uma agência de viagens. Foram 41 alunos acompanhados de mais aproximadamente 20 pais de alunos, juntos de também três professoras presentes.

O tempo disponível desta escola era mais curto ainda, mas aceitaram assistir a apresentação sobre a lente de água e “La Nube”. Os alunos deste colégio também são do ensino fundamental, 4º ano. A reação de ambas as escolas foi muito positiva com relação à lente e “La Nube”. Uma das alunas disse que, quando passamos o vaporizador, pareciam filmes estilo 007 no qual o agente tenta localizar onde está o laser de segurança e atravessá-lo. O momento de maior entusiasmo com certeza foi com relação ao vaporizador, todos os alunos ficaram chocados com as imagens formadas e com os "cones" que formavam.

Em “La Nube”, alguns alunos desistiram logo no começo por que tinham medo de cair. Muitos se divertiram e quiseram repetir a experiência. Os professores, pais de aluno e monitores também fizeram o experimento. Os alunos tiveram uma reação muito positiva à apresentação, fazendo comentários sobre se lembrarem de situações e coisas que já viram. Uma aluna também perguntou do que era feita a lente utilizada (pois eu tinha relacionado à lente usada com as lentes dos óculos das pessoas e ela percebeu a diferença). A reação ao vaporizador foi de ainda maior entusiasmo com as duas salas, que tinham alunos fascinados pelo efeito alcançado. Em relação ao “La Nube”, os alunos mais novos tinham um pouco de dificuldade com o peso do espelho e outros ficavam com medo da desorientação provocada pelo experimento e pediam para parar mais cedo, enquanto outros, principalmente da primeira escola, insistiam em realizar a experiência mais vezes e ficavam muito felizes com o resultado.



Figura 4: Foto de uma aluna fazendo o “La Nube” no dia 18 de setembro de 2013.



Figura 5: Foto da explicação sobre a lente de água no dia 18 de setembro de 2013.

25 de setembro:

Apenas uma escola assistiria à sessão do planetário de manhã. Pouco depois da nossa chegada, os alunos saíram da sessão e conversamos com as professoras sobre nossa apresentação, e elas disseram que tinham 30 minutos de tempo livre. Apresentamos o experimento da lente de água e depois "La Nube". Os alunos gostaram bastante dos dois experimentos.

Os alunos tiveram um pouco de dificuldade na execução do “La Nube”, tanto pelo peso do espelho quanto pela dificuldade em conciliar a desorientação provocada pela atividade, também é interessante notar que na apresentação da lente com água, os alunos não falam nada até chegar à parte do vaporizador. É nesta hora que os alunos comentam "Que legal", "Que coisa louca", "Que demais", "Sensacional". Havia 44 alunos de nível ensino fundamental.

2 de outubro:

Chegamos ao planetário mais cedo para fazer a preparação da apresentação “A boa ótica dos pré-colombianos”, mas fomos informados que a escola visitante cancelou a ida ao planetário pouco antes da nossa ida. Continuamos a construção do experimento da câmara escura e fizemos testes com ela.



Figura 6: Câmara escura construída com caixas de papelão reaproveitadas.



Figura 7: Foto tirada da imagem formada no interior da câmara, de uma pessoa no lado de fora com os braços para cima.

16 de outubro:

Chegamos ao mesmo horário em que uma escola estava saindo da sessão. Tivemos tempo de montar a lente de água e chamamos os alunos e professoras para a nossa apresentação. Esta escola estava com 53 alunos com a supervisão de quatro professoras. Fizemos a apresentação da lente de água, e por causa do tempo nublado, não conseguimos apresentar o experimento da câmara escura. O experimento da câmara escura não funciona bem em dias nublados por que a intensidade de luz é muito baixa, o que gera imagens na câmera que são identificadas facilmente como invertidas, porém muito borradas, o que não acontece em um dia de sol mais forte.

Optamos por fazer o “La Nube” já que havia muitas nuvens no céu. Esperamos a outra escola chegar, para compensarmos o fato de que não fomos ao planetário na semana passada. A escola chegou mais tarde do que o esperado, com um total de 21 alunos e contou com a supervisão de uma professora e uma representante da agência de viagens que fez a excursão. Os alunos pediram para que apresentássemos o experimento do “Anel de Thomson”, pois o mesmo estava exposto na entrada do planetário, e houve muita curiosidade por parte dos alunos. Apresentamos novamente a lente de água, e depois fizemos o “La Nube” de uma maneira diferente, pois começou a chover: Ao invés da pessoa andar até a beirada e “pisar” nas nuvens, elas tentavam se equilibrar na borda.

Os alunos de ambas as escolas hoje se animaram muito com os experimentos apresentados, fazendo comentários e interagindo bastante com o “La Nube”, inclusive as professoras que gostaram da experiência e uma delas (da segunda escola) disse que vai tentar fazer um conjunto de espelhos “La Nube” para a sala de ciências da escola em que trabalha.



Figura 8: Alunos realizando a experiência “La Nube” nas bordas do teto.



Figura 9: Demonstração do experimento com o laser e a lente de água.

23 de outubro.

Chegamos ao planetário para fazer a preparação do projetor com os slides da apresentação "A boa óptica dos pré-colombianos". Dessa vez uma das escolas visitantes tinha tempo suficiente para a apresentação completa. A primeira escola chegou com um total de 20 alunos e uma professora. Na saída da sessão do planetário a professora comentou que poderia ficar no planetário com os alunos para a apresentação completa, inclusive com a demonstração

de imagens 3D, a lente de água, os espelhos antigos, etc. Pelo fato da manhã estar bem ensolarada, resolvemos fazer o experimento da câmara escura gigante ao invés de “La Nube” (ambos não podem ser feitos para a mesma escola devido ao grande tempo de duração que eles demandam).

A reação dos alunos nos surpreendeu positivamente, o experimento foi muito bem aceito pelos alunos que se divertiram e queriam inclusive repetir a experiência. A segunda escola chegou enquanto estávamos apresentando, e na saída comentaram que tinham um tempo de 30 minutos para irem embora, então fizemos a apresentação apenas com a lente de água e repetimos a câmara escura gigante. Esta segunda escola veio com um total de 50 alunos acompanhados de aproximadamente 10 pais de alunos e cinco professoras.

Os alunos e professores realmente tiveram uma reação muito boa à apresentação (em especial as imagens 3D) e à câmara escura, que propicia um momento em que eles se divertem bastante pela interação que eles exercem no experimento (enquanto um aluno esta dentro da câmara escura, outros se movem do lado de fora para serem vistos de ponta cabeça na tela da câmara). Seguem anexas mais fotos tiradas no dia pelo meu celular (qualidade inferior às outras fotos).

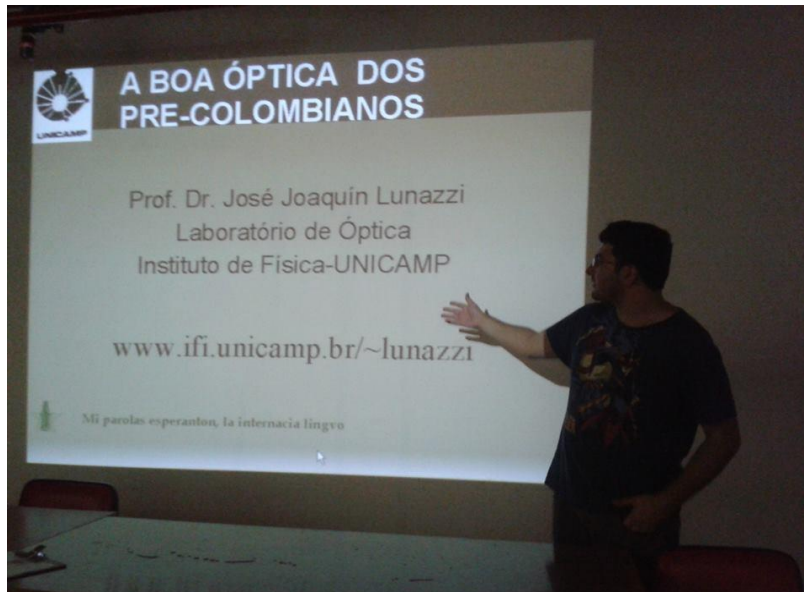


Figura 10: Foto da apresentação “A boa óptica dos pré-colombianos”.



Figura 11: Alunos recebendo o óculo bicolor para visualização de imagens 3D.



Figura 12: Alunos participando da experiência com a câmara escura.

Experiências com cores.

Neste semestre desenvolvi uma experiência ilustrativa sobre a mistura de cores a partir de ondas geradas por lâmpadas fluorescentes de 26 watts. Esta experiência foi baseada em um muito similar presente na escola COTUCA, que foi levada por um professor em uma feira de ciências que participei. O funcionamento dela exige um espaço sem luz, para ter a menor interferência externa possível sobre o que os olhos das vêm que não sejam raios de luz produzidos pelas lâmpadas coloridas (que já não apresentam espectros bem monocromáticos, como será mostrado mais a seguir). O objetivo inicial da experiência era poder desenvolver a ideia de penumbra colorida, formada por trechos de luz se misturando desigualmente atrás de uma pessoa. A partir disso percebi algumas aplicações adicionais, como:

- 1 - Ilustrar as misturas de cores por luz.
- 2 - Absorção de comprimentos de onda pelos materiais, através da percepção das cores diferentes com luzes incidente diferentes.
- 3 - Percepção tridimensional de uma sombra com luz vermelha e verde (e óculos bicolor), como sugestão do Prof. Lunazzi.

A construção do experimento foi muito simples e rápida (tendo como base o experimento visto na feira de ciências, porém com a lâmpada adicional amarela agora, que antes não existia).

Materiais usados:

- Base de madeira.
- Dois interruptores de parede.
- Dois refletores com dois bocais em cada um deles.
- Quatro lâmpadas fluorescentes coloridas de 26 W (amarela, vermelha, azul e verde). - Dois rolos de fita isolante.
- Cinco metros de fio de instalação domiciliar.
- Um plug de tomada.
- Papéis cartão coloridos (branco, vermelho, verde, amarelo, azul, roxo e laranja).

Fotos da montagem experimental.



Figura 13: Montagem experimental evidenciando as lâmpadas.



Figura 14: Montagem experimental evidenciando os direcionadores de luz, desencaixados das lâmpadas.



Figura 15: Montagem experimental com os direcionadores de luz encaixados às lâmpadas.



Figura 16: Folhas de papel cartão coloridas para fazer os testes de percepção das cores com diferentes luzes incidentes.

1 - Misturas de cores.

Os testes iniciais com as lâmpadas demonstraram alguns comportamentos “anômalos” (como a mistura entre azul e amarelo resultar em uma cor claramente como um rosa claro). Para entender o que estava acontecendo eu levei o experimento para o laboratório de ensino de ótica e com o auxílio do técnico de laboratório Costa, captamos os espectros de intensidade das lâmpadas e de algumas das misturas possíveis no espectrômetro, identificando os máximos de intensidade em função do comprimento de onda. Estes dados estão apresentados a seguir:

Faixas de comprimento de onda (nm)	Picos da lâmpada amarela (nm)	Picos da lâmpada vermelha (nm)	Picos da lâmpada azul (nm)	Picos da lâmpada verde (nm)
400 - 450			405,05 436,06*	
450 - 500			450,17**	487,81
500 - 550	542,83 547,17**		514,52 547,17	542,83** 547,17*
550 - 600	578,07 580,21 584,50 588,42			578,07 580,21 585,57
600 - 650	600,88 612,57* 627,39 631,96	612,57* 631,96**		
650 -700		651,57 653,31 663,41 688,66		
700 - 750		709,58		

Tabela 1: Valores dos comprimentos de onda de picos para as quatro lâmpadas. Valores com * são as posições do pico máximo de intensidade. Valores com ** são as posições do pico secundário de máxima intensidade.

Considerando que uma fonte de luz mais monocromática esteja próxima dos intervalos apresentados a seguir:

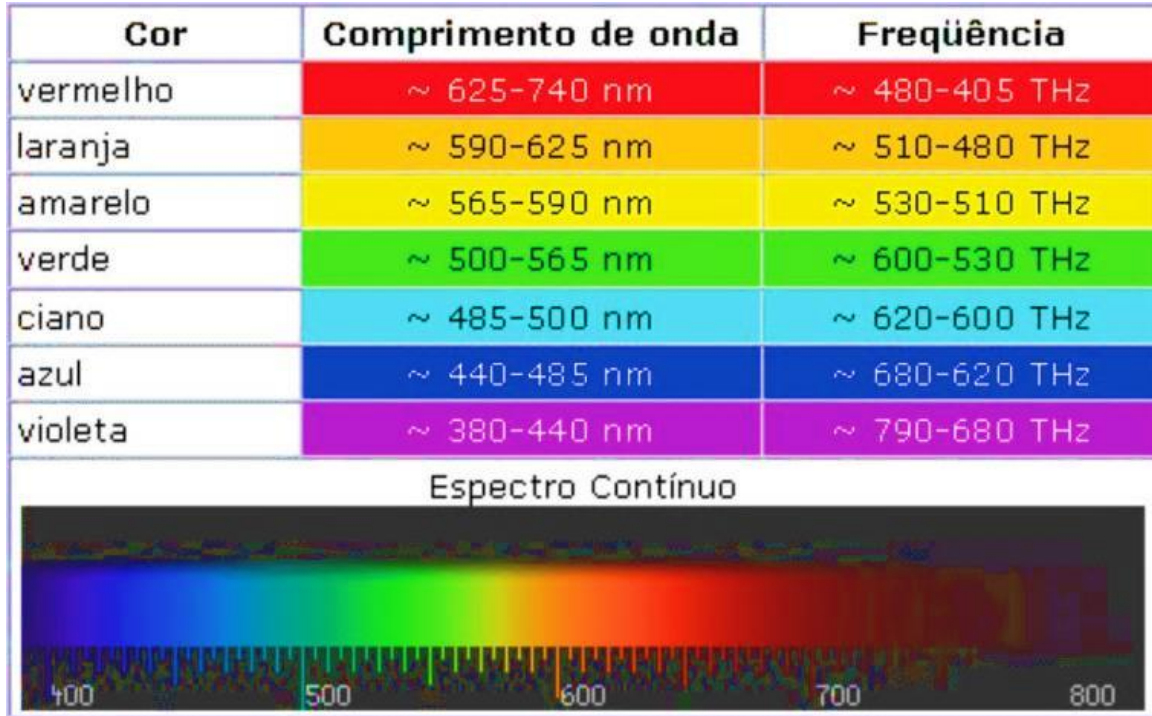


Figura 17: Intervalos de comprimento de onda referentes ao espectro de cor visível.

De acordo com a figura 1, as lâmpadas usadas no experimento (e lembrando que são lâmpadas comerciais, para uso mais indicado em decorações de ambientes e festas, sem o compromisso com a definição do comprimento de onda exato para a luz emitida) têm os seguintes desvios:

- A lâmpada amarela tem picos em 612 nm e 547 nm, característicos do verde e do laranja, com média igual a 579,5 nm, referente ao amarelo, e média ponderada entre as intensidades de picos e comprimentos de onda referente ao comprimento de onda 589 nm, também referente ao amarelo. A média ponderada entre todos os pontos do espectro coletado com o espectrômetro na faixa da luz visível (380 nm a 740 nm) também resultou em um comprimento de onda de 589 nm, referente ao amarelo.

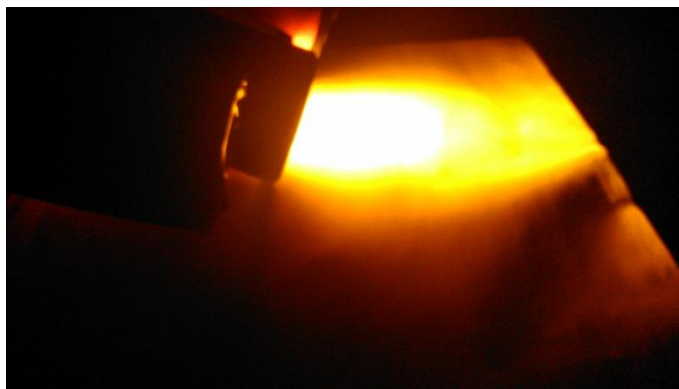


Figura 18: Lâmpada amarela incidente sobre papel branco (foto tirada com o direcionador).

- A lâmpada vermelha tem picos em 612 nm e 631 nm, característicos do vermelho e do laranja, com média igual a 621,5 nm, referente ao laranja, e média ponderada entre as intensidades de picos e comprimentos de onda referente ao comprimento de onda 631 nm, referente ao vermelho. A média ponderada entre todos os pontos do espectro coletado com o espectrômetro na faixa da luz visível (380 nm a 740 nm) resultou em um comprimento de onda de 597 nm, referente ao laranja.



Figura 19: Lâmpada vermelha incidente sobre papel branco (foto tirada com o direcionador)

- A lâmpada azul tem picos em 436 nm e 450 nm, característicos do azul e do violeta, com média igual a 443 nm, referente ao azul, e média ponderada entre as intensidades de picos e comprimentos de onda referente ao comprimento de onda 460 nm, também referente ao azul. A média ponderada entre todos os pontos do espectro coletado com o espectrômetro na faixa da luz visível (380 nm a 740 nm) resultou em um comprimento de onda de 491 nm, referente ao ciano.



Figura 20: Lâmpada azul incidente sobre papel branco (foto tirada com o direcionador)

- A lâmpada verde tem picos em 542 nm e 547 nm, ambos característicos do verde, com média igual a 544,5 nm, também referente ao verde, e média ponderada entre as intensidades de picos e comprimentos de onda referente ao comprimento de onda 547 nm, também referente ao verde. A média ponderada entre todos os pontos do espectro coletado com o espectrômetro na faixa da luz visível (380 nm a 740 nm) resultou em um comprimento de onda de 554 nm, também referente ao verde.



Figura 21: Lâmpada verde incidente sobre papel branco (foto tirada com o direcionador)

Algumas misturas das cores que tiveram os seus espectros avaliados foram: Azul e amarelo. Azul e verde. Vermelho e verde. Vermelho, amarelo e azul. Vermelho, verde e azul. Os dados das intensidades seguem nas tabelas a seguir:

Faixas de comprimento de onda (nm)	Picos da lâmpada amarela (nm)	Picos da lâmpada azul (nm)	Picos da mistura entre as luzes amarela e azul (nm)
400-450		405,05 - 436,06*	405,05 - 436,06
450-500		450,17**	446,84
500-550	542,83 - 547,17**	514,52 - 547,17	514,15 - 542,47 547,17**
550-600	578,07 - 580,21 584,50 - 588,42		578,07 - 588,42 594,12
600-650	600,88 - 612,57* 627,39 - 631,96		612,22* 631,61

Tabela 2: Valores dos comprimentos de onda de picos para a lâmpada amarela, azul e da mistura entre as luzes delas. Valores com * são as posições do pico máximo de intensidade. Valores com ** são as posições do pico secundário de máxima intensidade.

A mistura entre as luzes tem picos em 547 nm e 612 nm, característicos do verde e do laranja, com média igual a 579 nm, correspondente ao amarelo, e média ponderada entre as intensidades de picos e comprimentos de onda referente ao comprimento de onda 538 nm, referente ao verde. A média ponderada entre todos os pontos do espectro coletado com o espectrômetro na faixa da luz visível (380 nm a 740 nm) resultou em um comprimento de onda de 535 nm, também referente ao verde. porém a imagem mostra que claramente a mistura entre as duas luzes é formada por um tom rosado (como da mistura entre vermelho e azul), do qual o comprimento de onda provavelmente não deve exceder 480 nm.



Figura 22: Luz amarela e azul incidente sobre papel branco (foto tirada com o direcionador).

Faixas de comprimento de onda (nm)	Picos da lâmpada azul (nm)	Picos da lâmpada verde (nm)	Picos da mistura entre as luzes verde e azul (nm)
400-450	405,05 - 436,06*		436,8**
450-500	450,17**	487,81	450,92
500-550	514,52 - 547,17	542,83** - 547,17*	542,47 - 547,17*
550-600		578,07 - 580,21 585,57	

Tabela 3: Valores dos comprimentos de onda de picos para a lâmpada verde, azul e da mistura entre as luzes delas. Valores com * são as posições do pico máximo de intensidade. Valores com ** são as posições do pico secundário de máxima intensidade.

- A mistura entre as luzes tem picos em 436 nm e 547 nm, característicos do violeta e do verde, com média igual a 491,5 nm, correspondente a cor ciana, e média ponderada entre as intensidades de picos e comprimentos de onda referente ao comprimento de onda 502 nm, referente ao começo do espectro verde. A média ponderada entre todos os pontos do espectro coletado com o espectrômetro na faixa da luz visível (380 nm a 740 nm) resultou em um comprimento de onda de 527 nm, também referente ao verde. Claramente a cor formada pela intersecção das luzes é uma cor ciana.

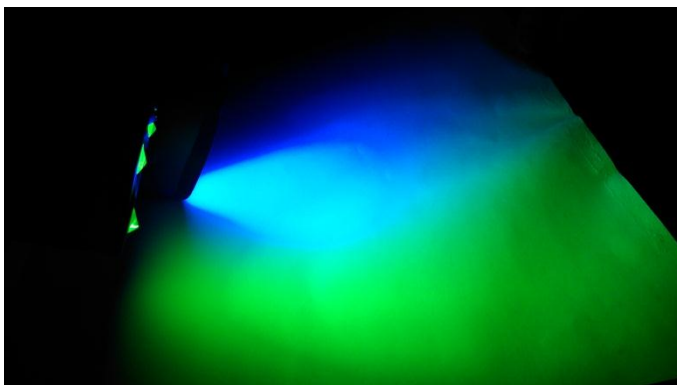


Figura 23: Luz verde e azul incidente sobre papel branco (foto tirada com o direcionador)

Faixas de comprimento de onda (nm)	Picos da lâmpada vermelha (nm)	Picos da lâmpada verde (nm)	Picos da mistura entre as luzes verdes e vermelhas (nm)
450-500		487,81	487,81
500-550		542,83** 547,17*	542,47 547,17**
550-600		578,07 580,21 585,57	580,21 584,86
600-650	612,57* 631,96**		612,22* 631,96
650 -700	651,57 653,31 663,41 688,66		651,57 663,41 689,00
700-750	709,58		707,87 713,33

Tabela 4: Valores dos comprimentos de onda de picos para a lâmpada verde, vermelha e da mistura entre as luzes delas. Valores com * são as posições do pico máximo de intensidade. Valores com ** são as posições do pico secundário de máxima intensidade.

A mistura entre as luzes tem picos em 547 nm e 612 nm, característicos do verde e do laranja, com média igual a 579,5 nm, correspondente ao amarelo, e média ponderada entre as intensidades de picos e comprimentos de onda referente ao comprimento de onda 587 nm, referente ao final do espectro amarelo. A média ponderada entre todos os pontos do espectro coletado com o espectrômetro na faixa da luz visível (380 nm a 740 nm) resultou em um comprimento de onda de 578 nm, também referente ao amarelo. Na imagem esta presente em alguns pontos da imagem uma cor de tom entre marrom e amarelo. Mesmo tendo os mesmos picos de maior intensidade que a mistura entre amarelo e azul, a cor formada é bastante diferente, o que mostra como apenas os picos principais não determinam o comprimento de onda da mistura.



Figura 24: Luz verde e vermelha incidente sobre papel branco (foto tirada sem o direcionador).

Faixas de comprimento de onda (nm)	Picos da lâmpada vermelha (nm)	Picos da lâmpada azul (nm)	Picos da mistura entre as luzes azuis e vermelhas (nm)
400 - 450		405,05 - 436,06*	405,05 - 436,06**
450 - 500		450,17**	451,29
500 - 550		514,52 - 547,17	514,52 - 547,17
550 - 600			
600 - 650	612,57* 631,96**		601,23 - 612,92* 632,31
650 - 700	651,57 - 653,31 663,41 - 688,66		651,57 - 663,76 688,66 - 697,60
700 - 750	709,58		710,26

Tabela 5: Valores dos comprimentos de onda de picos para a lâmpada azul, vermelha e da mistura entre as luzes delas. Valores com * são as posições do pico máximo de intensidade. Valores com ** são as posições do pico secundário de máxima intensidade.

A mistura entre as luzes tem picos em 436 nm e 612 nm, característicos do violeta e do laranja, com média igual a 524 nm, correspondente ao verde, e média ponderada entre as intensidades de picos e comprimentos de onda referente ao comprimento de onda 589 nm, referente ao final do espectro amarelo. A média ponderada entre todos os pontos do espectro coletado com o espectrômetro na faixa da luz visível (380 nm a 740 nm) resultou em um comprimento de onda de 570 nm, também referente ao amarelo. Na imagem está presente o que é claramente esperado, como uma cor rosada, violeta e roxa.

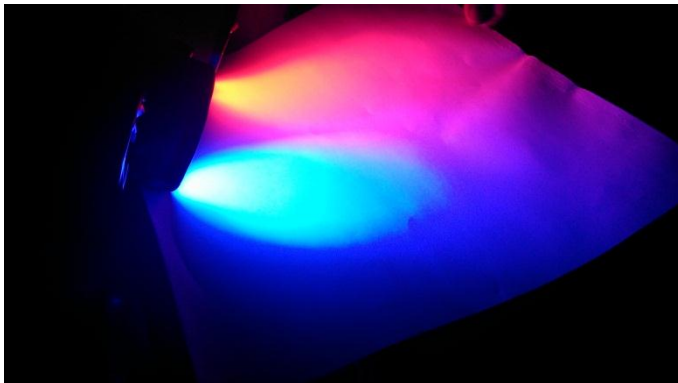


Figura 25: Luz azul e vermelha incidente sobre papel branco (foto tirada com o direcionador).

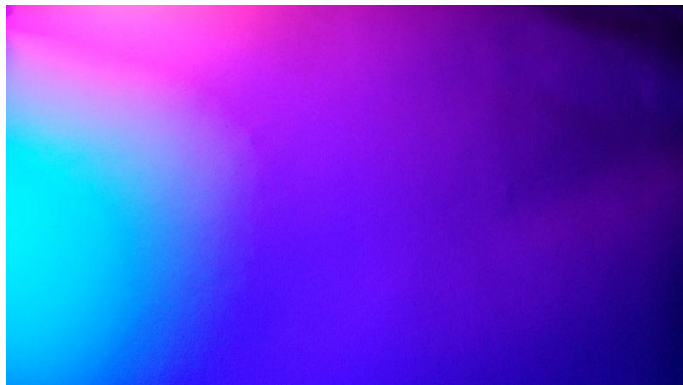


Figura 26: Luz azul e vermelha incidente sobre papel branco (foto tirada sem o direcionador).

Faixas de comprimento de onda (nm)	Picos da lâmpada amarela (nm)	Picos da lâmpada vermelha (nm)	Picos da lâmpada azul (nm)	Picos da mistura entre as luzes amarelas, azuis e vermelhas (nm)
400 - 450			405,05 436,06*	405,43 - 436,80**
450 - 500			450,17**	450,92
500 - 550	542,83 547,17**		514,52 547,17	542,47 547,17
550 - 600	578,07 580,21 584,50 588,42			588,07
600 - 650	600,88 612,57* 627,39 631,96	612,57* 631,96**		612,22* 631,61*** 633,36 643,18
650 - 700		651,57 653,31 663,41 688,66		651,57 688,66
700 - 750		709,58		709,23

Tabela 6: Valores dos comprimentos de onda de picos para a lâmpada amarela, azul, vermelha e da mistura entre as luzes delas. Valores com * são as posições do pico máximo de intensidade. Valores com ** são as posições do pico secundário de máxima intensidade. Valores com *** são as posições do pico terciário de máxima intensidade.

A cor que aparece mais fortemente na imagem é um tom de roxo-violeta, porém ela é muito influenciável pela posição das lâmpadas na interação para três fontes de luz (visível na imagem com o direcionador). Quando a foto é feita sem o direcionador a cor que prevalece ainda é o tom de violeta, porém ele é muito ligado à posição da máquina fotográfica que recebe muita luz diretamente da lâmpada.



Figura 27: Luz amarela, azul e vermelha incidente sobre papel branco (foto tirada com o direcionador).



Figura 28: Luz amarela, azul e vermelha incidente sobre papel branco (foto tirada sem o direcionador).

Faixas de comprimento de onda (nm)	Picos da lâmpada verde (nm)	Picos da lâmpada vermelha (nm)	Picos da lâmpada azul (nm)	Picos da mistura entre as luzes verdes, azuis e vermelhas (nm)
400 - 450			405,05 436,06*	405,05 436,43****
450 - 500	487,81		450,17**	447,21
500 - 550	542,83** 547,17*		514,52 547,17	542,47 546,81**
550 - 600	578,07 580,21 585,57			577,71
600 - 650		612,57* 631,96**		612,22* 631,61
650 - 700		651,57 653,31 663,41 688,66		663,06 688,66
700 - 750		709,58		709,92

Tabela 7: Valores dos comprimentos de onda de picos para a lâmpada verde, azul, vermelha e da mistura entre as luzes delas. Valores com * são as posições do pico máximo de intensidade. Valores com ** são as posições do pico secundário de máxima intensidade. Valores com *** são as posições do pico terciário de máxima intensidade.

A cor que aparece mais fortemente na imagem é um tom de azul-ciano, mas que não consegue ser bem verificado pela posição das lâmpadas na interação para três fontes de luz (visível na imagem com o direcionador). Quando a foto é feita sem o direcionador a cor que prevalece ainda é o tom de ciano-azul, porém ainda deve estar ligado à posição da máquina fotográfica que recebe muita luz diretamente da lâmpada, pois ao olho ela parecia ser bem mais próxima do branco.

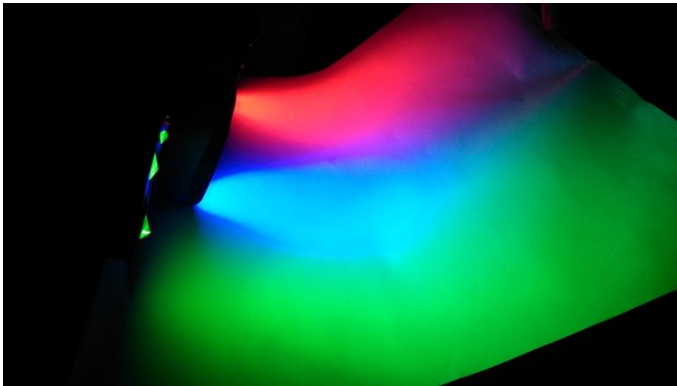


Figura 29: Luz verde, azul e vermelha incidente sobre papel branco (foto tirada com o direcionador).

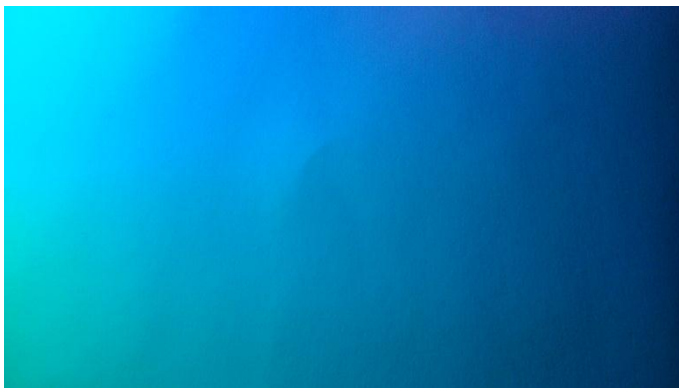


Figura 30: Luz verde, azul e vermelha incidente sobre papel branco (foto tirada sem o direcionador).

Algumas outras imagens de misturas de luzes (para estas misturas não foi realizada a análise do espectro de intensidades em função do comprimento de onda).

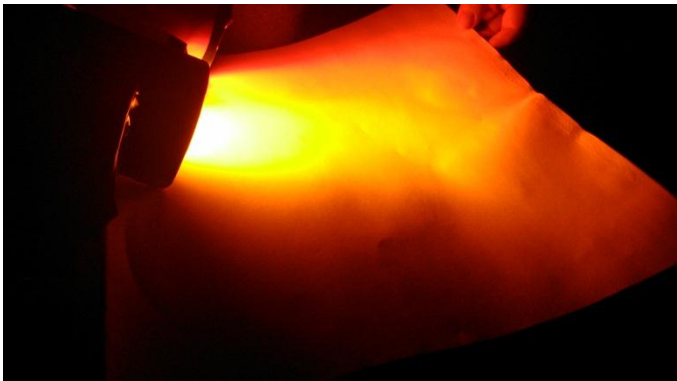


Figura 31: Luz amarela e vermelha incidente sobre papel branco (foto tirada com o direcionador).



Figura 32: Luz amarela e vermelha incidente sobre papel branco (foto tirada sem o direcionador).



Figura 33: Luz amarela e verde incidente sobre papel branco (foto tirada com o direcionador).



Figura 34: Luz amarela e verde incidente sobre papel branco (foto tirada sem o direcionador).

2 – Percepção das cores e absorção dos materiais.

Como segunda possibilidade de trabalho com o experimento se figura a demonstração de que vemos as coisas com as cores que elas nos mostram por que um comprimento de onda incidiu na superfície do material e não foi absorvido, e sim refletido, e esse comprimento de onda irá configurar a cor que percebemos do material. Na ausência daquele comprimento de onda na luz incidente o material irá absorver a maior parte da luz incidente e não irá refletir a luz que o mantêm visível e com a sua cor característica. É claro que esse fenômeno não será visível na sua plenitude ideal (com os materiais aparecendo puramente negros quando tem um comprimento de onda incidente diferente da sua cor natural) devido a alguns fatores como:

- 1 - As lâmpadas não produzem uma luz quase monocromática (como evidenciado pela análise anterior dos espectros de intensidade).
- 2 – Os materiais (folhas coloridas de papel cartão) não absorvem apenas um comprimento de onda definido, e sim uma parte do espectro.
- 3 – A luz produzida pela lâmpada pode refletir no material pela película do papel antes de poder ser absorvido ou não pela camada dele que possui a tinta e a característica da cor.

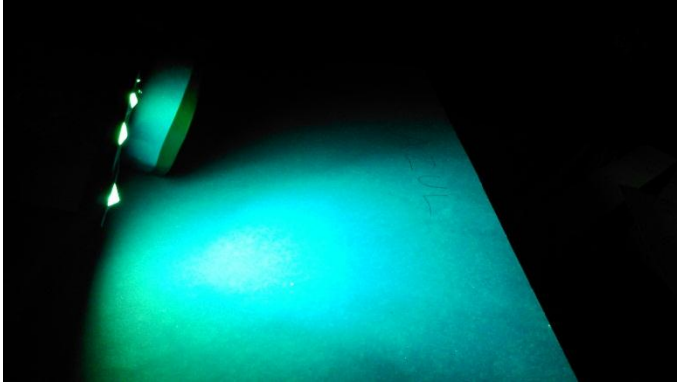


Figura 35: Luz verde incidente sobre papel azul (foto tirada com o direcionador).

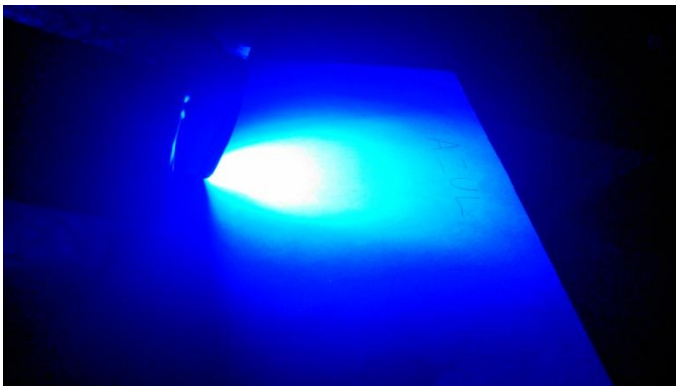


Figura 36: Luz azul incidente sobre papel azul (foto tirada com o direcionador).



Figura 37: Luz amarela incidente sobre papel azul (foto tirada com o direcionador).



Figura 38: Luz vermelha incidente sobre papel azul (foto tirada com o direcionador).

A lâmpada azul e a verde têm picos de comprimento de onda abaixo dos 500 nm, e que provavelmente são capazes de ser mais refletido pela folha azul, o que traz o aspecto diferente das suas imagens, nas quais a folha mostra mais cor e menos área escura, tendo um brilho máximo na imagem da lâmpada azul. O fato das cores amarela e vermelha aparecerem nas outras imagens deve estar ligado às distorções que o experimento provoca por não ter condições ideais de execução.



Figura 39: Luz azul incidente sobre papel roxo (foto tirada com o direcionador).

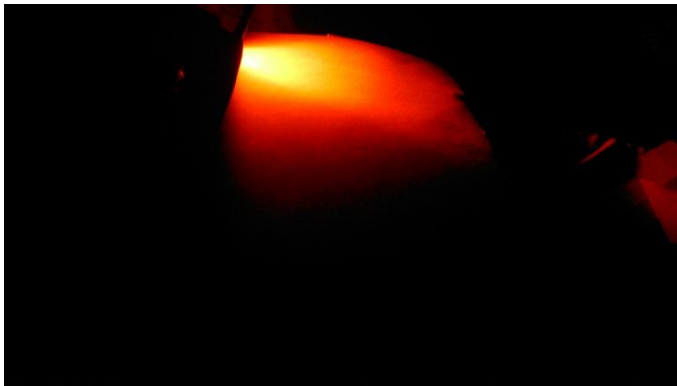


Figura 40: Luz vermelha incidente sobre papel roxo (foto tirada com o direcionador).

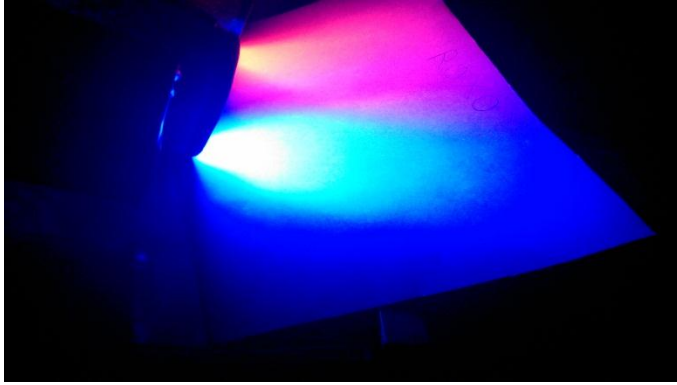


Figura 41: Luz vermelha e azul incidente sobre papel roxo (foto tirada com o direcionador).

O papel roxo é capaz de refletir a luz vermelha e azul (o que torna possível a comparação dessas luzes incidentes sobre o papel azul: Enquanto a imagem para a luz azul é muito parecida para os dois papéis, a luz vermelha apresenta maior brilho com o papel roxo do que com o papel azul) e também a parcela da mistura entre as luzes (que tem uma cor próxima do violeta).



Figura 42: Luz verde incidente sobre papel laranja (foto tirada com o direcionador).



Figura 43: Luz azul incidente sobre papel laranja (foto tirada com o direcionador).



Figura 44: Luz amarela incidente sobre papel laranja (foto tirada com o direcionador).

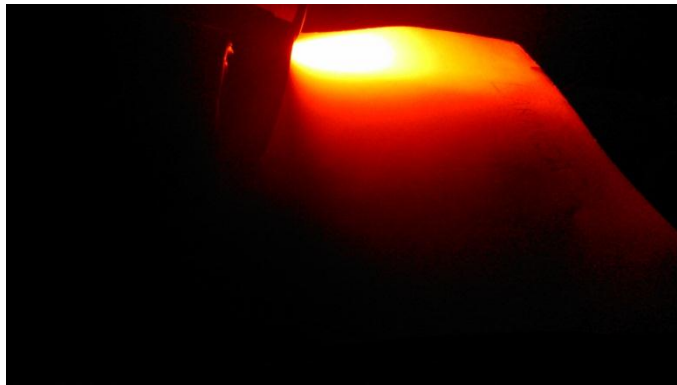


Figura 45: Luz vermelha incidente sobre papel laranja (foto tirada com o direcionador).

O papel laranja deve ter tons de amarelo, laranja e vermelho em sua tinta, e por isso ele deve refletir comprimentos de onda da faixa do amarelo, laranja e vermelho. Uma lâmpada verde que não excitasse picos na faixa dos 550 nm a 600 nm não teria um brilho tão alto nesta placa que deve refletir comprimentos de 565 nm até 740 nm. A luz azul nesta folha em comparação com as folhas azul e roxa teve um brilho muito menor, por não refletir tanto na faixa de comprimentos de onda da placa.

3 – Penumbra colorida.

A ideia do experimento original (presente no colégio COTUCA) era mostrar para os alunos imagens de penumbras coloridas atrás de objetos e pessoas, sendo projetada em uma parede branca de fundo, motivando a indagação dos alunos sobre este fenômeno e assim desenvolvendo um pouco da ideia de raios de luzes, de sombra e penumbra. Eu montei algumas fotos que mostram essa ideia usando as quatro luzes acesas simultaneamente e com a sombra sendo projetada em uma parede branca.

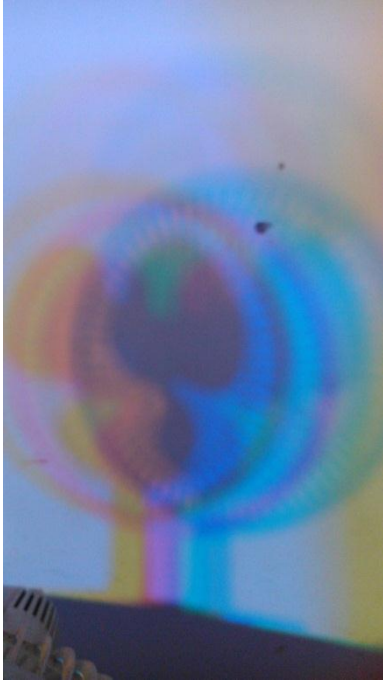


Figura 46 e 47: Penumbra colorida de um ventilador sendo projetadas em uma parede branca, com as quatro lâmpadas coloridas ligadas simultaneamente.

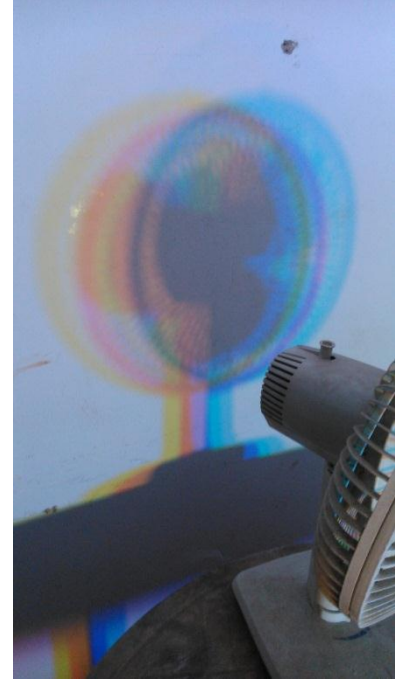


Figura 48 e 49: Penumbra colorida de um cubo sobre segmentos de cano e de um tubo vertical, sendo projetadas em uma parede branca, com as quatro lâmpadas coloridas ligadas simultaneamente.



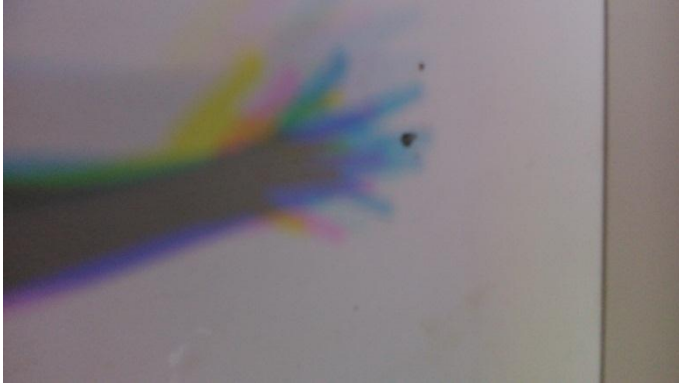


Figura 50: Penumbra colorida de mão sendo projetada em uma parede branca, com as quatro lâmpadas coloridas ligadas simultaneamente.



Figura 51: Penumbra colorida de mão segurando lateralmente uma folha de papel, sendo projetada em uma parede branca, com as quatro lâmpadas coloridas ligadas simultaneamente.

4 – Penumbra bicolor verde e vermelha – Sombra 3D.

Como uma ideia do professor Lunazzi, seria possível projetar uma sombra bicolor com as lâmpadas verde e vermelha acesas, e visualiza-la com o óculo bicolor, tendo uma percepção tridimensional da imagem formada. Na prática essa percepção está mais limitada à possibilidade de se movimentar próximo ao objeto que tem a sua sombra bicolor projetada e perceber a variação da intensidade dessas sombras coloridas com a posição de visão.

As fotos tiradas não conseguiram demonstrar muito bem essa possibilidade como ocorre em presença do experimento em funcionamento. A grande intensidade da cor verde e a variação do tom de verde nas imagens podem ser devidas à posição em que estava a máquina fotográfica em cada foto em relação às fontes de luz.



Figura 52: Penumbra bicolor verde e vermelha de um ventilador sendo projetada em uma parede branca, com as lâmpadas verde e vermelha estando ligadas simultaneamente.

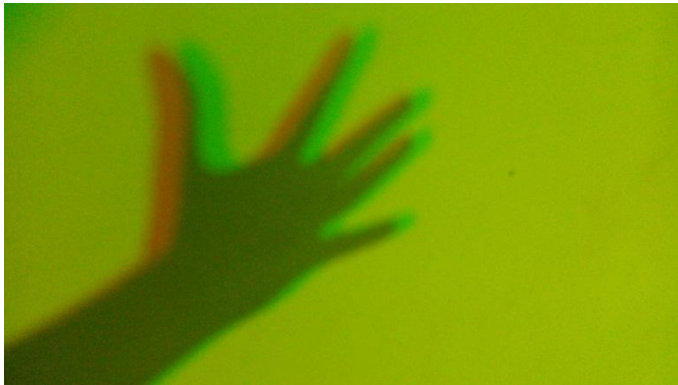
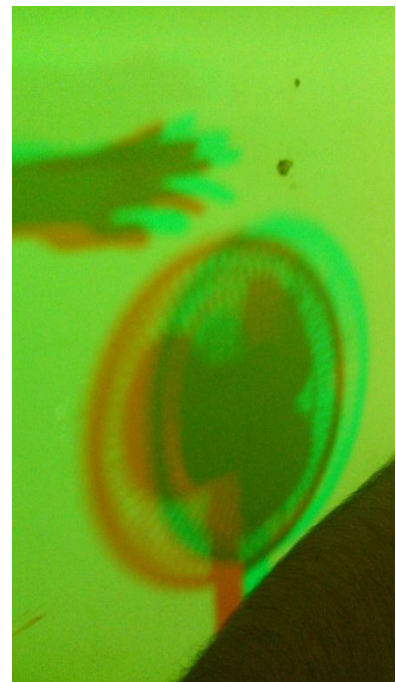


Figura 53: Penumbra bicolor verde e vermelha de uma mão sendo projetada em uma parede branca, com as lâmpadas verde e vermelha estando ligadas simultaneamente.



Figura 54 e 55: Penumbra bicolor verde e vermelha de um ventilador e uma mão sendo projetadas em uma parede branca, com as lâmpadas verde e vermelha estando ligadas simultaneamente.



Disposições finais.

Este semestre foi bastante produtivo em termos da evolução na minha formação como futuro professor e acredito que parte desta evolução esta ligada às atividades realizadas neste semestre na disciplina F709, com as apresentações no PMC e com o desenvolvimento da experiência voltada para os fins de ensino, mas ainda com a presença de uma lógica de pensamento e análise dos resultados mais próximos à desenvolvida durante a faculdade.

Estar em contato com situações de ensino de física e poder ter uma boa reação dos alunos são coisas muito gratificantes e que pudemos vivenciar constantemente com as apresentações, que também tiveram outros lados do trabalho do professor, como a indisciplina, a falta de conceitos pré-requisitos dos alunos que exige a adaptação da abordagem, os imprevistos, o planejamento de atividades, a construção e análise de experiências didáticas, etc.

Sobre o experimento com luzes, acredito que ele tem grande potencial para ilustrações em sala de aula e para plateias pequenas, pois ele evidencia alguns fenômenos, colocando em cheque algumas concepções minimalistas, por parte oriunda da falta de conhecimento sobre o modelo subtrativo e o modelo aditivo de cores. Apesar das limitações das lâmpadas que tem espectros bem difusos (pouco monocromáticos), é possível desenvolver atividades que consigam relevar esta limitação e que também possam analisar exatamente como essa limitação interfere os resultados práticos.

A matéria me ajudou bastante a refletir sobre e vivenciar questões do ensino de ciências que estão presentes no cotidiano da profissão de professor quando existe a preocupação em tornar o ensino mais significativo e atrativo para seus alunos.