

Física Experimental IV

www.dfn.if.usp.br/curso/LabFlex

www.fap.if.usp.br/~hbarbosa

Prof. Antonio Domingues dos Santos

adsantos@if.usp.br

Ramal: 6886

Mário Schemberg, sala 205

Aula 6 – Computador Óptico

Processamento de Imagens

Prof. Leandro Barbosa

lbarbosa@if.usp.br

Ramal: 7157

Ala I, sala 225

Prof. Henrique Barbosa

(coordenador)

hbarbosa@if.usp.br

Ramal: 6647

Basílio, sala 100

Prof. Nelson Carlin

carlin@dfn.if.usp.br

Ramal: 6820

Pelletron

Prof. Paulo Artaxo

artaxo@if.usp.br

Ramal: 7016

Basílio, sala 101

Programação da Exp. 2

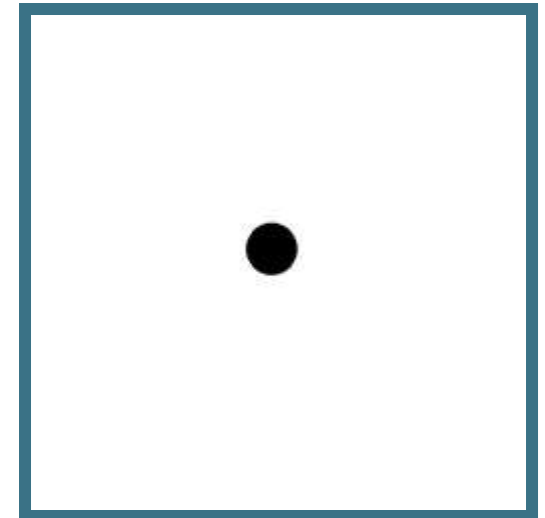
- Aula 1: óptica geométrica
 - Medidas com lentes convergente e divergente
- Aula 2: laser
 - Associação de lentes e aumento do diâmetro do laser
- Aula 3: difração
 - Figuras de difração e espectrofotômetro
- Aula 4: transformada de fourier
 - Estudo no plano de fourier
- Aula 5: computador ótico
 - Filtro na transformada de Fourier e recompor a imagem filtrada
- Aula 6: ImageJ
 - Tratamento de imagem no computador

Tarefas, parte 1

- Com o **ImageJ** encontre a transformada de Fourier da bolinha abaixo.
- Compare com a figura de difração de um orifício circular, que fotografou numa aula anterior.
- Através da transformada de Fourier encontre o diâmetro da bolinha e compare com o diâmetro da figura (em pixels).



Figura 1 – FFT da bolinha e figura de difração de orifício circular.



Bola 1:

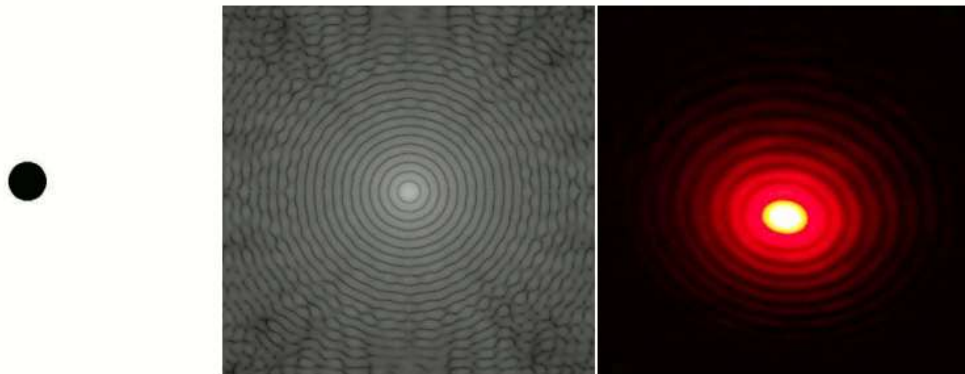


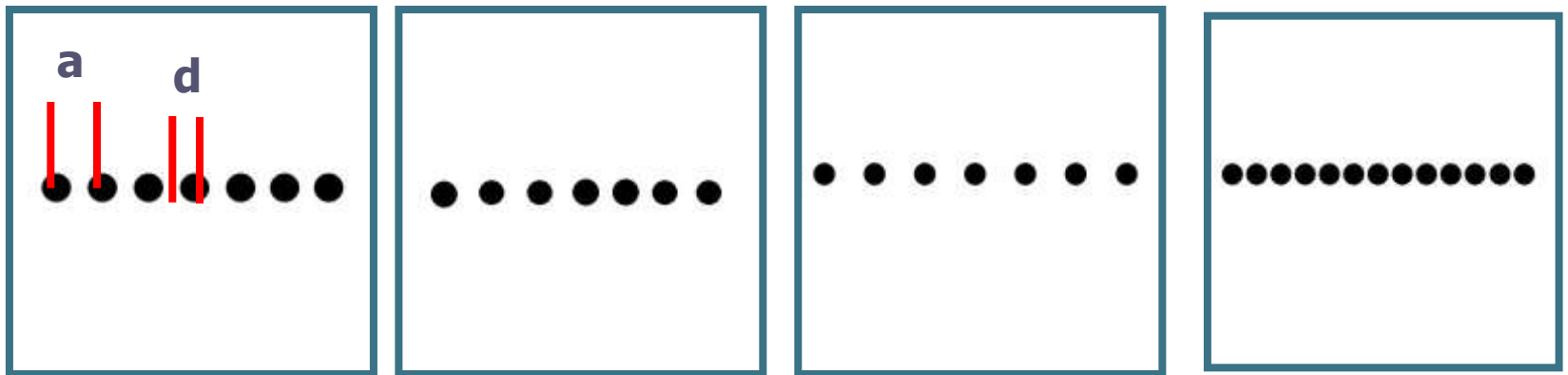
Figura 1: Da esquerda para a direita: Bola, FFT da bola, padrão de difração da fenda circular¹

Utilizando as ferramentas do programa, foi obtido 39 pixels (medido com a ferramenta de linha) para o tamanho da bola, e 39.38 pixels (medido com a ferramenta de linha). O tamanho da bola é determinado pela distância do centro ao primeiro círculo escuro.

	Diam	Medido na figura
1	2.81 (8) cm	
2	39.38 pix	39
3	19.3 (4)	18.5 (3)
4		
5	40.1 (4)	39.4 (4)
6	40.4 (10)	39.7 (24)

Tarefas, parte 2

- Encontre a transformada de Fourier dos vários conjuntos de bolinhas.
 - Nesse conjunto de figuras está variando o diâmetro (**d**) das bolinhas e a distância (**a**) entre elas.
 - Identifique essas dimensões nas respectivas transformadas de Fourier.
 - Calcule os valores de **a** e **d**, através das transformadas, de todas as figuras e compare com os medidos diretamente nas figuras (unidades arbitrárias).



Boa analise

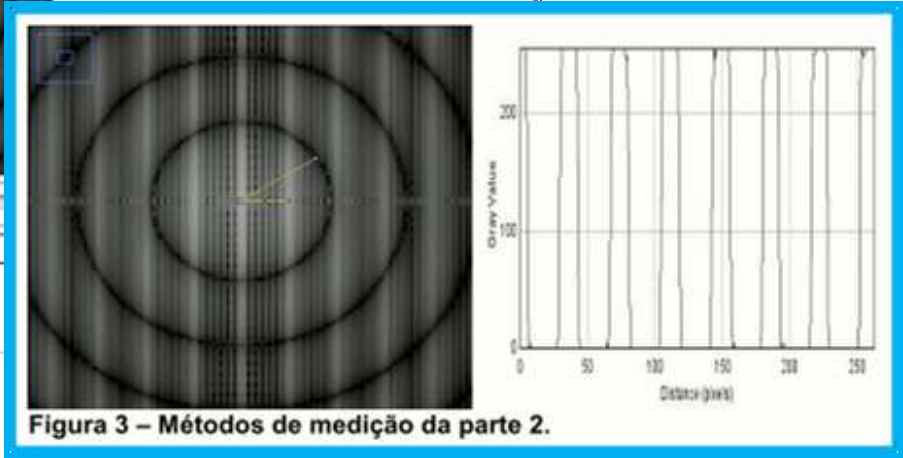
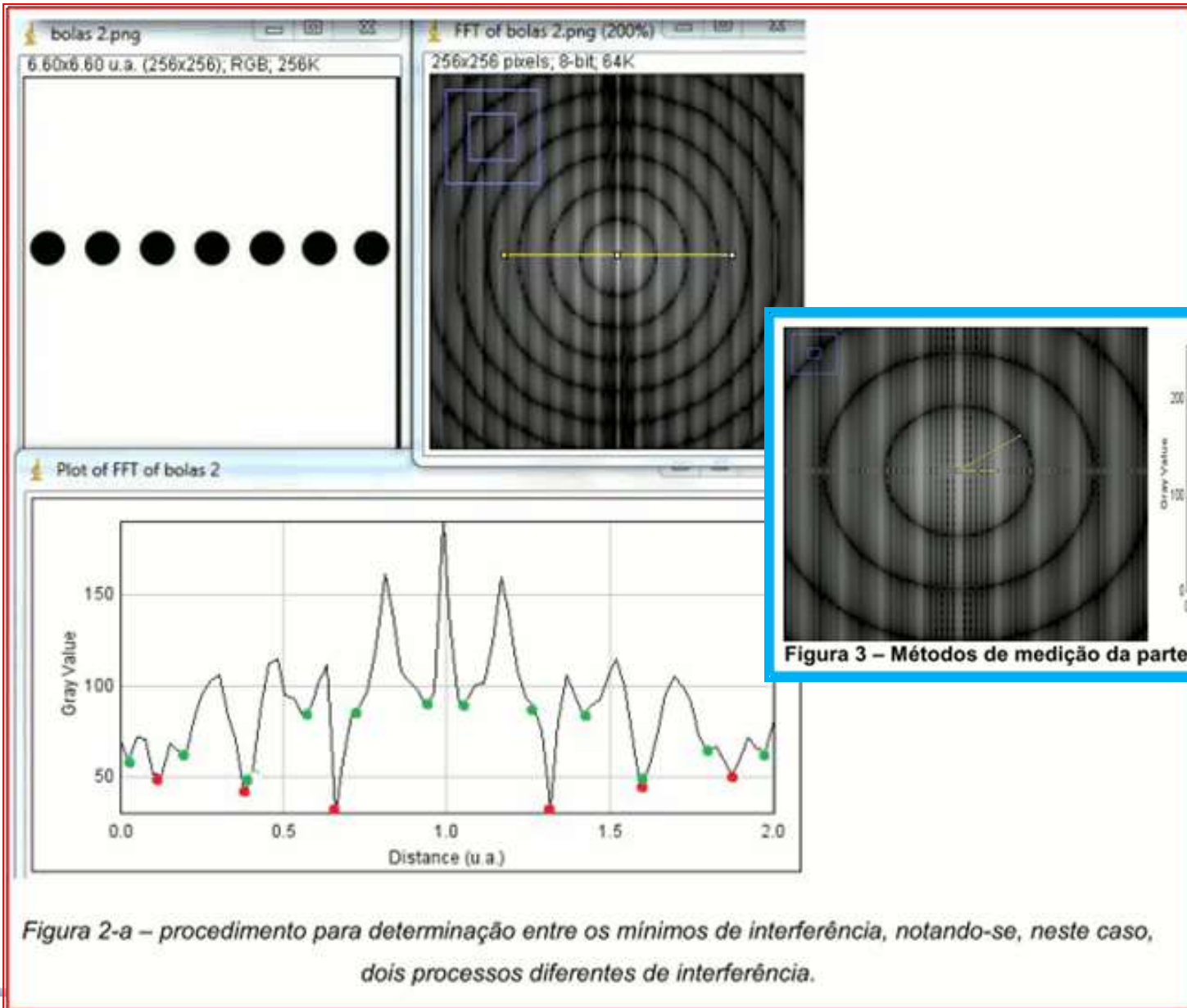
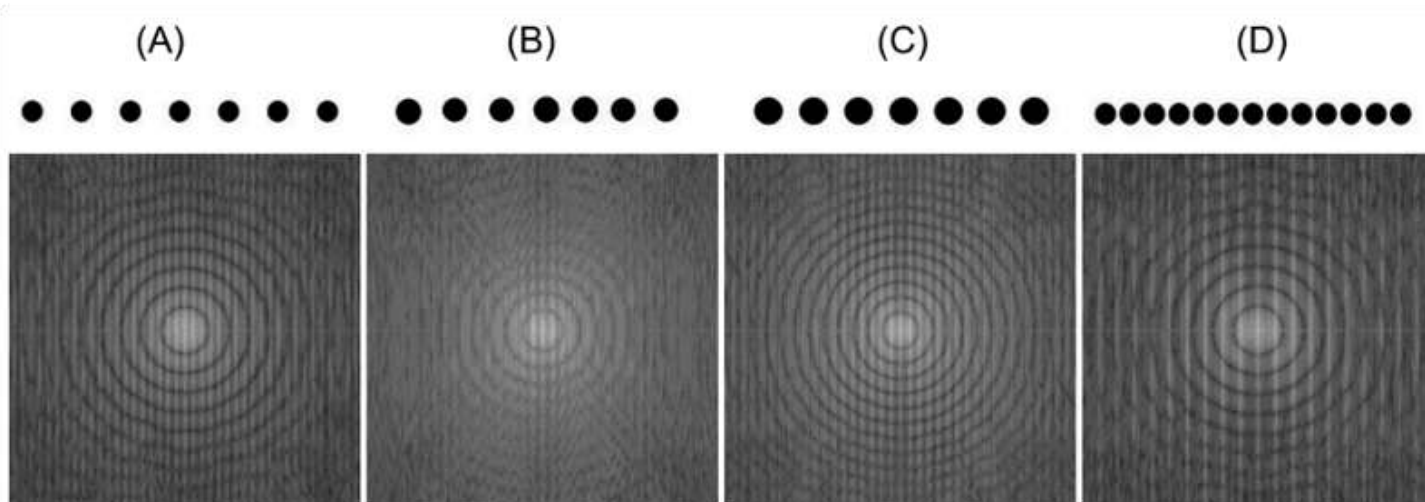


Figura 3 – Métodos de medição da parte 2.

Figura 2-a – procedimento para determinação entre os mínimos de interferência, notando-se, neste caso, dois processos diferentes de interferência.

Resultado Tipico



Neste caso, foram observados novamente os padrões circulares, de modo que o diâmetro da bola continua associado à distância do centro ao primeiro mínimo. Os padrões verticais estão associados ao conjunto de repetições da imagem, então, a distância entre os centros das bolas é dada pela distância da faixa clara vertical central até a próxima faixa vertical. Foi observado também que quando as repetições do objeto

Tabela 1: Valores obtidos da Figura 2.

Figura	FFT			
	Diâmetro (pixel)	Distância (pixel)	Diâmetro (pixel)	Distância (pixel)
A	17,67	41,42	15,99	39,38
B	22,23	32,67	18,96	36,48
C	24,00	37,67	21,31	36,57
D	17,83	19,67	15,51	20,46

E o erro?

anterior. A tabela 1 possui os valores encontrados, verificamos que a medida do centro variava dependendo do ângulo, calculamos para vários ângulos e fizemos uma média, obtendo também a incerteza.

Tabela 1 - Raios e distâncias da bolinhas

Bola	Raio Imagem(pixel)	Raio da TF(pixel)	Distância da Imagem (pixel)	Distância da TF (pixel)
1	18,5(3)	19,3(4)		
2	11,9(3)	11,7(3)	38,2(8)	37,8(7)
3	10,8(4)	10,6(3)	35,5(9)	36,2(9)
4	14,1(3)	13,8(3)	41,9(7)	40,8(9)
5	8,7(3)	9,0(3)	20,0(9)	19,8(8)
6	13,4(3)	13,9(4)	Horizontal 58,3(7)/Diagonal 50,0(8)	Horizontal 56,9(7)/Diagonal 58,4(8)

Para a medida da incerteza do diâmetro, repetiu-se a medida cinco vezes para diferentes ângulos em relação ao centro. Para a distância também foi repetido cinco medidas.

Bola	Diâmetro TF (pixel)	Diâmetro Imagem (pixel)	Distância TF (pixel)	Distância Imagem (pixel)
1	40,1(4)	39,4(4)		
2	23,5(5)	23,7(3)	38,1(8)	37,7(6)
3	21,9(3)	21,1(3)	35,5(9)	36,6(9)
4	28,4(4)	27,6(3)	41,7(8)	41,2(9)
5	17,3(3)	17,6(4)	20,1(9)	19,7(7)
6	26,9(5)	27,4(4)	58,5(7)[H] / 49,4(7)[D]	57,1(5)[H] / 48,3(6)[D]

*[H] Distância horizontal, [D] Distância diagonal

A	Diam	Separa
1		
2	15.99	39.3
3	23.4 (6)	37.8 (7)
4		
5	23.5 (5)	38.1 (8)
6	24.04 (37)	37.5 (19)

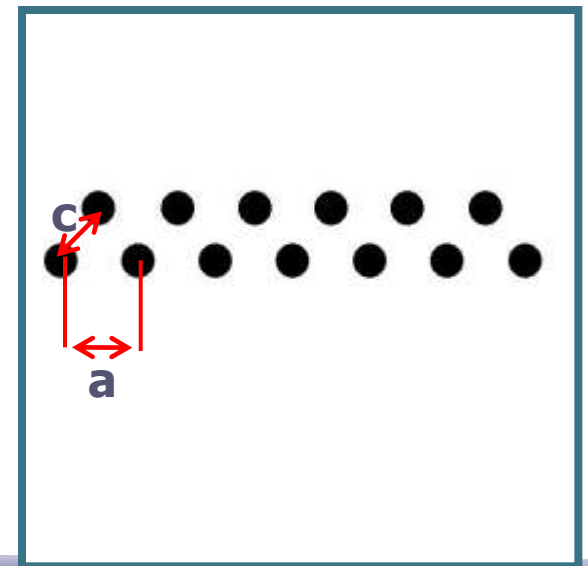
B	Diam	Separa
1		
2	18.96	36.48
3	21.2 (6)	36.2 (9)
4		
5	21.9 (3)	35.5 (9)
6	21.2 (8)	36.5 (33)

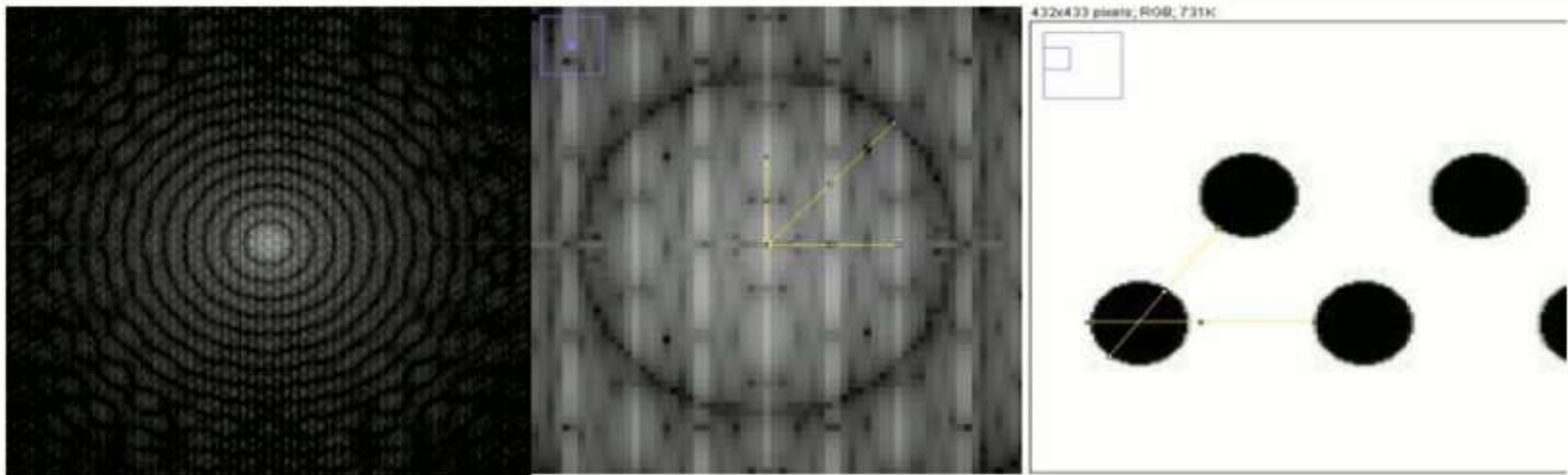
C	Diam	Separa
1		
2	21.31	36.47
3	27.6 (6)	40.8 (9)
4		
5	28.4 (4)	41.7 (8)
6	28.11 (22)	41.0 (16)

D	Diam	Separa
1		
2	15.51	20.46
3	18.0 (6)	19.8 (8)
4		
5	17.3 (3)	20.1 (9)
6	17.46 (24)	19.98 (36)

Tarefas, parte 3

- Obtenha a transformada de Fourier da figura abaixo.
 - Estabeleça uma relação dos padrões da transformada com os padrões da figura.
 - Calcule o espaçamento horizontal (a) entre as bolinhas.
 - Calcule o espaçamento diagonal (c) entre as bolinhas.





	Diam	Horizontal	Diagonal
1			
2	52 pix	64 pix	
3	27.8 (8)	56.9 (7)	58.4 (8)
4			
5	26.9 (5)	58.5 (7)	49.4 (7)
6	26.53		

Tarefas, parte 4

- Fotografe a grade escura usada no computador ótico e calcule a transformada de Fourier da grade. A seguir:
 - Reproduza os filtros utilizados na bancada para retirar as linhas verticais e horizontais
 - Retire a frequência espacial zero
 - Retire as frequências espaciais altas
- Compare com os resultados obtidos na bancada. No caso do filtro na frequência espacial zero discuta o resultado obtido.

Grade

Com uma fotografia da grade utilizada no último experimento foi feito o FFT e comparado com o obtido experimentalmente.

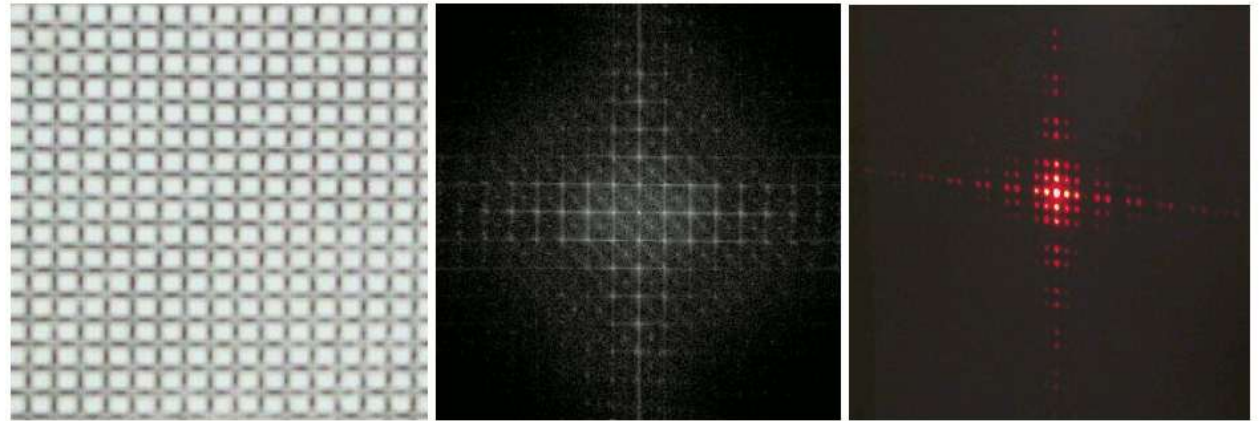
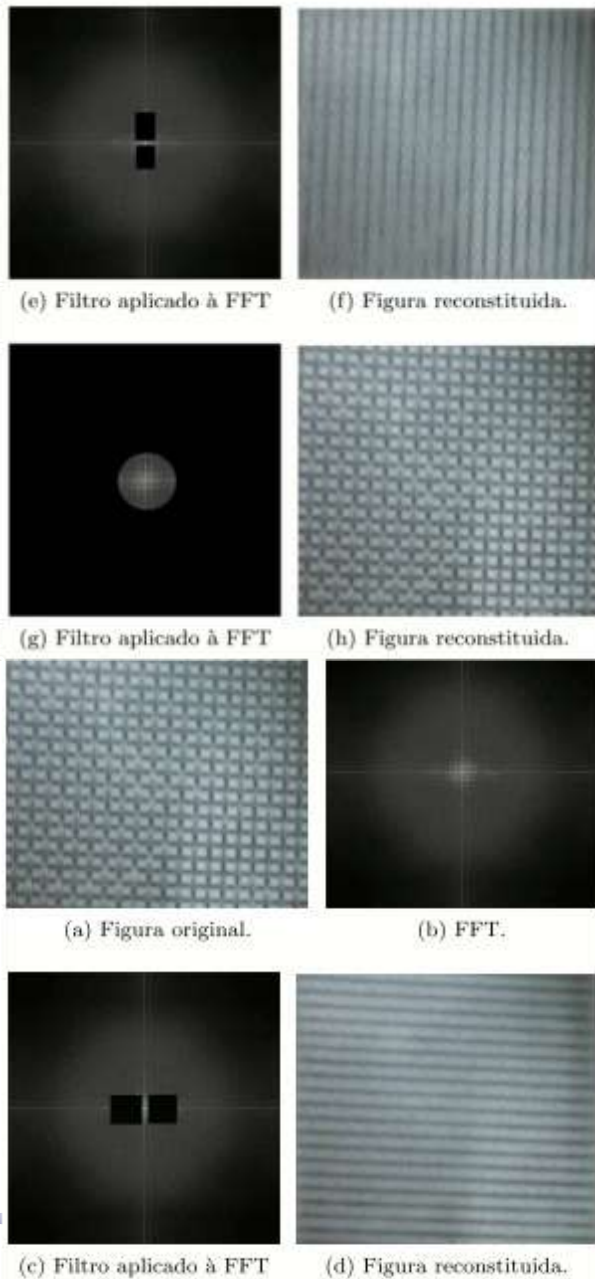
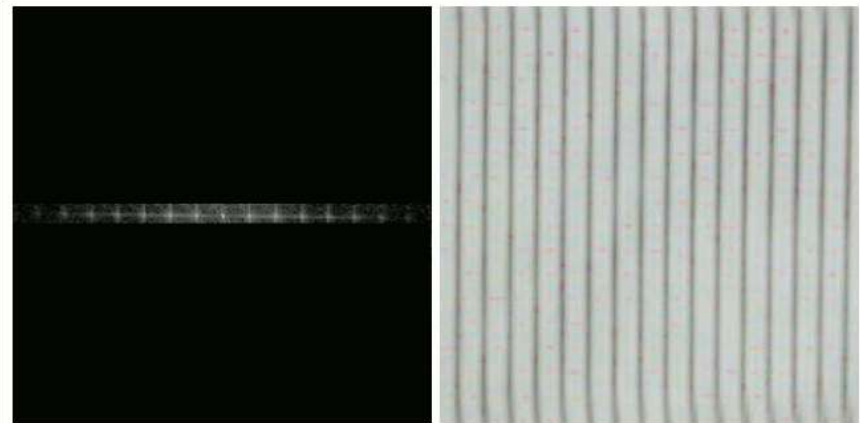


Figura 4: Fotografia da grade, sua TF utilizando o programa e a imagem obtida em outra semana.



Tarefas, parte 5

- Obtenha a transformada de Fourier da foto abaixo.
- Coloque um filtro capaz de remover a grade com perda mínima de definição na imagem.

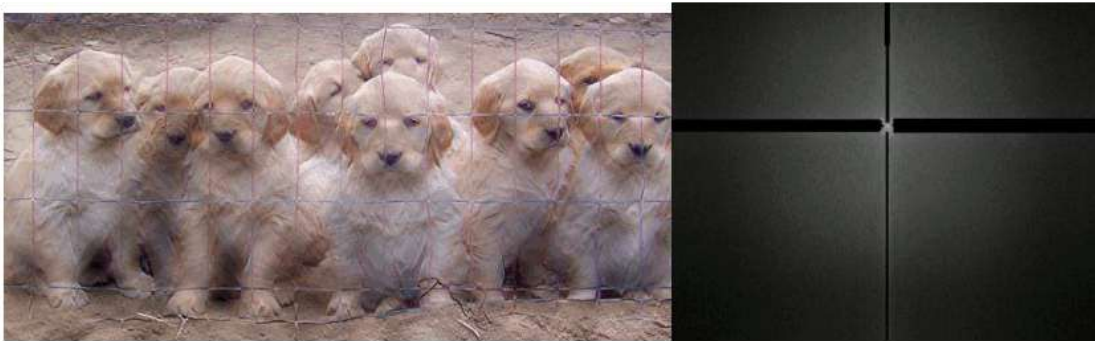




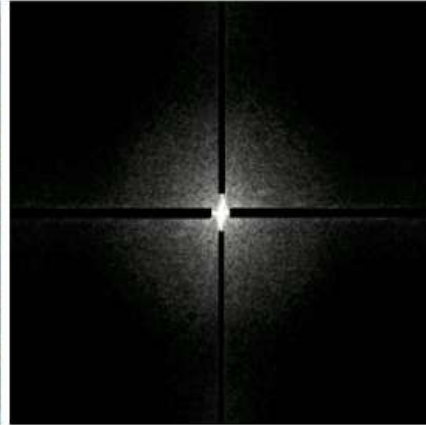
(c) Filtro aplicado à FFT



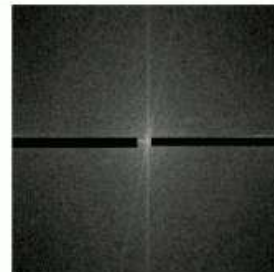
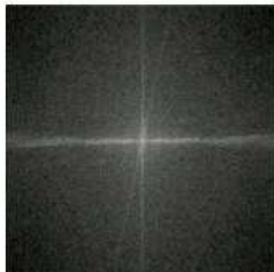
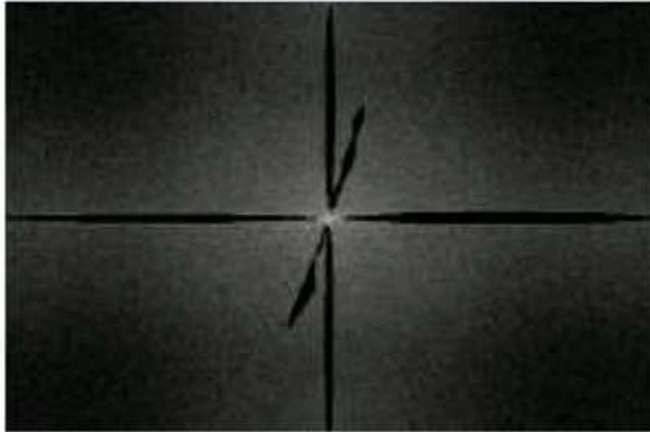
(d) Figura reconstituída.



Grade



Problemas com as cores...
Vários grupos filtraram apenas o preto. Talvez transformando a imagem para P.B. antes??



(a) Figura original.

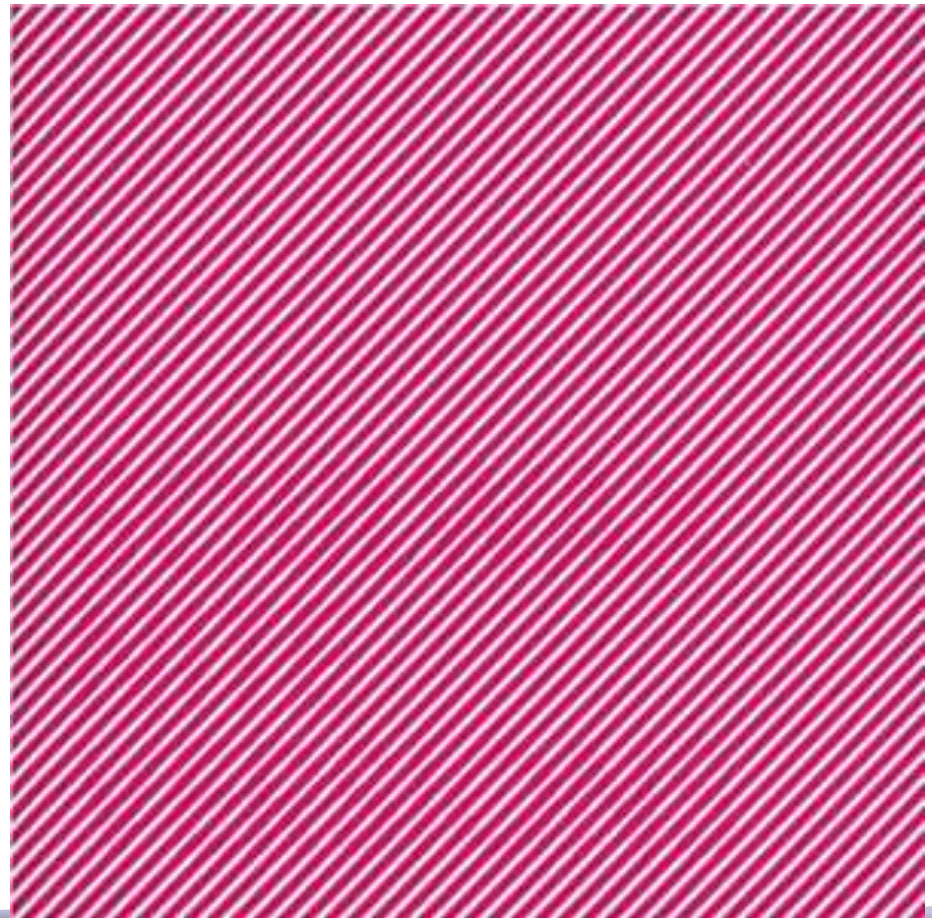
(b) FFT.

(c) Filtro aplicado à FFT

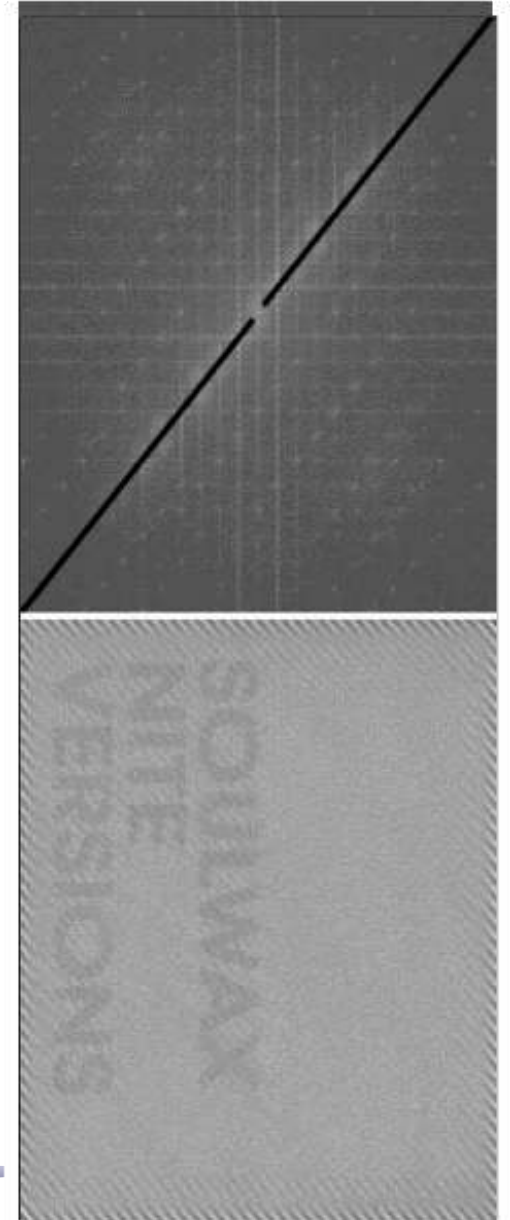
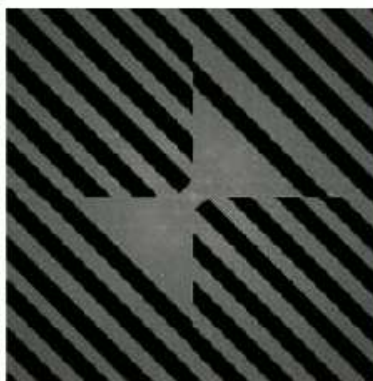
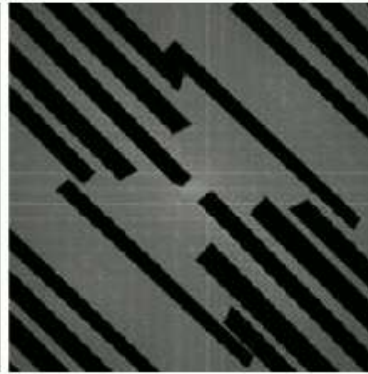
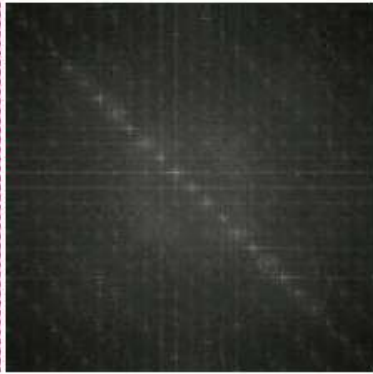
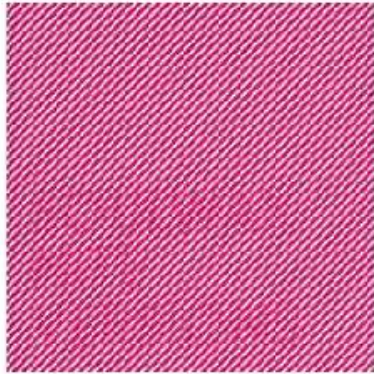
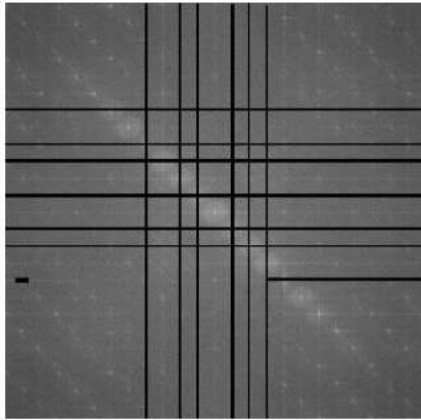
(d) Figura reconstituída.

Tarefas, parte 6

- Obtenha a transformada de Fourier da capa de CD ao lado.
- Coloque um filtro capaz de fazer aparecer, com boa definição, a imagem subjacente.

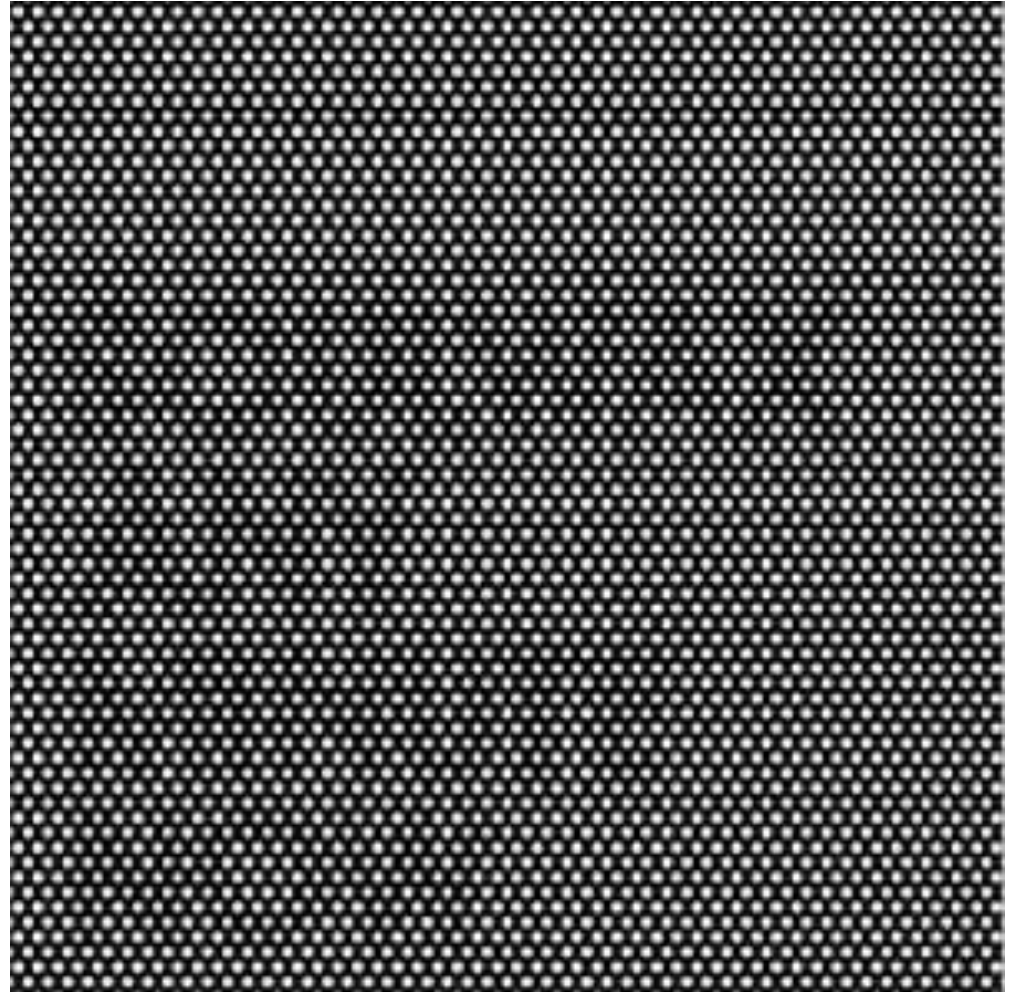


Soulwax Nite Versions

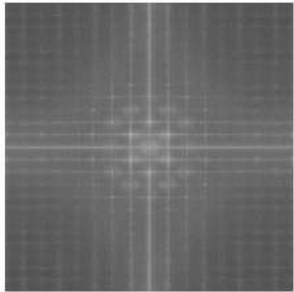


Tarefas, parte 7

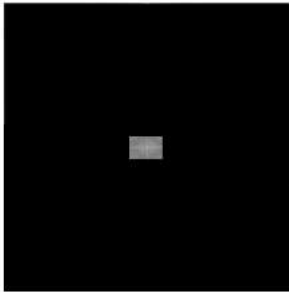
- Obtenha a transformada de Fourier da foto abaixo.
- Coloque um filtro capaz de fazer aparecer, com boa definição, a imagem subjacente.



Soulwax Any Minute Now



(b) FFT.



(c) Filtro aplicado à FFT



(d) Figura reconstituída.

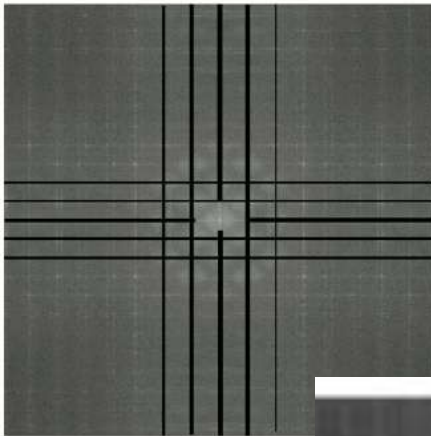
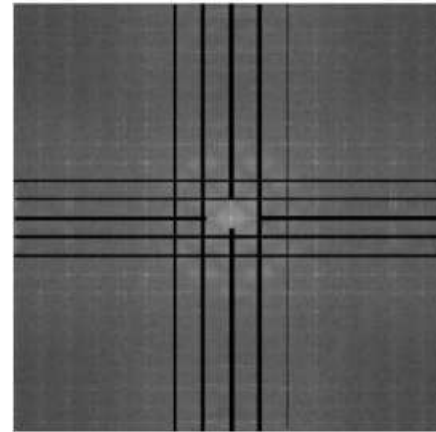
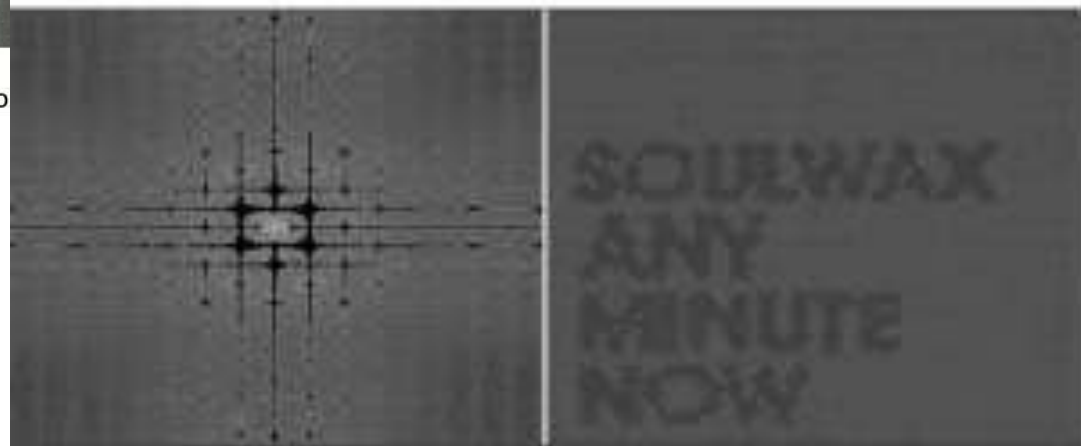
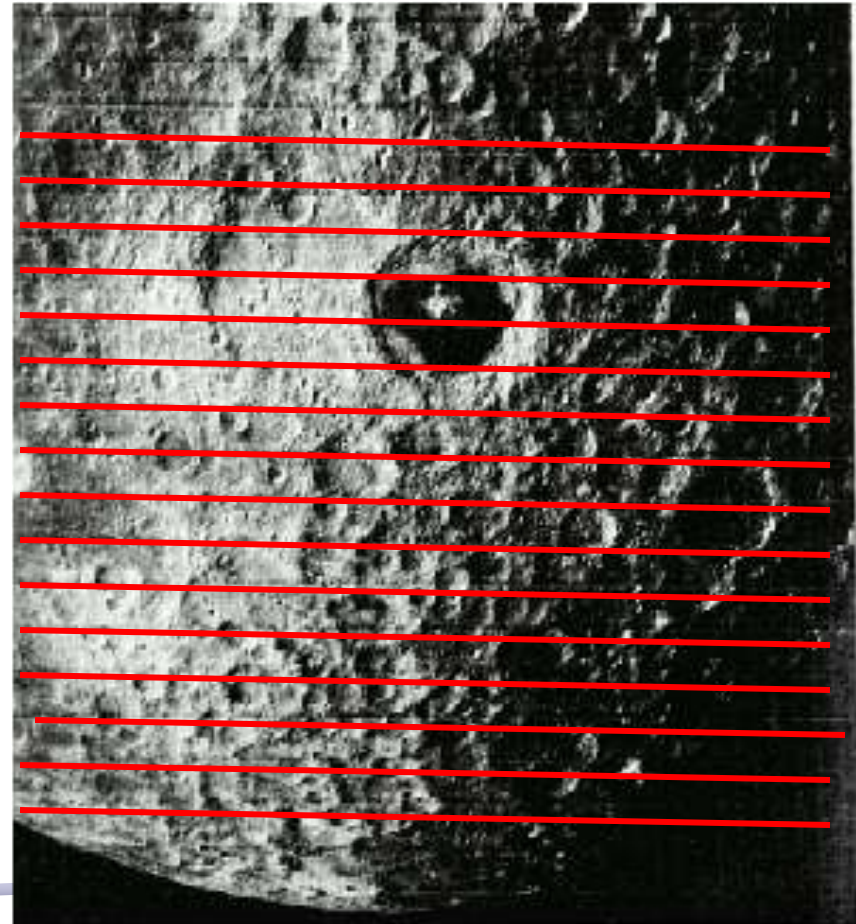


Figura 18: Imagem do CD recomposta e o filtro usado



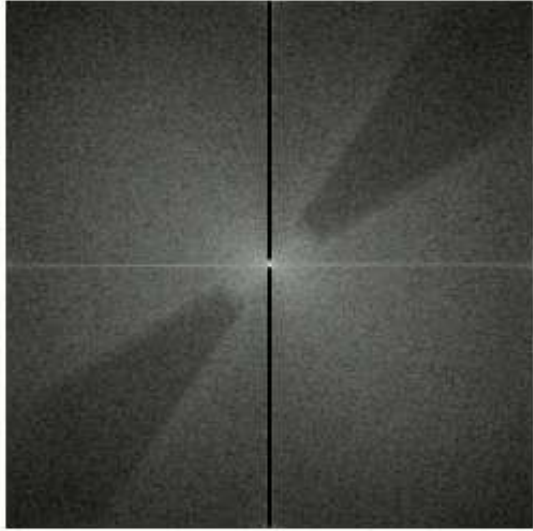
Tarefas, parte 8

- A imagem da Lua chega à Terra por partes e é recomposta.
- É preciso encontrar filtro adequado para eliminar as listas horizontais com perda de definição mínima.

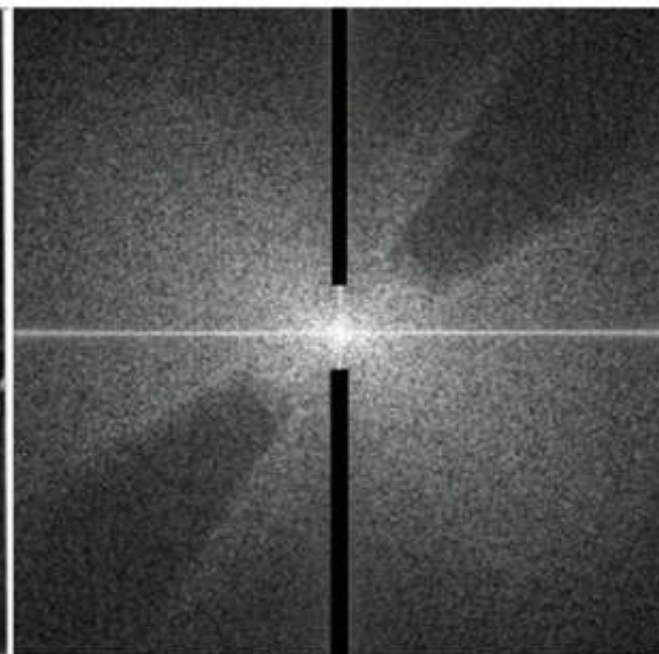
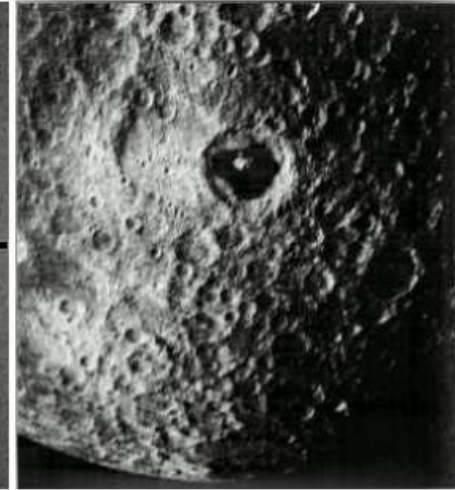
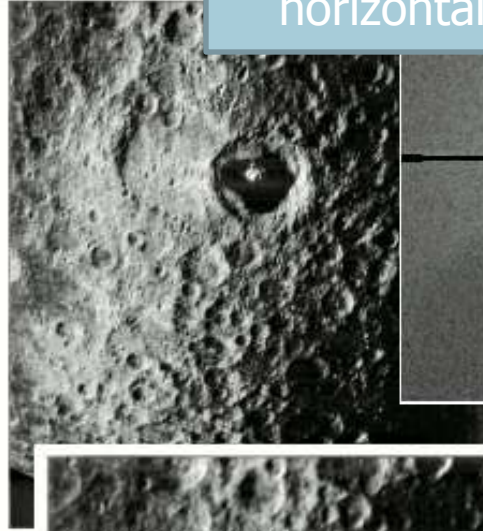


Lua

Porque filtrar a horizontal?



(c) Filtro aplicado à FFT

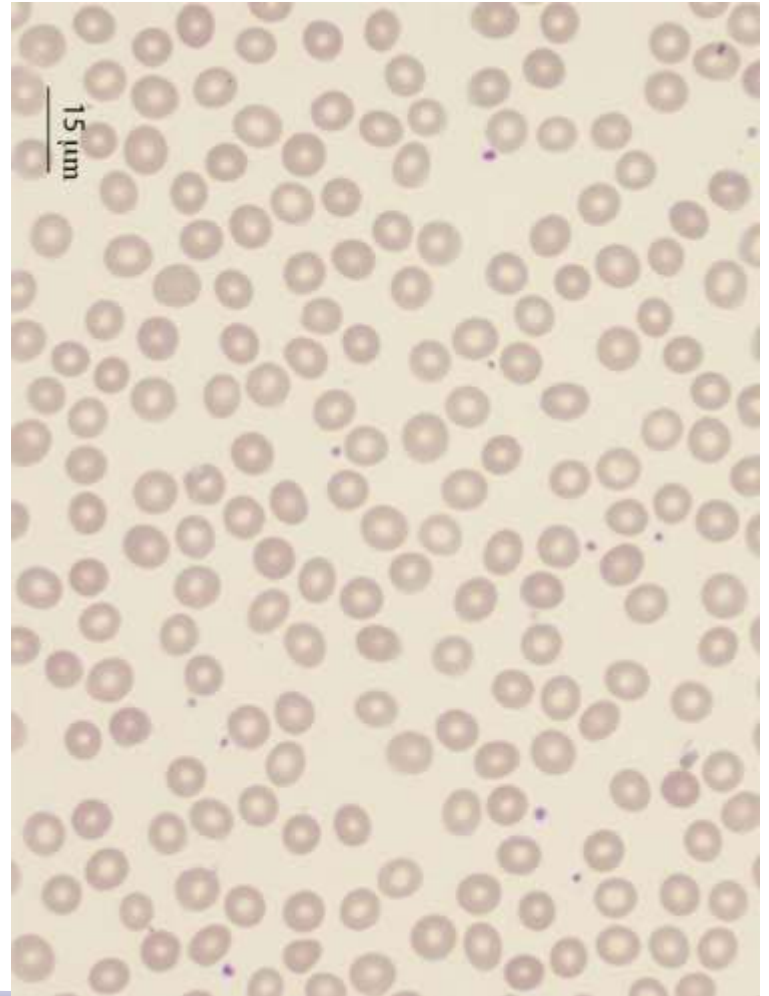


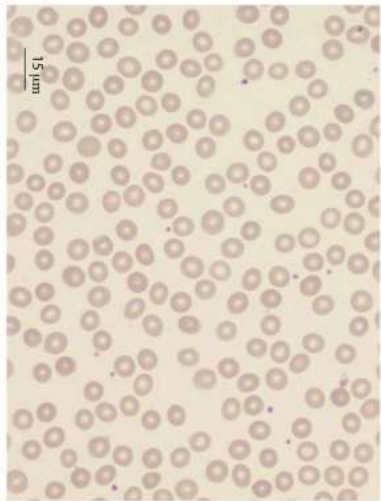
Tarefas, parte 9

Quantificando estruturas por meio da Transformada de Fourier

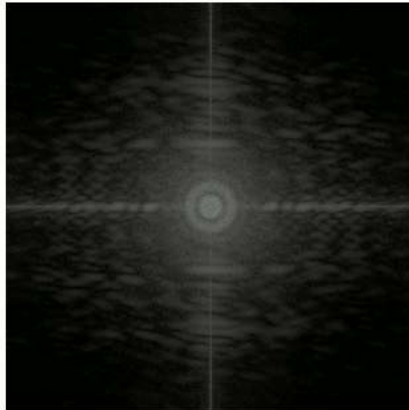
ESCOLHA APENAS 1 DAS IMAGENS A SEGUIR!

- Tamanho de hemácias do sangue humano
- Usando a imagem ao lado, faça as seguintes atividades
 - Obtenha a TF desta imagem.
 - A partir das estruturas da T.F. Determine:
 - O tamanho médio das hemácias do sangue.

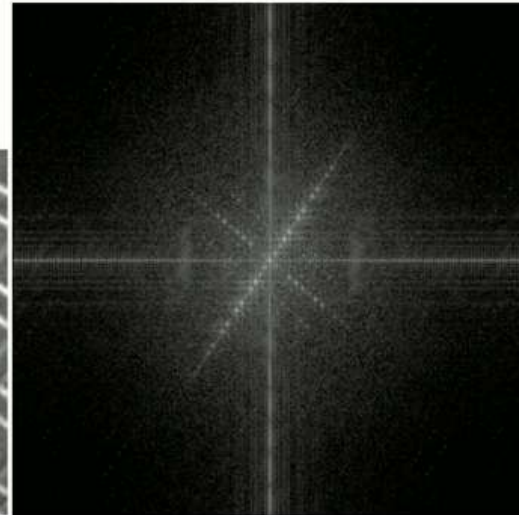
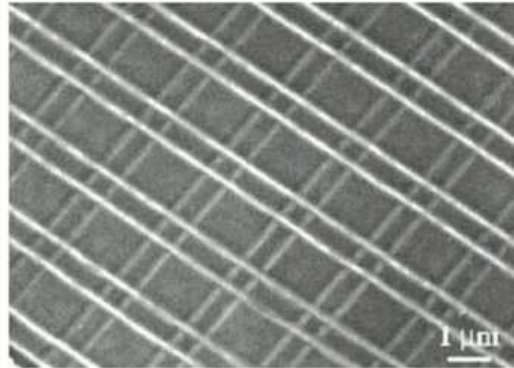




(a) Imagem original.



(b) FFT



	Raio
1	7.1 (18) μm
2	2.26 / 0.37 nm
3	2.28(4) / 0.41 (5) nm
4	
5	
6	8.36 (34) μm