

Imagens no Domínio espacial

O que você vê nessas imagens?



Rorschach's Test

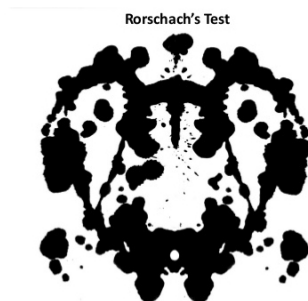


Na sua forma mais natural/usual e compreensível ao nosso cérebro, uma imagem corresponde uma formação espacial bidimensional, cujos componentes se organizam em conjuntos de pixels normalmente coerente com alguma informação;

Imagens são funções no espaço de coordenadas 2D;

- Em geral, cada função-imagem descreve a variação de cores ou tons de cinza no espaço bidimensional;

Essa noção nos fornece diversas ferramentas de processamento no que é convencionalmente chamado de Domínio Espacial da imagem, mas não é a única forma de representação possível;



Transformada de Hough

Espaço (domínio) de
Parâmetros

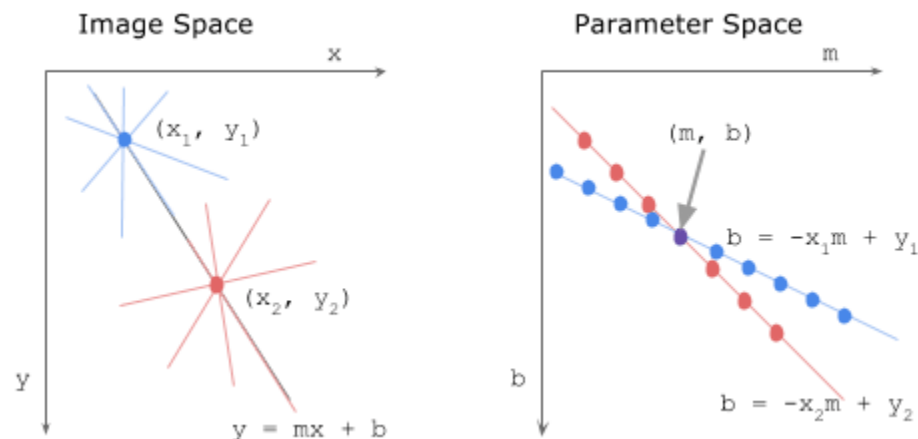
Existem algumas formas de representação alternativa à espacial, por exemplo o domínio de Hough, explorado pela transformada de mesmo nome.

Transformada de Hough:

O exemplo aqui será sobre a detecção de linhas, mas existem versões para detecção de circunferências etc...

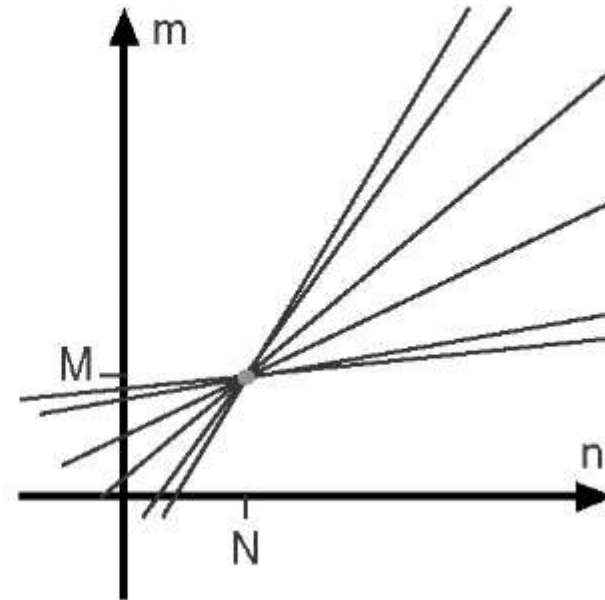
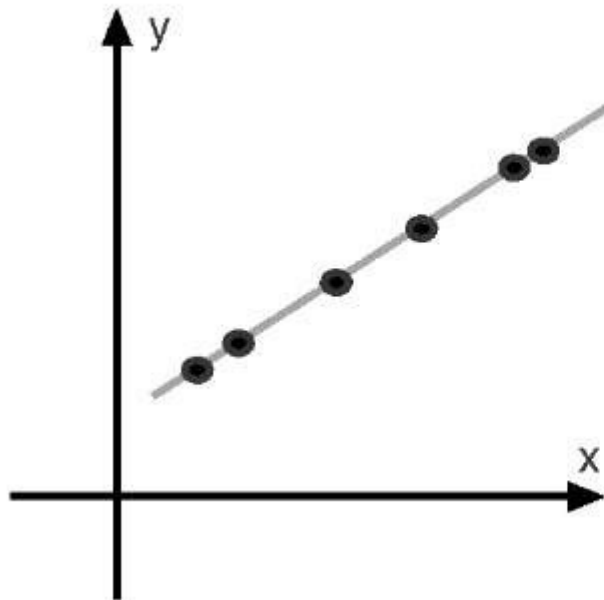
A transformada de Hough leva ao espaço de parâmetros onde a linha é definida pelos coeficiente angular e linear (m e b)

- m : inclinação e
- b : interceptação do eixo y
- $y = mx + b$



Cada linha reta no espaço cartesiano é convertida a um ponto no espaço de parâmetros

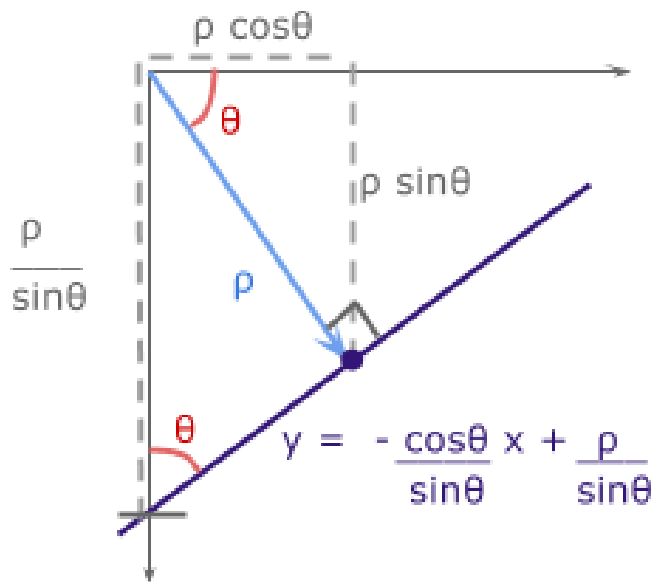
Uma linha mais bem definida no espaço cartesiano (contendo mais pontos alinhados com ela) se apresenta de forma mais significativa no espaço de parâmetros. Isso facilita a detecção de arestas fortes na imagem.



Em termos práticos se utiliza o espaço de parâmetros em coordenadas polares (ρ, θ) ;

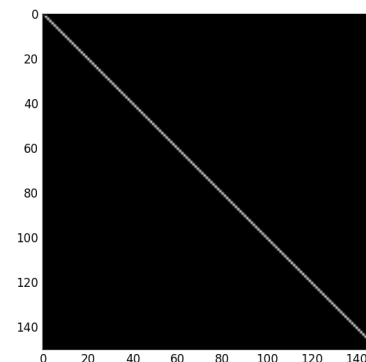
A ideia é a mesma que foi relatada anteriormente: retas no cartesiano são pontos no espaço (ρ, θ)

A vantagem desse sistema é a capacidade de representação, por exemplo, de retas perpendiculares ao eixo horizontal.

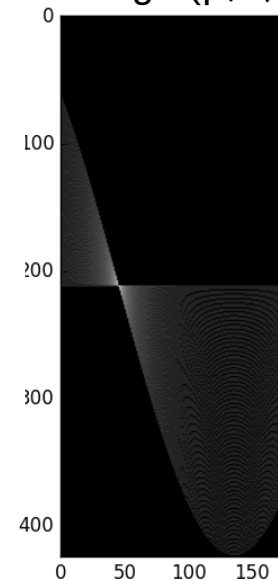


LINK

Domínio espacial da imagem (cartesiano)



Espaço Domínio de Hough (ρ, θ)



Em termos práticos se utiliza o espaço de parâmetros em coordenadas polares (ρ, θ) ;

A ideia é a mesma que foi relatada anteriormente: retas no cartesiano são pontos no espaço (ρ, θ)

A vantagem desse sistema é a capacidade de representação, por exemplo, de retas perpendiculares ao eixo horizontal.

Algoritmo para extração de “linhas fortes” na imagem por transformada de Hough

Extract edges of the image using Canny

- 1- initialize parameter space r, θ
 - 2- Create accumulator array and initialize to zero
 - 3- for each edge pixel
 - 4- for each θ
 - 5- calculate $r = x \cos(\theta) + y \sin(\theta)$
 - 6- Increment accumulator at r, θ
 - 7- Find Maximum values in accumulator (lines)
- Extract related r, θ

[LINK](#)

Tutoriais OpenCv

AQUI

AQUI

Transformada Discreta de Fourier

Domínio das
Frequências

Filtragem

Uma outra formas de representação alternativa à espacial é baseada nas frequências que compõem a imagem (frequência de variação de tons de cinza ou cores variam no espaço da imagem);

Essa ideia de decompor um sinal em seus componentes senoidais já foi explorado na disciplina de cálculo no tópico Série de Fourier:

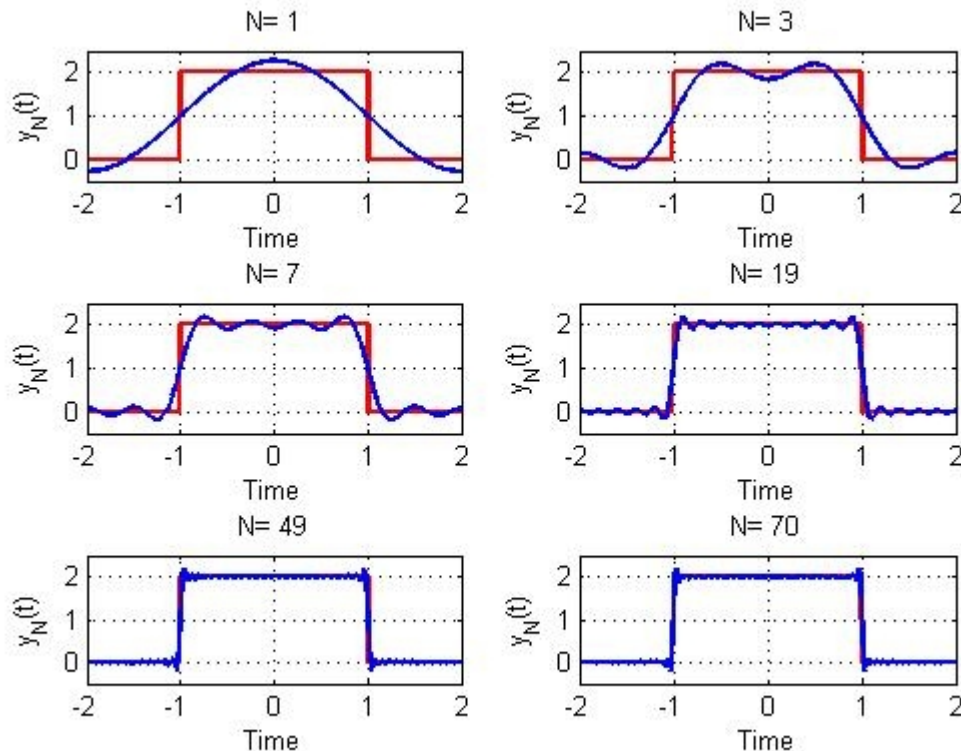
$$f(x) = \frac{1}{2} a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos(n x) + \sum_{n=1}^{\infty} b_n \sin(n x),$$

$$e^{ix} = \cos x + i \sin x,$$

$$e^{-ix} = \cos(-x) + i \sin(-x) = \cos x - i \sin x$$

Uma outra formas de representação alternativa à espacial é baseada nas frequências que compõem a imagem (frequência de variação de tons de cinza ou cores variam no espaço da imagem);

Essa ideia de decompor um sinal em seus componentes senoidais já foi explorado na disciplina de cálculo no tópico Série de Fourier:



Uma das possíveis formas de representação alternativa é baseada nas frequências que compõem a imagem o com as quais os tons de cinza ou cores variam no espaço da imagem;

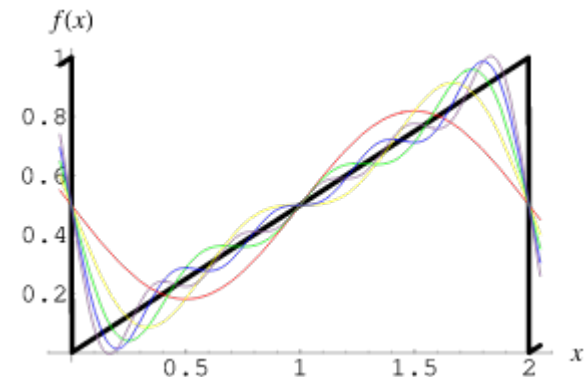
Essa ideia de decompor um sinal em seus componentes senoidais já foi explorado na disciplina de cálculo no tópico Série de Fourier:

```
import numpy as np
from matplotlib import pyplot as plt

# Obtendo uma "dente de serra" via seu espectro de Fourier
T=2*np.pi;
a0=1/4;
W0=2*np.pi/T;
MAX=3000#10#300 #30; # número de componentes da série
cont=0;
X=[]
Y=[]
M=[]
print(type(M))
for t in np.arange(0, 2*np.pi,np.pi/32):
    acum=a0/2;
    for n in range(1,MAX):
        an=(np.cos(n*np.pi)-1)/(n*np.pi)**2;
        bn=-np.cos(n*np.pi)/(n*np.pi);
        acum=acum+(an*np.cos(n*W0*t)+bn*np.sin(n*W0*t));

    cont=cont+1;
    X.append(t)
    Y.append(acum);

plt.figure()
plt.plot(X,Y)
plt.title("Line graph")
plt.ylabel("Y axis")
plt.xlabel("X axis")
plt.show()
```



DFT de uma imagem em tons de cinza:

2D Discrete Fourier Transform (DFT)

$$F[k, l] = \frac{1}{MN} \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} f[m, n] e^{-j2\pi \left(\frac{k}{M}m + \frac{l}{N}n \right)}$$

periodized signal
periodic and sampled
transform

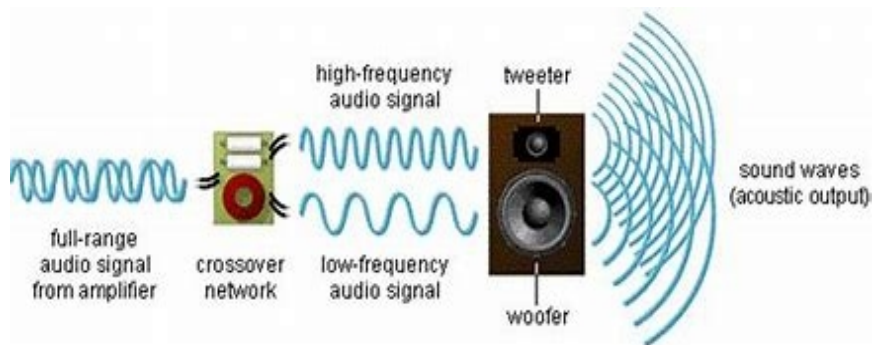
Noção intuitiva sobre as frequências em uma imagem:

Quanto à variação do brilho de seus pixels, uma imagem em tons de cinza pode apresentar regiões de altas frequências e outras de baixas frequências

Essas frequências estão associadas à nitidez dos objetos capturados na cena

Utilizando a analogia de sistema de áudio de alta fidelidade:

- A reprodução do espectro sonoro desde as altas até baixas frequências tem a ver com a qualidade sonora do sinal de áudio reproduzido;
- A nitidez da música ocorre nas altas frequências reproduzidas pelo *tweeter*, ao passo que...
- O *woofer* é responsável por reproduzir frequências mais baixas (fundo).



Uma imagem em tons de cinza pode apresentar regiões de altas frequências e outras de baixas frequências quanto à variação do brilho de seus pixels;

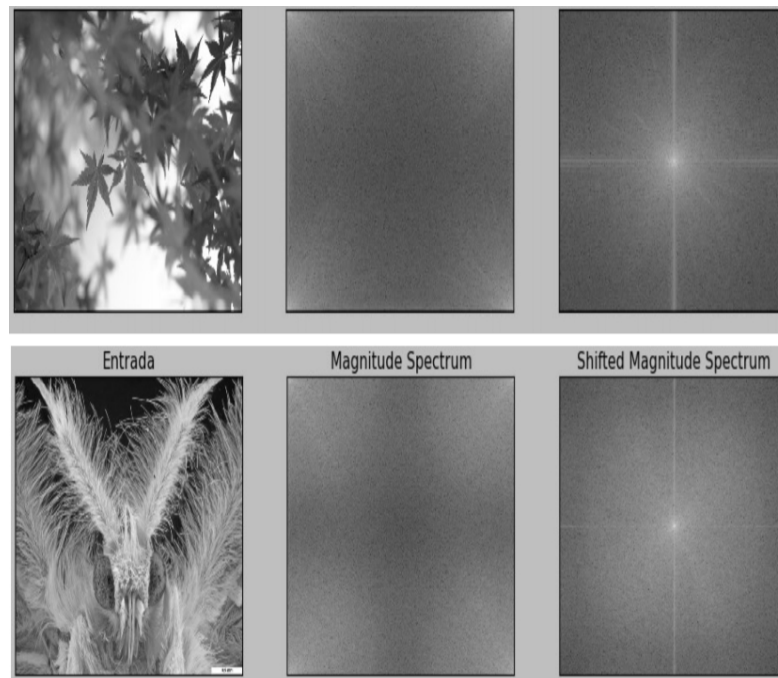
Essas frequências estão associadas à nitidez dos objetos capturados na cena.

Tutoriais:

[LINK1](#)

[LINK2](#)

- Altas frequências de variação estão associadas a bordas e linhas bem definidas, ou seja, a detalhes na imagem;
- Baixas frequências estão associadas a regiões de baixa variação de brilho, regiões mais suaves/borradas na imagem;
- A transformada discreta de Fourier é uma operação clássica para a conversão para o domínio da frequência;
- A conversão de imagem para o domínio da frequência possibilita a utilização de operadores nesse domínio: filtros passa-alta, passa-baixa e passa-faixa são exemplos de operadores que podem ser aplicados no domínio das frequências.



Filtragem no espectro de frequências

→ Uma propriedade importante:

Teorema da convolução:

A convolução de uma máscara na imagem no espaço equivale no espectro a multiplicação da transformada da imagem pela transformada da máscara):

$$f(x, y) * g(x, y) \Leftrightarrow F(u, v)G(u, v)$$

$$f(x, y)g(x, y) \Leftrightarrow F(u, v) * G(u, v)$$

Convolution in
Space



Multiplication in
Frequency

Filtragem no espectro de frequências

$$f(x, y) * g(x, y) \Leftrightarrow F(u, v)G(u, v)$$

$$f(x, y)g(x, y) \Leftrightarrow F(u, v) * G(u, v)$$

□ Passo a passo do processo de filtragem

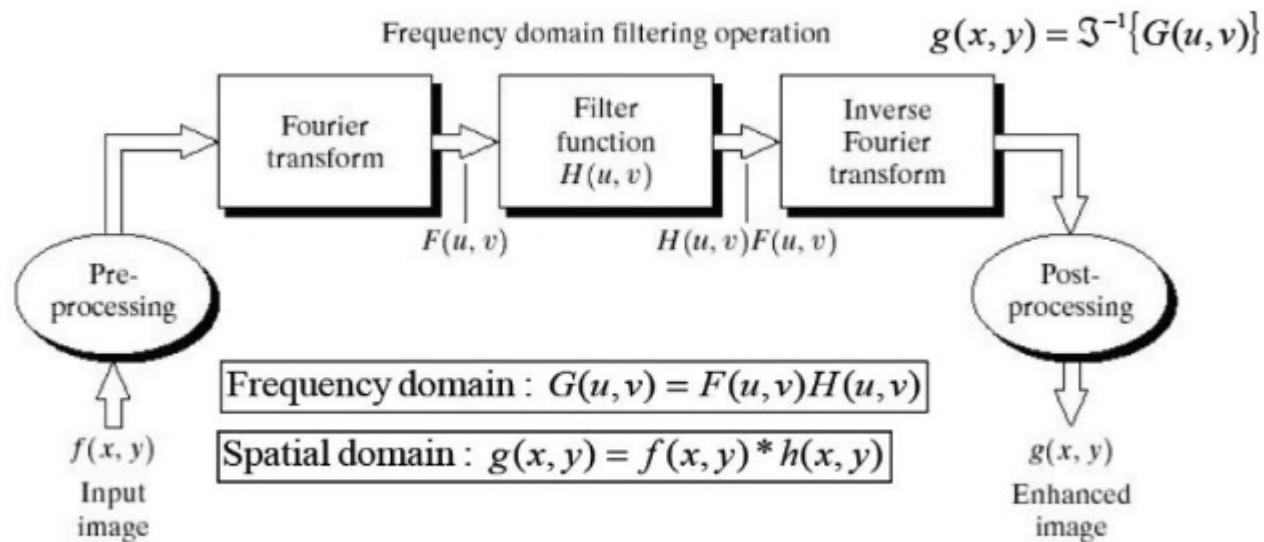


FIGURE 4.5 Basic steps for filtering in the frequency domain.

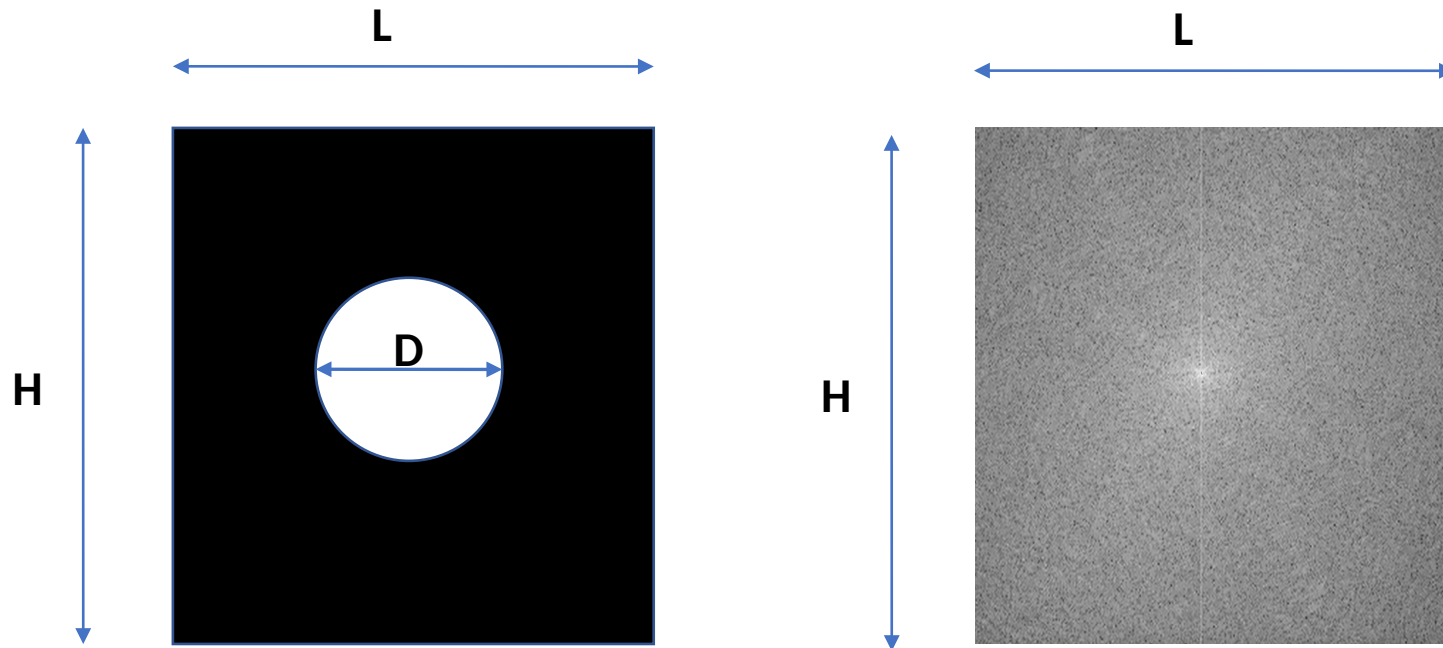
Aplicando o conceito de filtragem sobre o espectro de frequências

1º exemplo

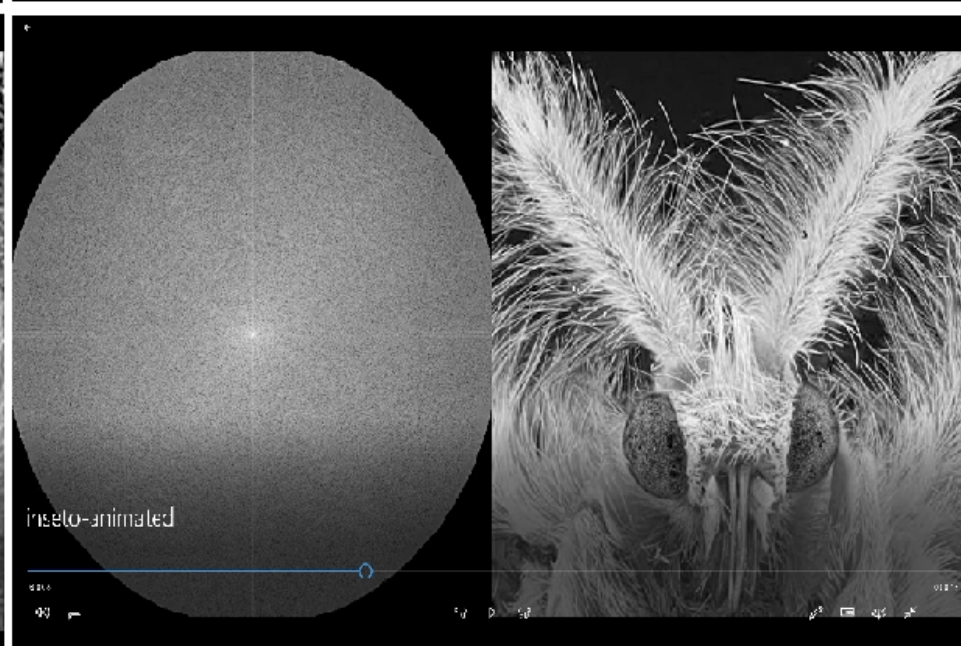
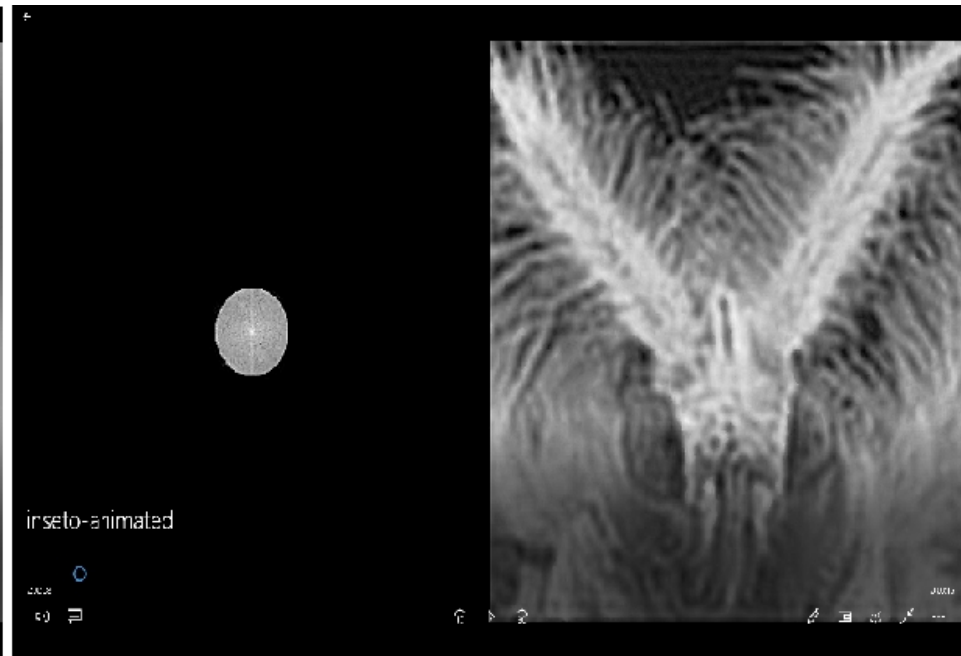
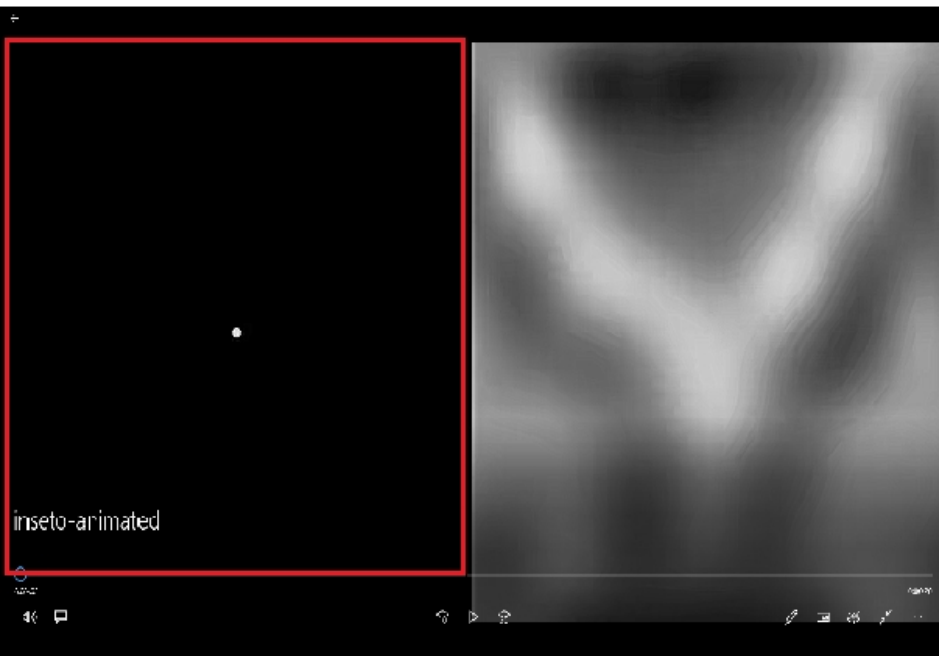
Uma família de filtros composta de uma circunferência branca (uns) de diâmetro “D” crescente em um fundo preto (zeros);

Para cada valor do diâmetro, o filtro é multiplicado pelo espectro de frequências;

Resultado: das mais baixas (“borramento”) até as mais altas (detalhamento), as frequências são gradualmente acrescentadas ao sinal-imagem.



Resultado: das mais baixas (“borramento”) até as mais altas (detalhamento), as frequências são gradualmente acrescentadas ao sinal-imagem.



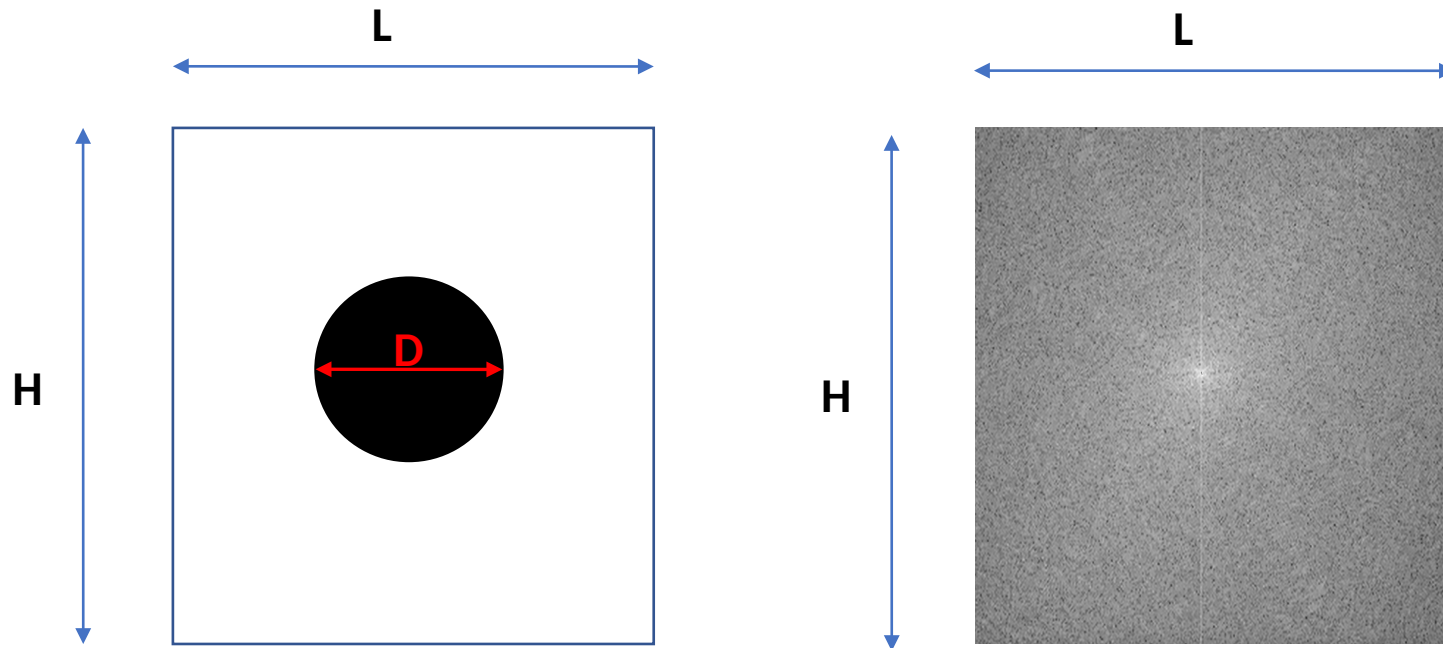
Aplicando o conceito de filtragem sobre o espectro de frequências

2º exemplo – família de filtros supressores

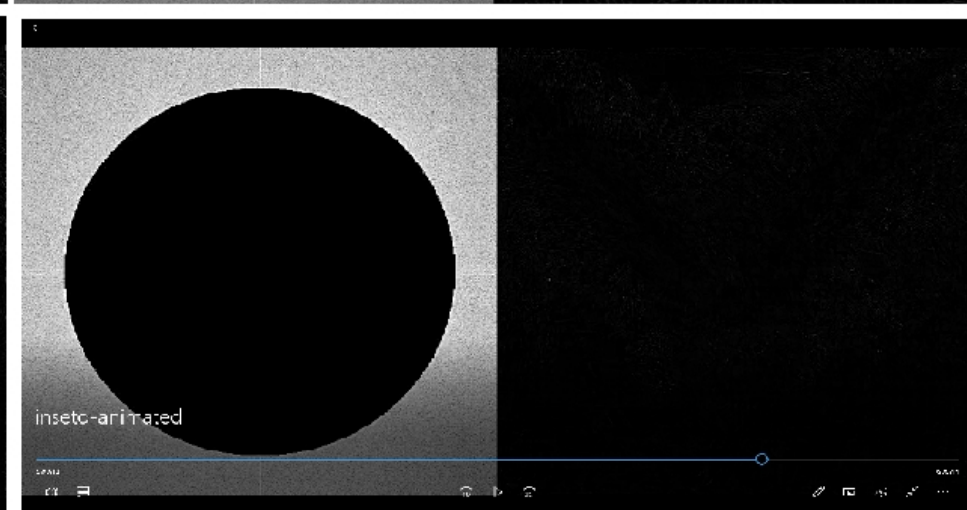
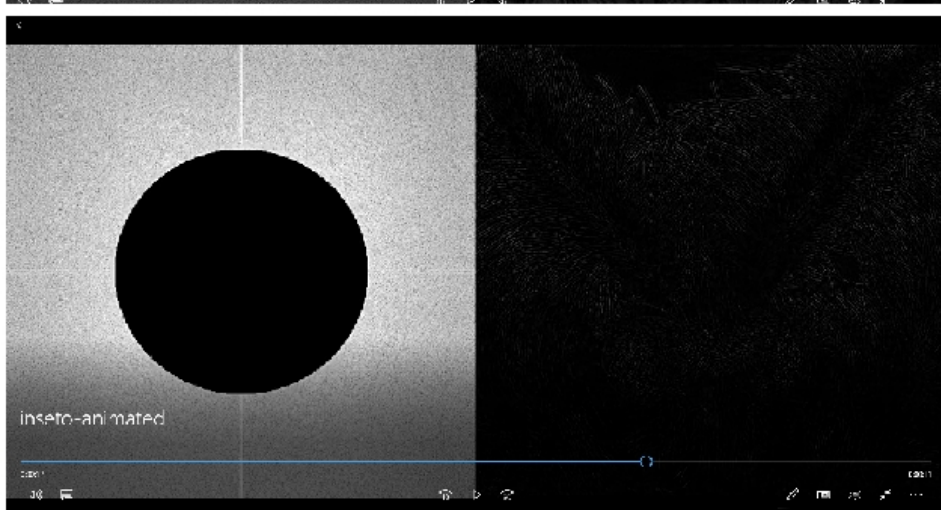
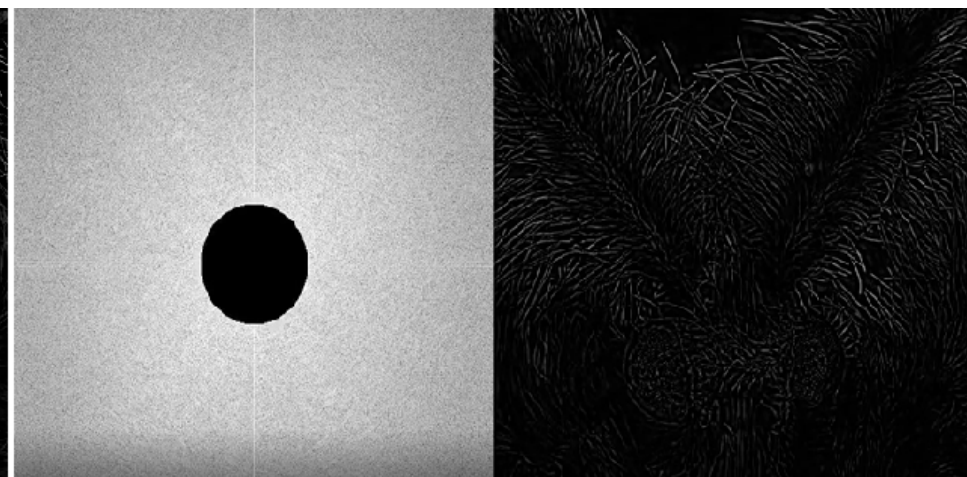
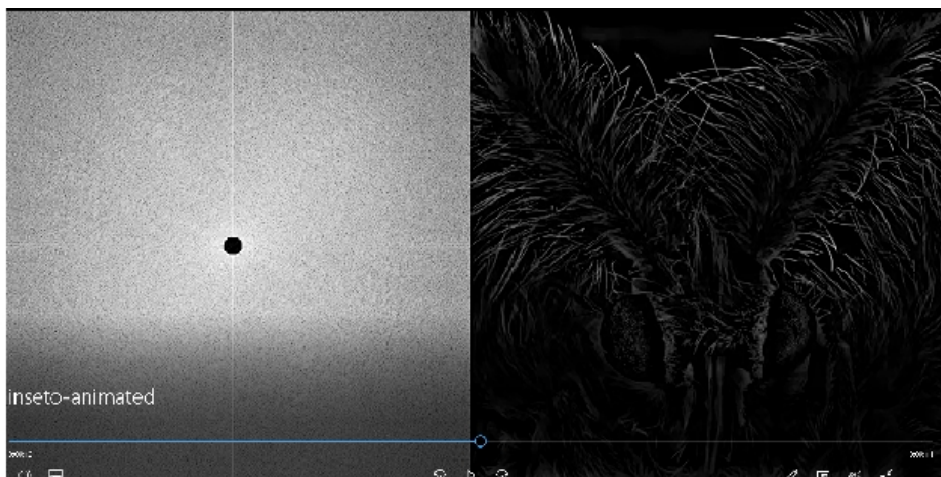
Uma família de filtros composta de uma circunferência preta (zeros) de diâmetro “D” crescente em um fundo branco (uns);

Para cada valor de “D”, o filtro é multiplicado pelo espectro de frequências;

Resultado: a eliminação gradual de componentes desde as baixas até as mais altas frequências.



Resultado: eliminação gradual de componentes desde as baixas até as mais altas frequências.



O vídeo inseto-animated.mpeg contendo os exemplos citados anteriormente se encontra na pasta “Imagens para testes” no Moodle de PIM;

São possíveis outros filtros, tais como o passa-faixa, que suprime frequências na região preta do filtro:

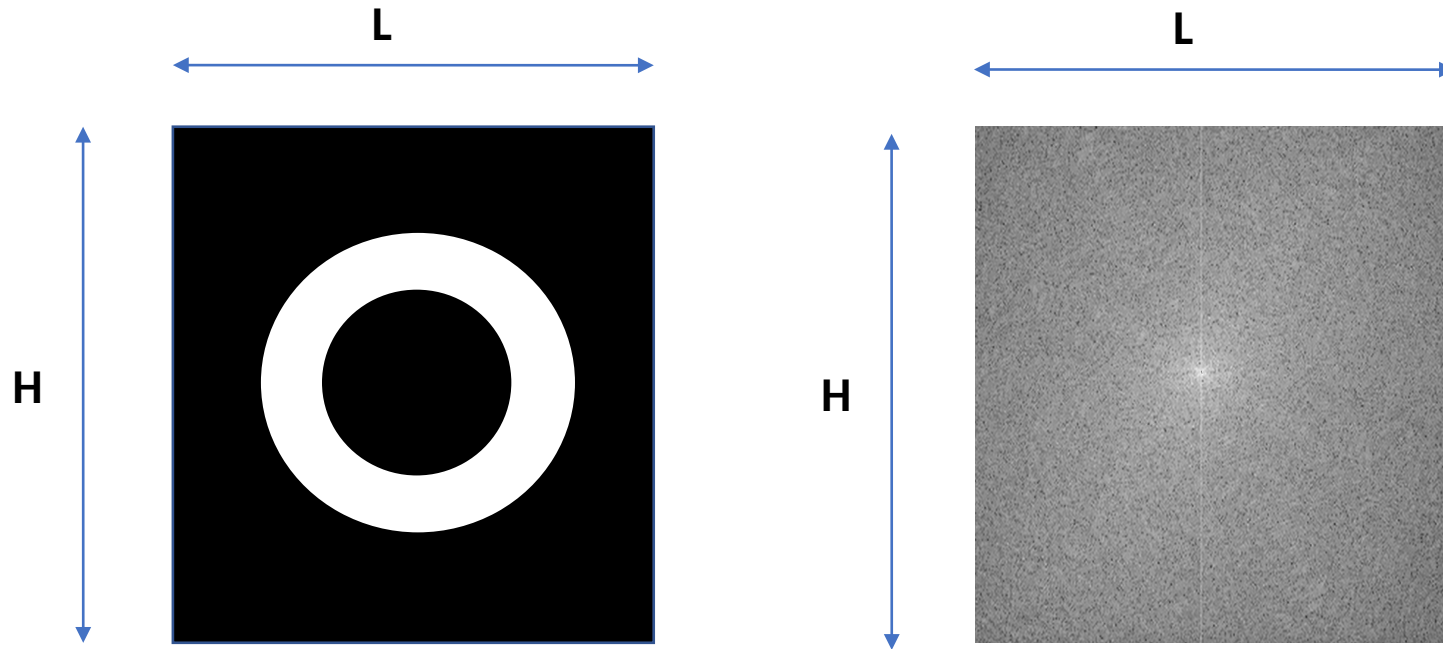
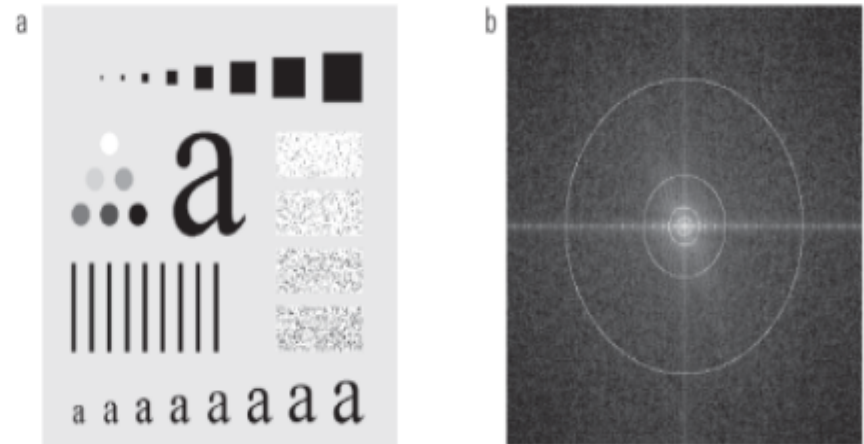
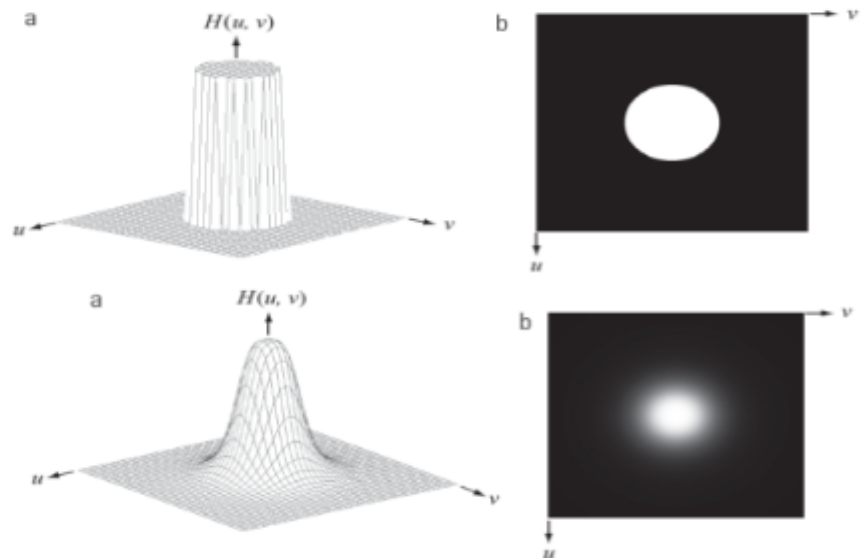


Imagem de entrada (a) e seu espectro de potência (b) onde os círculos foram inseridos para ilustrar filtros de diâmetros diferentes



Filtro passa-baixa ideal (devido às transições abruptas é de difícil implementação no nível eletrônico).
Filtro passa-baixa Butterworth.



- Esquerda: padrão (senoidal);
- Centro: imagem original;
- Direita: imagem original misturada com o padrão.

É possível usar DFT/IFT para recuperar a imagem original a partir da “misturada”? Como fazer isso?

