

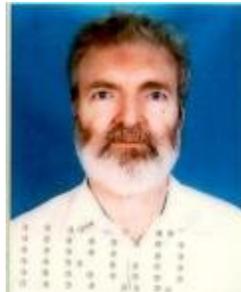


Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP  
Instituto de Física "Gleb Wataghin"  
F 590 – Iniciação Científica I

## **Relatório Final**

### ***Telas Holográficas***

Orientador: Prof. Dr. José Joaquín Lunazzi



Aluna: Maria Clara Igrejas Amon – RA: 024567



Junho / 2007

## **1- Introdução**

O presente trabalho foi resultado de um projeto de Iniciação Científica orientado pelo Prof. Dr. José Joaquín Lunazzi, com o tema Telas Holográficas.

Nossa pesquisa tem como objetivo a confecção de Telas Holográficas de maior tamanho já feitas no Brasil. A motivação para o trabalho veio da necessidade atual de visualização espacial em diversas áreas, como diagnóstico médico [1], controle de tráfego aéreo [2], modelamento molecular, publicidade, entre outros, além de já existir uma firma que aluga telas holográficas aqui no Brasil, porém a tecnologia é alemã.

Este relatório irá descrever os procedimentos utilizados no decorrer da pesquisa e mostrará a análise feita das telas holográficas confeccionadas, bem como discussões sobre dificuldades encontradas pela aluna no decorrer do trabalho e as soluções para os problemas enfrentados.

A aluna também foi convidada a participar de um evento de tecnologia da Universidade chamado i – Inovação e Tecnologia [3], organizado pela Mecatron e CONPEC (Empresas Juniores dos cursos de Engenharia de Controle e Automação e Engenharia e Ciência da Computação da Unicamp). Neste evento alguns alunos de Graduação apresentaram seus projetos de Iniciação Científica a fim de divulgá-los. Foi uma experiência enriquecedora.



Onde L é o laser, D é o divisor de feixe,  $E_1$  e  $E_2$  são os espelhos planos,  $FE_1$  e  $FE_2$  são os filtros espaciais e F é o suporte para o filme holográfico.

Para se ter uma melhor idéia da mudança no sistema de estabilização mecânica, faremos uma comparação entre duas fotos da mesma perspectiva da montagem nas figuras abaixo:



Figura 3: Detalhe de sistema da estabilização mecânica 1 - barras de Al superiores



Figura 4: Detalhe de sistema da estabilização mecânica 2 – barras de Al superiores e inferiores

Vemos que além das barras de alumínio superiores aos elementos ópticos que vinham sendo empregadas, adicionamos mais barras, agora interligando as bases dos elementos ópticos da montagem. Pode-se notar que também foram colocados pedaços de plástico bolha embaixo de todos os elementos, com intuito de reduzir vibrações. A figura abaixo mostra em detalhe um dos espelhos:



Figura 5: Detalhe do Espelho 1

A segunda montagem foi disposta em uma mesa amortecida dentro do laboratório. O esquema se encontra a seguir:

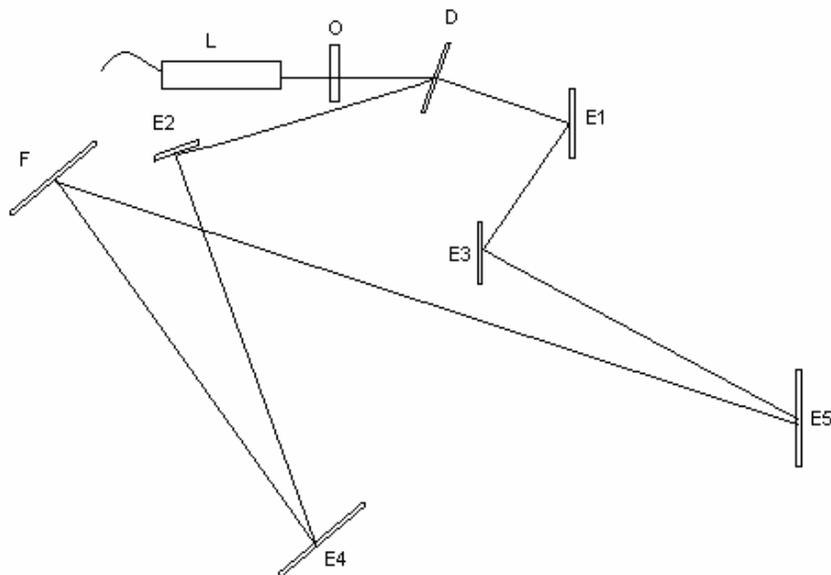


Figura 6: Montagem 2 em mesa amortecida

Sendo L o laser, O o obturador de máquina fotográfica, D o divisor de feixe, E1, E2, E3, E4 e E5 os espelhos e F filme holográfico. Os espelhos E5 e E4 são espelhos esféricos, que farão o feixe divergir, o que possibilitará uma convergência na reconstrução. Os elementos ópticos são fixados na mesa e suas laterais podem ser fechadas, impedindo que correntes de ar entrem.

Não avançamos nessa montagem, pois estamos trabalhando ainda na primeira montagem sobre o chão, pois queremos testar os sistemas de estabilização mecânica para conseguirmos uma melhor eficiência de difração.

Esta montagem 2 será utilizada futuramente para gravações de telas holográficas com exposições múltiplas por partes para atingirmos maiores tamanhos. Este trabalho será realizado na disciplina Iniciação Científica II.

## **Análise das Telas Holográficas**

### **1ª Tela Holográfica (06/06/2007) - Tempo de exposição: 8s**

Posicionando o fotodetector paralelo à posição do filme e medimos a intensidade total incidente no filme:

$$I_o = (8,09 \pm 0,01)mV$$

Posicionando o fotodetector perpendicular ao feixe incidente de cada espelho separadamente obtivemos as seguintes intensidades:

- E<sub>1</sub> - feixe objeto :  $I_{FO} = 7,56mV$

- E<sub>2</sub> - feixe de referência :  $I_{FR}^1 = 8,1mV$

Porém o feixe de referência não incide perpendicularmente no filme e sim com um ângulo de aproximadamente 45°. Então deve-se fazer a correção do ângulo:

$$I_{FR} = I_{FR}^1 \cdot \cos 45^\circ = 5,73mV$$

Vemos que as intensidades do feixe objeto e do feixe referência estão próximos.

Depois de revelado o filme, verificamos que apareceram algumas manchas circulares no centro do filme, parecendo que algo redondo tivesse sido arrastado sobre

o filme. Concluímos que foi devido à aproximação do led verde, pois mesmo o filme não sendo sensível àquele comprimento de onda, existe um limite de aproximação, o qual não foi respeitado. Fomos tentar registrar estas marcas no filme, porém aconteceu um acidente. Aproximamos muito o filme de uma luminária, o que fez com que o filme entortasse...

Medimos a transmitância da parte não danificada do filme.

### **Transmitância**

$$T = \frac{I_1}{I_0} \times 100\% = \frac{0,008}{0,349} \times 100\% \Rightarrow T = 2,29\%$$

$$\frac{\Delta T}{T} = \sqrt{\left(\frac{\Delta I_1}{I_1}\right)^2 + \left(\frac{\Delta I_0}{I_0}\right)^2} = 0,13 \Rightarrow \Delta T = T \times 0,13 = 2,29\% \times 0,13 \Rightarrow \Delta T = 0,29\%$$

$$T = (2,29 \pm 0,29)\%$$

Mesmo o filme estando danificado, branqueamos, e a parte que não havia sido danificada apresentou um brilho forte com relação às outras telas gravadas anteriormente (com exceção de uma, que mais adiante será comentado). Verificamos então, mais uma vez, que o nosso sistema de estabilização vem dando bons resultados, e que quanto mais rígida a montagem, maior a eficiência de difração obtida na tela.

### **Eficiência de difração**

- Intensidade do laser medida com o fotômetro:  $I_0 = (2,64 \pm 0,1) \text{ V}$

- Intensidade do pontinho (reconstrução da fonte pontual):  $I = (0,034 \pm 0,001) \text{ V}$

$$\text{Eficiência de Difração} = \frac{I}{I_0} \times 100\% = \frac{0,034}{2,64} \times 100\% = 1,3\%$$

A eficiência de difração ainda está muito baixa.

## 2ª Tela Holográfica (11/06/2007) - Tempo de exposição: 4s

O obturador estava em falso no suporte. Então durante a exposição do filme ele tombou, expondo o filme apenas 4s. Outra tela foi gravada com um tempo de exposição maior. Somente foi medida a transmitância do filme.

Ao ser revelado, verificamos duas manchas similares às que apareceram no filme anterior. Foi tomado o devido cuidado desta vez para não aproximar o led do filme. Concluímos então que o filme já havia sido danificado antes.

### Transmitância

$$T = \frac{I_1}{I_0} \times 100\% = \frac{0,01}{0,343} \times 100\% \Rightarrow T = 2,9\%$$

$$\frac{\Delta T}{T} = \sqrt{\left(\frac{\Delta I_1}{I_1}\right)^2 + \left(\frac{\Delta I_0}{I_0}\right)^2} = 0,1 \Rightarrow \Delta T = T \times 0,1 = 2,9\% \times 0,1 \Rightarrow \Delta T = 0,29\%$$

$$T = (2,29 \pm 0,29)\%$$

## 3ª Tela Holográfica (11/06/2007) - Tempo de exposição: 10 s

O suporte do obturador foi trocado para evitar transtornos. Aumentamos o tempo de exposição com relação à primeira tela, pois vimos que a parte do filme que não estava danificada ainda se encontrava clara.

Deve-se ressaltar que ar condicionado foi desligado quando a aluna foi para a casinha, porém quando ainda estava no tempo de espera de 5 min de descanso do filme, percebeu-se que alguém do laboratório ligou o ar condicionado. Acho que não sabiam que estava sendo realizada a gravação.

Ao ser revelado, o filme não apresentou aquelas manchas das telas anteriores. Em uma borda superior o filme ficou mais escuro.

Os dados de transmitância e eficiência de difração se encontram a seguir:

### Transmitância

$$T = \frac{I_1}{I_0} \times 100\% = \frac{0,02}{0,344} \times 100\% \Rightarrow T = 5,81\%$$

$$\frac{\Delta T}{T} = \sqrt{\left(\frac{\Delta I_1}{I_1}\right)^2 + \left(\frac{\Delta I_0}{I_0}\right)^2} = 0,05 \Rightarrow \Delta T = T \times 0,05 = 5,81\% \times 0,05 \Rightarrow \Delta T = 0,29\%$$

$$T = (5,81 \pm 0,29)\%$$

Vemos que ainda o filme está claro. Nas próximas gravações iremos aumentar o tempo de exposição.

### **Eficiência de difração**

- Intensidade do laser medida com o fotômetro:  $I_0 = (3,0 \pm 0,1) \text{ V}$

- Intensidade do pontinho (reconstrução da fonte pontual):  $(0,111 \pm 0,001) \text{ V}$

$$\text{Eficiência de Difração} = \frac{I}{I_0} \times 100\% = \frac{0,111}{3,0} \times 100\% = 3,7\%$$

Obtivemos um resultado bem melhor em comparação com as outras duas telas gravadas com esse novo sistema de estabilização. Porém ainda não conseguimos atingir a eficiência de uma tela que gravamos no dia 09/11/2006 que foi de 9,3%, com um tempo de exposição de 8s.

Pode ser que o ar condicionado tenha prejudicado bastante a gravação. Porém ainda estamos pensando que outros parâmetros que podemos modificar para melhorar nossos resultados. Não sabemos ao certo o que fez com que a tela do ano passado ficasse tão boa.

Nas próximas gravações colocaremos barras de Al transversais, para deixar o sistema mais rígido. Não foi feito isto nestas duas últimas gravações, pois elas estavam ficando em falso quando tentamos usá-las do tamanho original, o que não ajudava em nada. Teremos que cortar as barras em pedaços menores.

### **3 – Participação Evento i – Inovação e Tecnologia**

A aluna participou do evento apresentando sua pesquisa de Iniciação Científica. Eles irão premiar o melhor trabalho escolhido pelo público nos quesitos inovação e tecnologia, com o intuito de incentivar a pesquisa na Universidade.

Os organizadores do evento mandaram a avaliação da aluna em sua apresentação. Abaixo está a avaliação individual, que vai de 1 a 5:

<b>Avaliação Prêmio do evento i – Inovação e Tecnologia</b>	
Aplicação	4,35
Inovação	4,39
Resultados	4,09
Apresentação	3,70

Abaixo estão duas fotos do dia da apresentação no evento:



Figura 7: Centro de Convenções da Unicamp no evento i

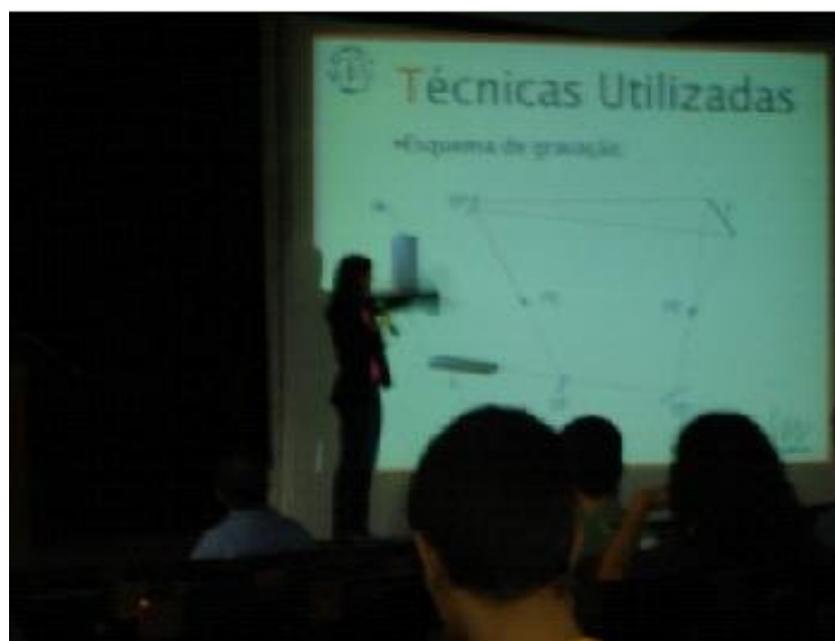


Figura 8: Maria Clara fazendo a apresentação

#### **4 – Considerações Finais**

Estamos verificando que o sistema de estabilização tem melhorado muito os resultados das telas confeccionadas, minimizando os efeitos da vibração do ambiente.

Obtivemos melhoras significativas na eficiência de difração com o novo sistema de estabilização mecânica. Temos uma tela específica que apresentou uma eficiência muito superior, porém é única e não conseguimos ainda reproduzi-la. Iremos aumentar o tempo de exposição, pois acreditamos que a eficiência de difração irá melhorar, pois o filme ainda está ficando muito claro depois de revelado, além de colocar barras de Al transversais, o que deixará o sistema mais rígido.

Gostaria de deixar meus agradecimentos à orientação do Professor José Joaquín Lunazzi e do doutorando Daniel Souza Ferreira Magalhães.

#### **5 - Comentários do Coordenador e Orientador**

##### **Comentário feito ao projeto:**

10/04/2007

Projeto aprovado

##### **Comentário feito ao relatório parcial:**

22/05/2007

Relatório parcial aprovado. No RF inclua mais referências, inclusive de outros autores.

#### **6 – Referências:**

[1] <http://g1.globo.com/Noticias/Ciencia/0,,MUL41851-5603,00.html> Acesso em: 10 jun. 07

[2] [http://innovation.swmed.edu/research/instrumentation/res\\_inst\\_dev3d.html](http://innovation.swmed.edu/research/instrumentation/res_inst_dev3d.html) Acesso em: 10 jun. 07

[3] [www.i2007.com.br](http://www.i2007.com.br). Acesso em: 10 jun. 07

## 7 - Referências Bibliográficas:

DENISYUK, Yuri; GANZHERLI, Nina; MAURER, Irina; CHERNYKH, Dmitry.  
**Holographic screen for image projection.** The international Society for Optical Engineering 10.1117/2.1200604.0200 *Disponível em:* <<http://spie.org/documents/Newsroom/Imported/200/2006050200.pdf>> Acesso em: 07 jun. 07

EICHEN, Elliot; WYANT, J. C. **High-gain holographic screens.** Optical Sciences Center, *University of Arizona, Tucson, Arizona 85721. Disponível em:* <[http://www.optics.arizona.edu/jcwyant/pdf/Published\\_Papers/Misc/HighGainHolographicScreens.pdf](http://www.optics.arizona.edu/jcwyant/pdf/Published_Papers/Misc/HighGainHolographicScreens.pdf)>. Acesso em: 07 jun. 07

LUNAZZI, J.J.;MAGALHÃES D.S.F.. “Mechanical stabilization of a gas laser interferometric system for making diffractive lenses”. Proceedings of the **XXX Encontro Nacional da Matéria Condensada** 2007. São Lourenço-MG 05.2007

<http://www.holodisplays.com/>