

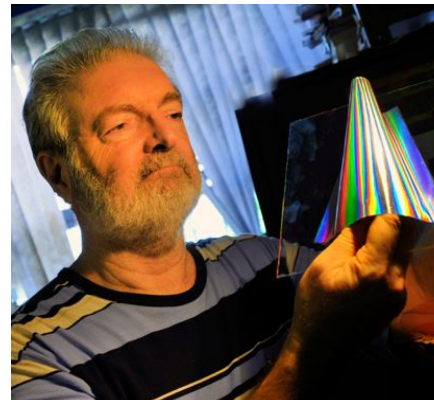
Universidade Estadual de Campinas
Instituto de Física Gleb Wataghin – IFGW

Relatório Final

Projeto: Geração e Caracterização de
Holoimagens em Fotopolímeros



Aluno:
Kenji Suzuki Ynagaki
k081855(arroba)dac.unicamp.br



Orientador:
Prof. Jose Joaquin Lunazzi
lunazzi(arroba)ifi.unicamp.br

Coordenador: Professor Jun Takahashi
F 590 - Iniciação Científica I
Julho - 2016

Resumo

Esse trabalho de Iniciação Científica possui o objetivo de explorar métodos experimentais para a geração e caracterização de holoimagens em fotopolímeros. O projeto inicial consistia de utilizar filmes nacionais fotossensíveis para a produção das holoimagens, geradas pela exposição em luz branca. Entretanto, encontramos dificuldade de registrar qualquer espécie de espectro em filmes fotossensíveis nacionais, o que nos obrigou a procurar outro tipo de material (placas fotossensíveis estrangeiras) posteriormente exploradas, que ofereceram melhores resultados para a geração de registros. A caracterização deles é feita através da observação da relação entre a distância do objeto com a largura do espectro de difração encontrado. Sua importância se dá no fato da capacidade de registrar em uma placa de duas dimensões uma imagem com três dimensões, colorida e sem a necessidade de equipamentos ópticos (óculos 3D).

Método Experimental e Resultados

Etapa 1

Primeiramente, foi necessário um estudo na teoria sobre trabalhos predecessores relacionados ao projeto, incluindo o teste de alguns materiais cuja validade era desconhecida. A primeira montagem a ser trabalhada consistia em uma placa de metal sobre uma câmara de ar, para pneu de bicicleta, a fim de evitar vibrações indesejadas que pudessem interferir no registro da luz. Sobre ela colocamos um suporte para placas, um objeto a ser registrado (no caso um carrinho de brinquedo) e um feixe¹ disperso de luz vermelha, como pode ser visto na Figura 1 abaixo.



Figura 1: Experimento² de holografia em fotopolímero

¹ Produzido por uma fonte de laser de potência 5 mW

² Foto extraída de outro experimento, da disciplina F 709 - Prof. Lunazzi

O intuito de reproduzir essa montagem era o de testar o método de gravação de imagens holográficas, tal como a durabilidade do material utilizado, já que o mesmo vem sem data de validade. Na Figura 2 podemos ver a qualidade do holograma criado. Se iluminarmos na mesma direção em que o holograma foi feito mas no sentido contrário, obteremos uma imagem holográfica vermelha. Variando a inclinação da iluminação muda-se o comprimento de onda que chega aos nossos olhos, mudando a cor da imagem holográfica.

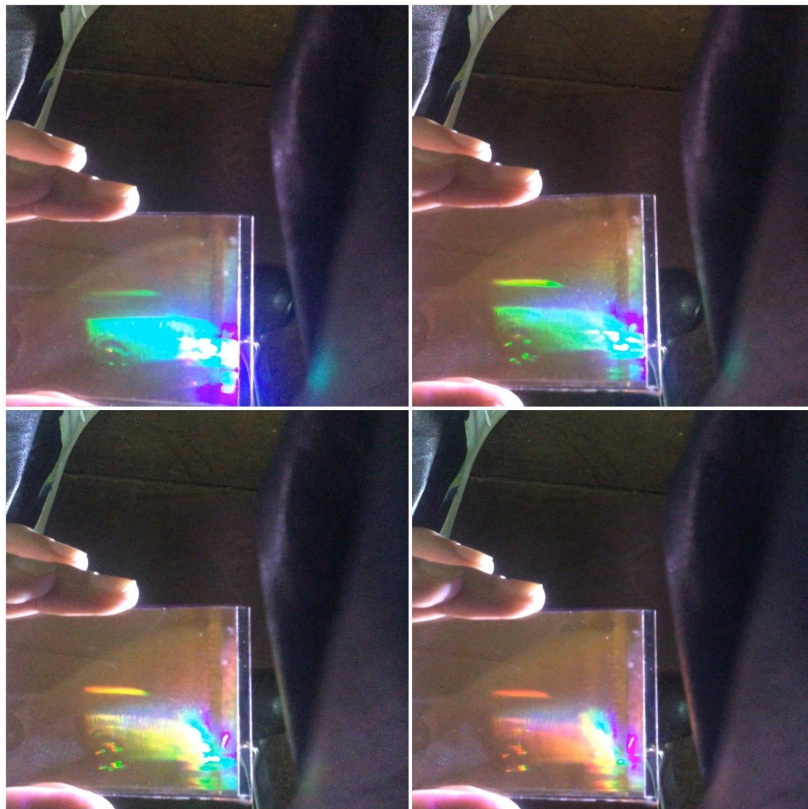


Figura 2: Holograma produzido sendo iluminado em vários ângulos diferentes

Apesar dos resultados serem satisfatórios, não poderíamos continuar com eles apenas, pois iríamos registrar holoimagens³, não hologramas⁴. Paramos temporariamente de utilizar a placa da marca Litiholo (estrangeira).

Etapa 2

Após essa etapa concluída, o próximo passo foi o de testar placas fotossensíveis de uma marca chamada Polygrama (nacional), ainda na mesma montagem. Obtendo resultados semelhantes, concluímos que não é necessário importar placas de outros

³ Termo criado pelo Prof. Lunazzi, descreve uma imagem com paralaxe feita sem feixe de referência.

⁴ Registro de uma imagem holográfica, formada pelo encontro de um feixe de referência e um refletido.

países para trabalhar com holografia satisfatoriamente. Após essa confiança na marca nacional ter sido estabelecida, chegou a hora de confeccionar novos materiais, para que esses fossem capazes de realizar o registro através do método da fotografia Lippman⁵ utilizando luz branca. O material que fizemos consistia em placas de vidro, como ilustrado na Figura 3, limpas com álcool etílico e isopropílico, onde seriam coladas uma película fotossensível para comprimentos de onda entre 530-633 nm, da Polygrama, como pode ser visto na placa da Figura 4.



Figura 3: Placa de vidro limpo

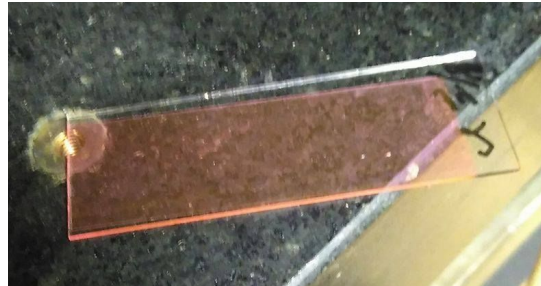


Figura 4: Placa com filme fotossensível

Com essas placas o resultado foi inesperadamente ruim, não havendo qualquer registro nas placas. O teste foi feito duas vezes, com placas diferentes e variando-se a face em que era iluminada pelo feixe de laser disperso. Acreditando que a placa não tinha problemas contatamos o produtor para mais informações sobre o filme, descobrindo que a energia necessária para a produção do registro era diferente. Para tanto realizamos várias contas considerando a potência da fonte, tempo de exposição, área de exposição e ângulo de incidência, como pode ser visto abaixo:

Energia necessária para o registro = 20 mJ/cm²

Laser vermelho (638 nm) de potência = 5 mW

Área da placa = 50 cm²

Ângulo de incidência com a placa = 70°

Área efetiva = 50*cos70° cm²

Intensidade = potencia / área = 30 μW/cm²

Calculando quanto tempo devemos expor cada cm² à essa intensidade

Energia = potencia * tempo

tempo = energia/potencia

⁵ Gabriel Lippman criou um método para o registro da luz considerando seu comprimento de onda, ou seja, conservando a informação referente à cor da luz.

tempo = $20 \cdot 10^{-3} / 30 \cdot 10^{-6} = 2000/3 = 11$ minutos aproximadamente

Deixamos 15 minutos, o que não difere muito do fotopolímero, mas mesmo assim obtivemos sucesso no registro desse filme.

Suspeitando que o filme fotossensível necessitasse de uma intensidade maior, criamos uma nova montagem, com outro laser de mesma potência (5 mW), mas do tipo ponteira, para concentrar mais a intensidade.

Etapa 3

Nessa etapa fizemos uma montagem diferente, com intuito de usar um laser que fornecesse mais energia por unidade de área, associado a uma lente convergente para concentrar o feixe para aumentar a energia fornecida. Como o feixe dessa vez seria concentrado, não haveria como registrar uma imagem holográfica, dado a necessidade do encontro entre dois feixes vindos da mesma fonte, a menos que fizéssemos algumas alterações na montagem.

Para essa montagem utilizamos uma fonte de laser 5 mW de 638 nm, uma lente convergente, dois espelhos, suportes magnéticos, um semi-espelho, ilustrado na Figura 5, de permeabilidade variável, que refletiria parte da luz permitiria que parte passasse.



Figura 5: Semi-espelho de permeabilidade variável

O feixe de luz refratado incidiria num espelho, sendo refletido em outra direção, a fim de encontrar com o feixe que não refratou. O encontro desses feixes de mesma fonte (e conseqüentemente mesma frequência) causaria uma interferência, objeto de nossa pesquisa para registro de imagens holográficas.

Os feixes de luz deveriam ser ajustados para incidirem numa mesma posição como pode ser visto nas Figuras 6 e 7 a seguir.

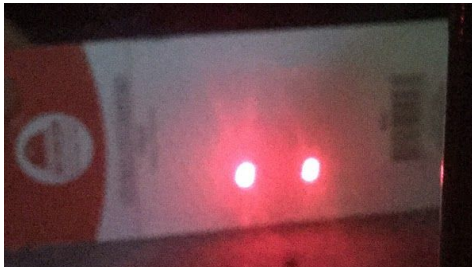


Figura 6 - Feixes desalinados

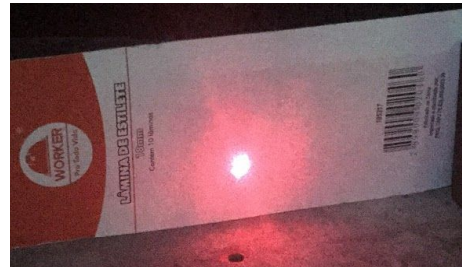


Figura 7 - Feixes alinhados

Pode-se perceber um aumento na área iluminada quando os dois feixes ficam coincidentes na Figura 7, mas também que as áreas na Figura 6 ao redor de cada feixe não são iguais. Algo essencial para que o experimento dê certo é que os dois feixes não tenham uma discrepância muito grande na intensidade um do outro.

Para medirmos as intensidades de cada feixe, utilizamos também um *laser machine display receiver* da marca Spectra Physics, para receber os feixes de luz, ilustrado na Figura 8. Sua função é dizer qual a potência efetiva está sendo transmitida por cada feixe de luz.



Figura 8: Máquina que mede a potência do feixe de luz incidente.

Após calibrarmos a intensidade dos dois feixes fizemos um suporte para a placa que deve se mover para receber o feixe concentrado. As figuras 9 e 10 a seguir ilustram a montagem:



Figura 9: Parte da montagem com fonte de laser, lente convergente, suporte móvel para placa e espelho para a o feixe refratado.



Figura 10: Parte da montagem com espelho e *laser machine display receiver*

A montagem foi utilizada para novas placas de vidro com o filme da Polygrama, dessa vez confeccionadas por um colega: Thiago Guedin. Incidimos o feixe de luz concentrado em um ponto da placa e após intervalos de tempo crescentes como numa progressão geométrica de razão dois, movíamos a placa para que o feixe incidisse num novo ponto. Assim poderíamos ver claramente a partir de quanto tempo de exposição o material ficaria marcado. Não houve resultados positivos nessa etapa também, a placa permaneceu inalterada quanto ao registro da luz.

Como alternativa para o material da Polygrama utilizamos placas Litiholo novamente, com resultados mais satisfatórios, como pode ser visto nas Figuras 11 e 12 abaixo:

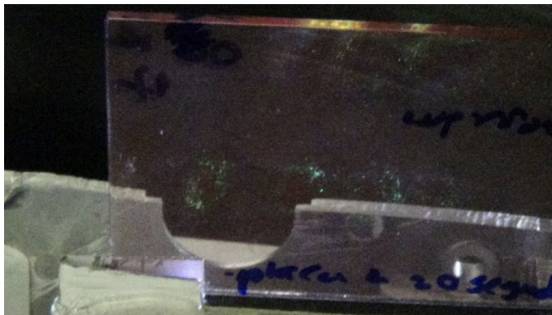


Figura 11: Registro com um feixe

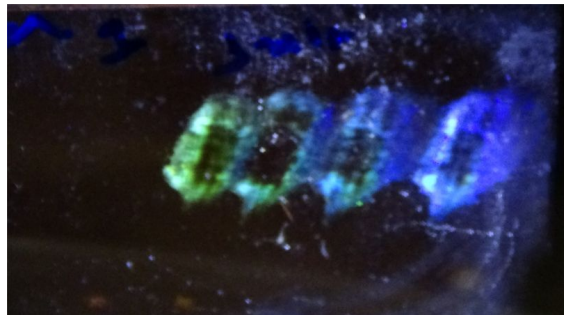


Figura 12: Registro com os dois feixes

Podemos perceber que a incidência de um feixe já foi capaz de registrar algo na placa, o que não foge da teoria. O registro decorre da interferência do feixe incidente com o próprio feixe quando reflete no outro lado da placa. A incidência da luz em cada face reflete cerca de 4% e refrata cerca de 96% da luz incidente. Logo os 4% que são refletidos na segunda face encontram com os 96% que atravessaram a primeira face, causando interferência e possibilitando o registro.

Já no caso da Figura 12 o registro foi mais intenso pois os dois feixes eram de intensidades semelhantes, causando interferência acentuada e resultados mais nítidos.

Etapa 4

A partir desse momento a idéia de utilizar material da Polygrama foi descartada, sendo trocada por materiais da Litiholo. Prosseguimos para a montagem apresentada na apresentação do projeto presencial, que pode ser visualizada na Figura 13 e 14.



Figura 13: Montagem experimental apresentada no começo do semestre

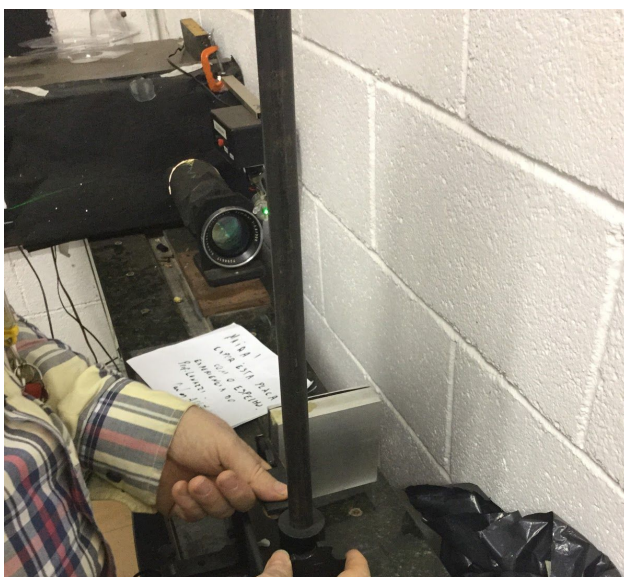


Figura 14: Montagem experimental mais recente

Dentro da caixa preta há duas lâmpadas halógenas a distâncias diferentes de uma grade de difração, cuja função é produzir o espectro de luz produzido pelos filamentos das lâmpadas halógenas. Há uma lente após a grade de difração com a função de focalizar o espectro fabricado. Como essa lente é convergente, é importante colocar o anteparo na sua distância focal. Uma fonte de laser verde está logo acima dessa lente, soltando um feixe luminoso na mesma direção que o espectro. O anteparo metálico tem a função de conter a placa fotossensível para que o registro ocorra. Ajustamos o suporte e o laser para que o espectro e o feixe de luz verde ficassem paralelas, como se pode ver na Figura 15 abaixo.

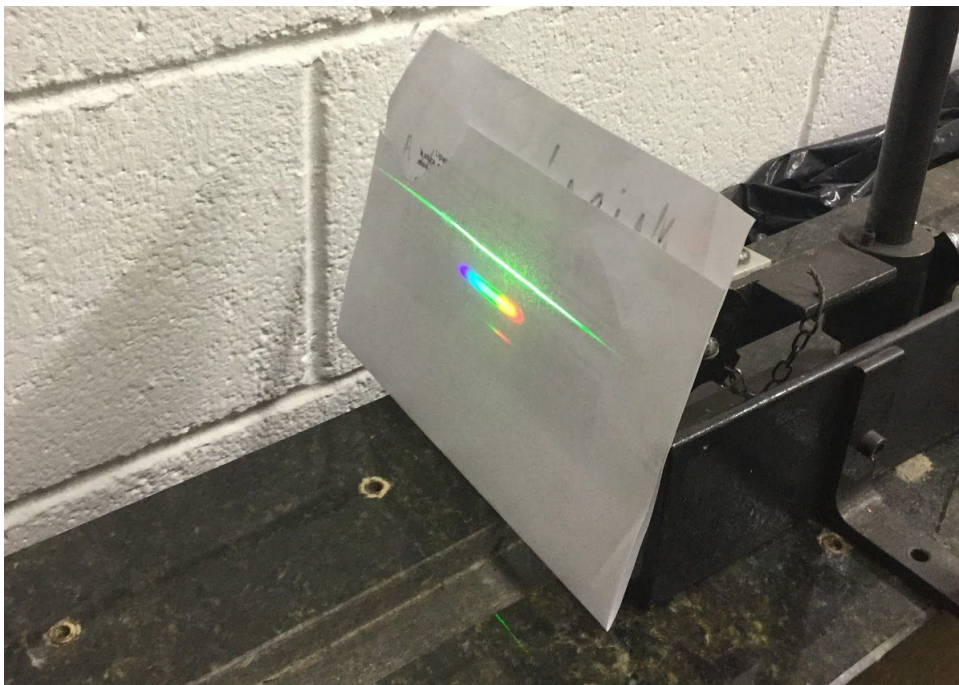


Figura 15 - Registro do espectro da lâmpada halógena

Nessa etapa não foi possível concluir a gravação com o placa Litiholo por falta de tempo, devido a dificuldades encontradas no registro de algumas placas, apresentação do projeto para meu colega e dificuldade na confecção de materiais para as montagens.

Conclusão

Podemos concluir que os resultados obtidos foram parciais mas satisfatórios. A impossibilidade de terminar dentro do prazo foi, como justificado no relato da etapa 4, um empecilho para o projeto que se desenvolvia constantemente. A medida que as dificuldades apareciam providenciávamos melhorias no projeto, seja por

materiais diferentes ou métodos alternativos. O final da etapa 4 permanece um mistério se resultaria no registro esperado, mas caso fosse bem sucedido, seriam feitas contas que relacionassem a largura do espectro com a distância do objeto dentro da câmara, decodificando a relação entre largura do espectro e profundidade da imagem.

Em relação ao impacto que esse trabalho teve para a ciência, podemos concluir que a fabricação de imagens tridimensionais coloridas em duas dimensões ainda é um desafio, mas que está aos poucos sendo resolvido.

O projeto foi trabalhoso mas bem proveitoso ao mesmo tempo, dado que o conhecimento que adquiri nesse período não se aprende em salas de aula. Além de teorias que vão além da física básica, o uso da oficina mecânica foi uma constante. A necessidade de pesquisa, proatividade e consulta a alguma autoridade no assunto foi de suma importância para o andamento do projeto e para minha formação.

Comentário do orientador

O trabalho foi desenvolvido satisfatoriamente, sendo um desafio por causa da incerteza respeito de materiais fotossensíveis novos ou instáveis e sem dados específicos fornecidos pelo fabricante. Por algum motivo o material da Polygrama não chegou a ser útil ainda, mas com o da Liti, mesmo instável, os resultados estão sendo muito interessantes e avançam no caminho do objetivo final. Foi importante para o aluno ter uma vivência de atividade de laboratório, construindo montagens a partir de elementos básicos sem praticamente utilizar aparelhos já prontos. Só não dou a nota máxima por causa de não ter reportado uma leitura maior de trabalhos correlatos como os que utilizam o material da Polygrama, por exemplo, e tentado entender o motivo de não termos bons resultados com ele.

Auto-Avaliação

Me dou nota 9,5 nesse projeto, dado que todas as semanas fui pelo menos duas vezes por semana trabalhar, algumas vezes até sem a presença do professor para auxiliar. Se em algum momento pareci passivo foi devido ao receio de gastar um material que está escasso ou é de difícil obtenção. Sempre fui muito cuidadoso com as peças, guardando de volta o que eu tirei do lugar e cuidando para não danificar ou riscar algumas peças mais sensíveis. Algumas ocasiões a comunicação com o professor não aconteceu como esperado e ele foi de manhã e eu não, pois devido a algum compromisso havia me comprometido a ir de tarde naquele dia.

Bibliografia

1. [Relatório Final de F609 - Holografia com gelatina dicromada, durabilidade do material não exposto e aumento do tamanho.](#) Aluno: [Carlos Alberto de Lima](#), Professor e Orientador: [Prof. José J. Lunazzi](#), 2010
2. [Relatório Final F530 - Gravação de Holoimagens com Luz Branca.](#) Aluno: [André Luiz Vannucci](#), Orientador: [José J. Lunazzi](#)
3. [Relatório Final F530 - Gravação de holoimagens em gelatina dicromatada usando lâmpadas halógenas.](#) Aluno: [Henrique Guilherme Ferreira](#), Orientador: [Prof. José J. Lunazzi](#)
4. [Gravação de Holoimagens com Luz Branca.](#), Aluna: [Tatyana G. Stankevicius](#), Orientador: [Prof. José J. Lunazzi](#)