



COLETA, PROCESSAMENTO DE SINAIS E ANÁLISE DE DADOS

PROFA.ANA CAROLINA DE SOUSA SILVA
FZEA/USP

1

Sinal.

O que é um sinal?
Por que processar um sinal?

2

Aquisição.

Como obter sinais digitais?

3

PDS.

Como processar um sinal?

4

Sinais 2D.

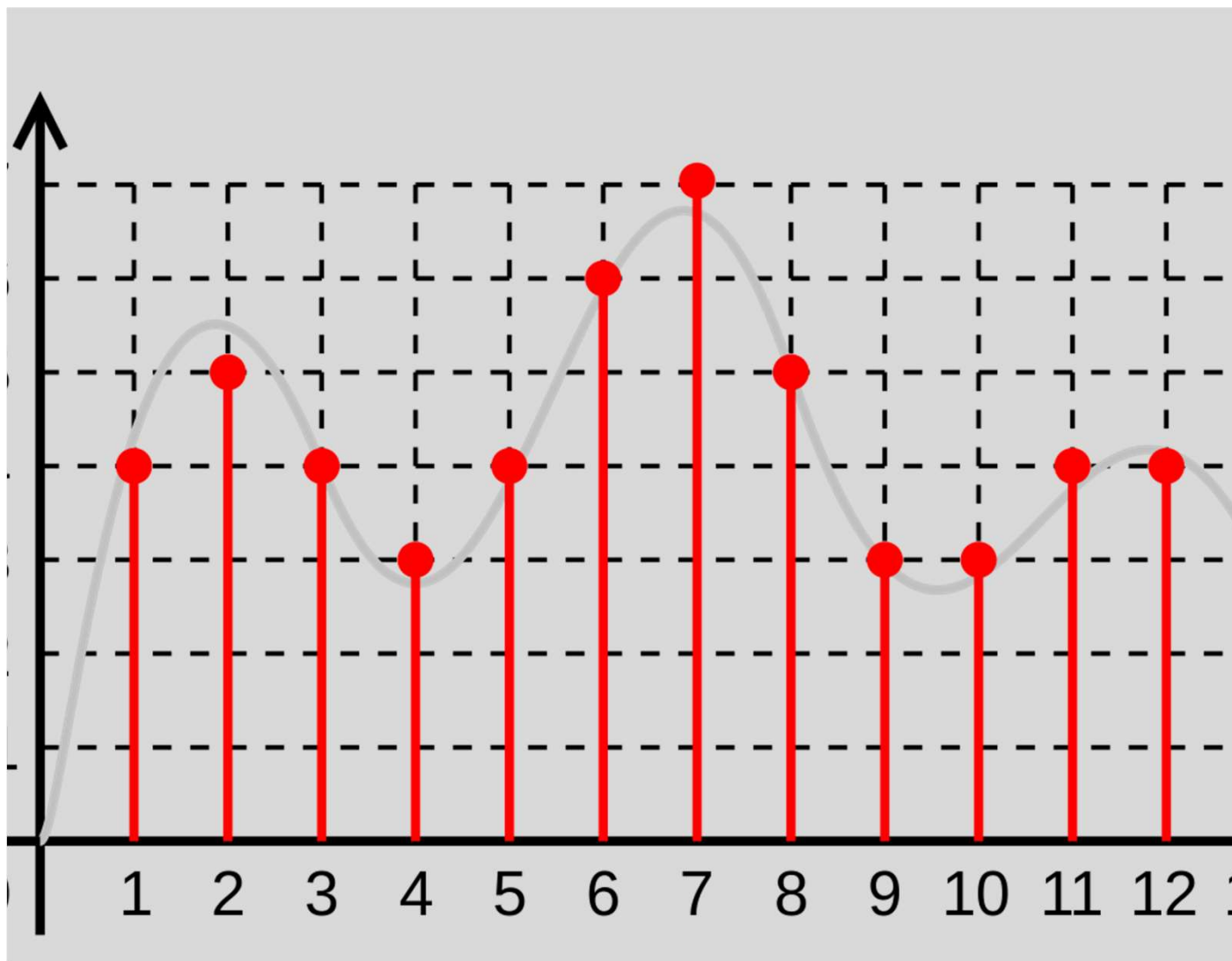
Imagens

5

Aplicações.

Exemplos de PDS e PDI no Agro.

CONTEÚDO

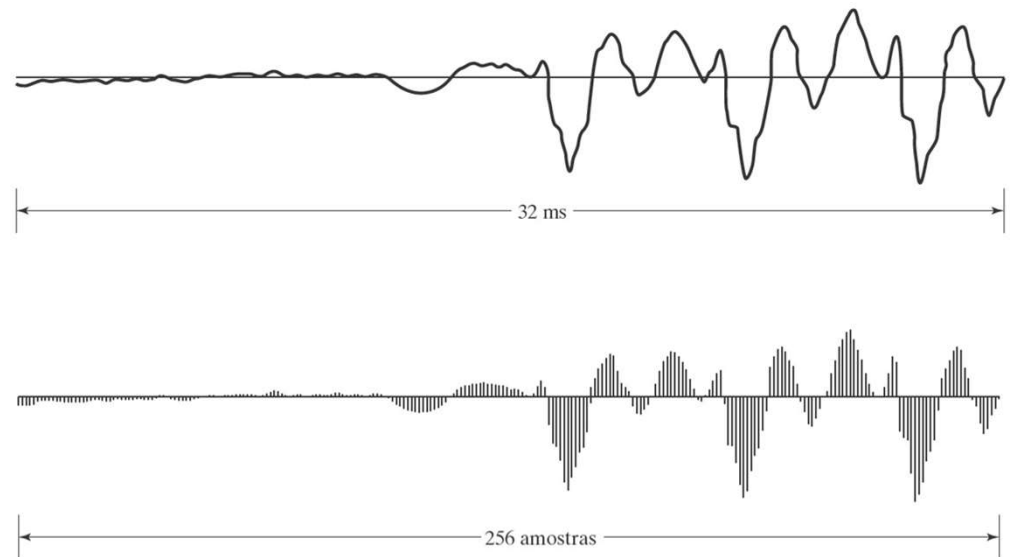


I. SINAL.

○ que é um sinal?
Por que processar um sinal?

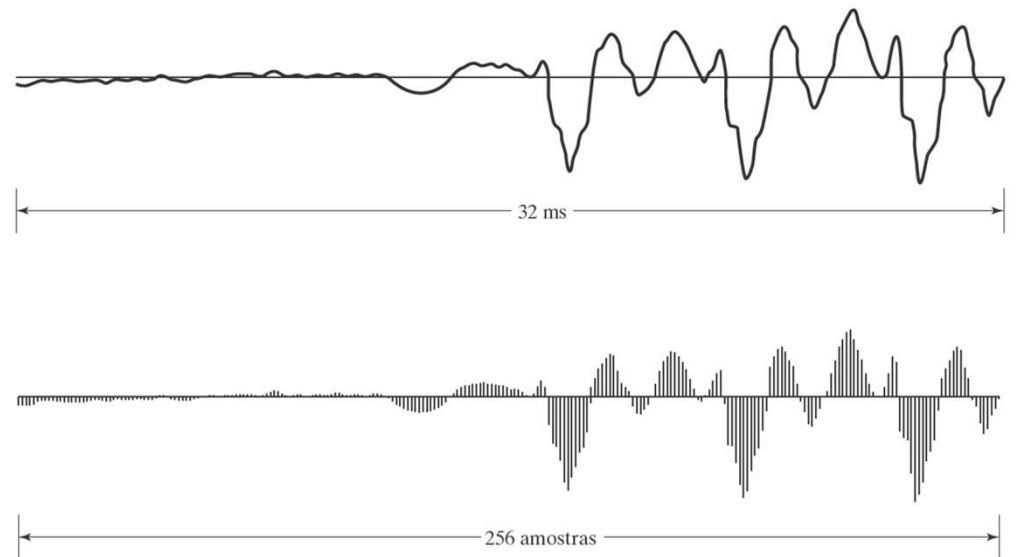
POR QUE PROCESSAR UM SINAL?

- Estamos rodeados por todo tipo de sinais
 - Naturais
 - Gerados pelo homem
 - Necessários (fala!)
 - Agradáveis (música!)
 - Desnecessários ou indesejáveis
- Sinais são portadores de informação, seja ela desejável ou não!



POR QUE PROCESSAR UM SINAL?

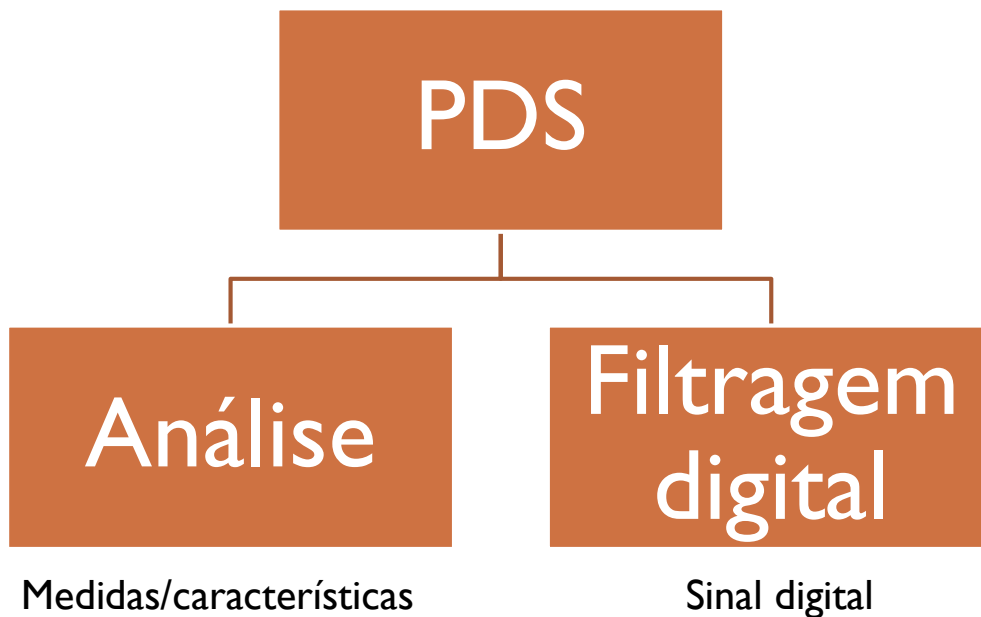
- Como um **parâmetro varia em função de outro**
 - contem informação do **estado ou comportamento de um sistema**
- Matematicamente: **função** de uma ou mais variáveis



PDS lida com a transformação de sinais que são **discretos** no tempo e na amplitude

POR QUE PROCESSAR UM SINAL?

Duas categorias de PDS



Análise de sinais

- Normalmente domínio da frequência
- Análise espectral (frequência e fase)
- Reconhecimento/verificação de fala

Filtragem digital

- Entrada e saída são sinais
- Remoção de ruído
- Remoção de interferência
- Separação de bandas de frequência

Como o sinal foi gerado
Características básicas do sinal

Sinal

Contínuo $x(t)$
Discreto $x[n]$

Quais características são desejáveis?
Como projetar a separação?

Sinal desejável

Que tipo de informação
desejo acessar

Informações

Processamento

Quais técnicas utilizar

Técnicas de
processamento

Algoritmos

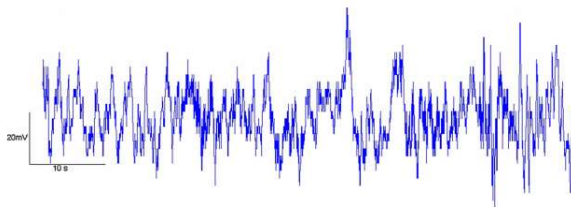


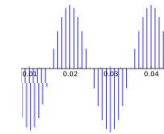
Fig. 2. Diagram representing the electrical model proposed to explain the signal acquired from plant.

PDS envolve principalmente algoritmos implementados em hardware ou **software**
Linguagens de Programação

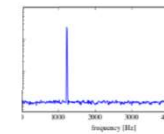


POR QUE PROCESSAR UM SINAL?

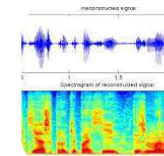
Muitos sinais presentes na natureza tem comportamento oscilatório



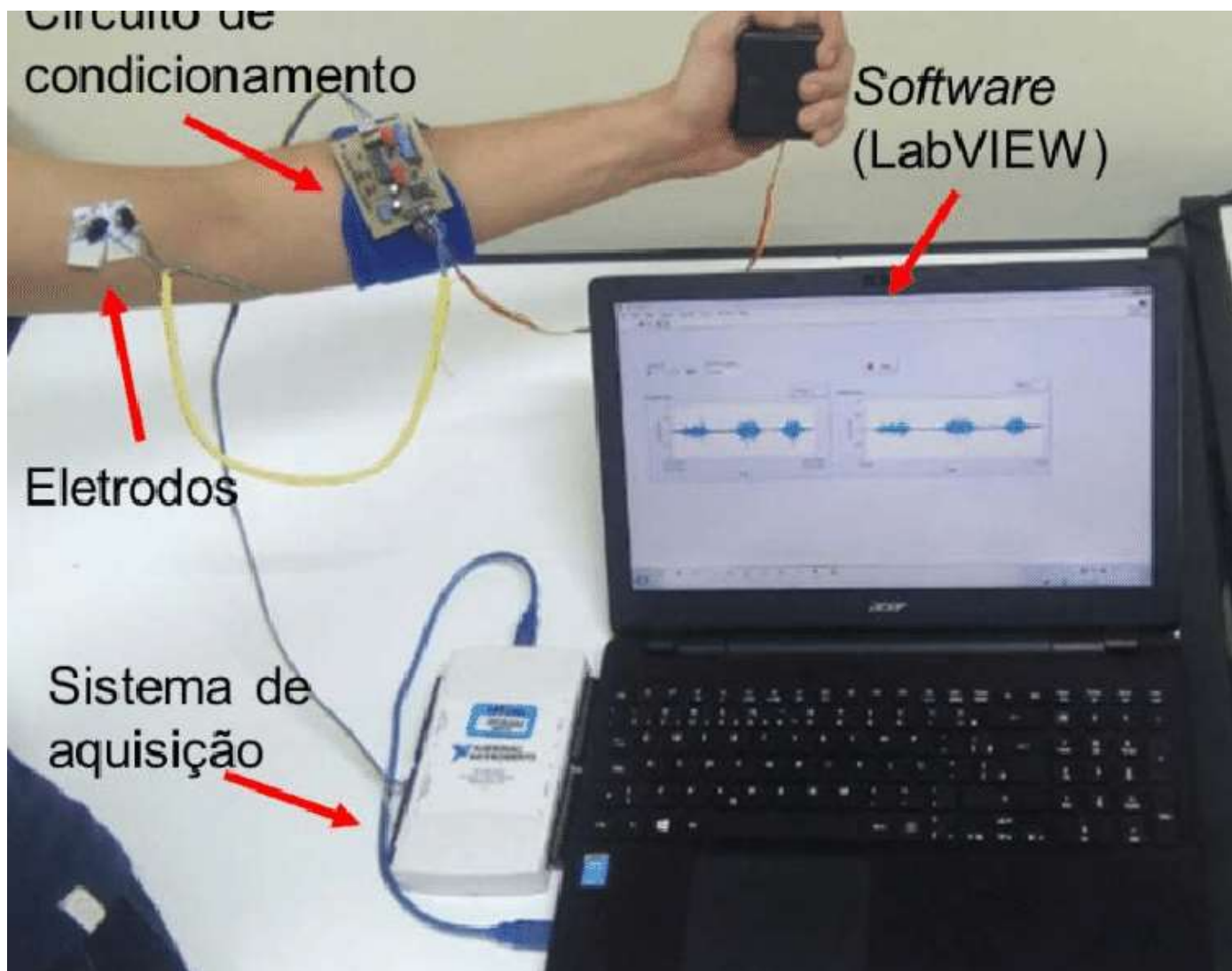
Tempo



Frequência



Tempo-frequência



2. AQUISIÇÃO.

Como obter sinais digitais?

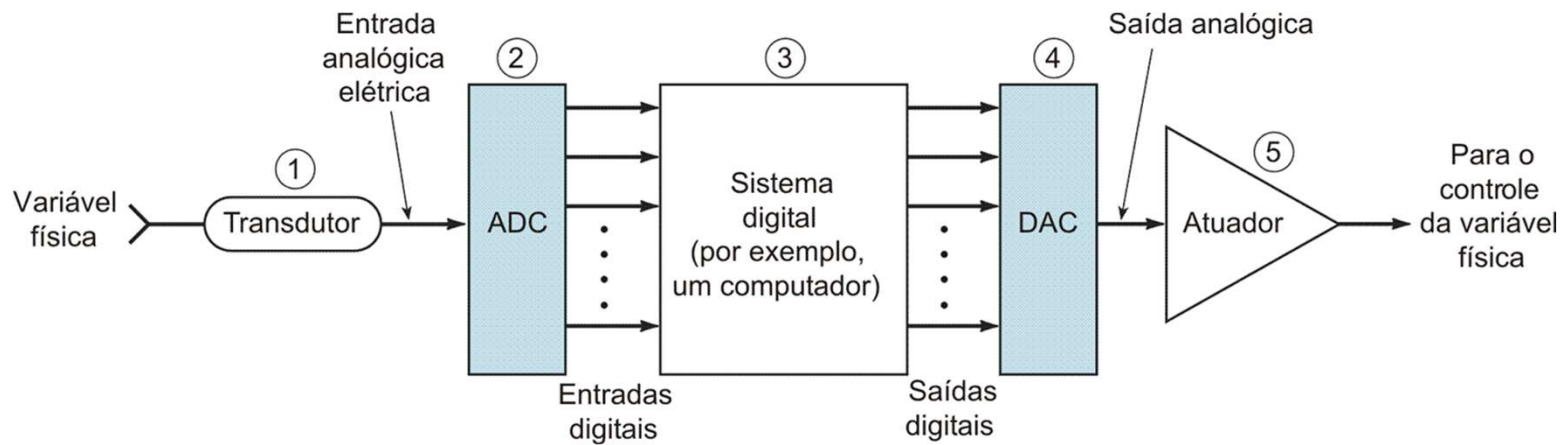


AQUISIÇÃO DE SINAIS DIGITAIS

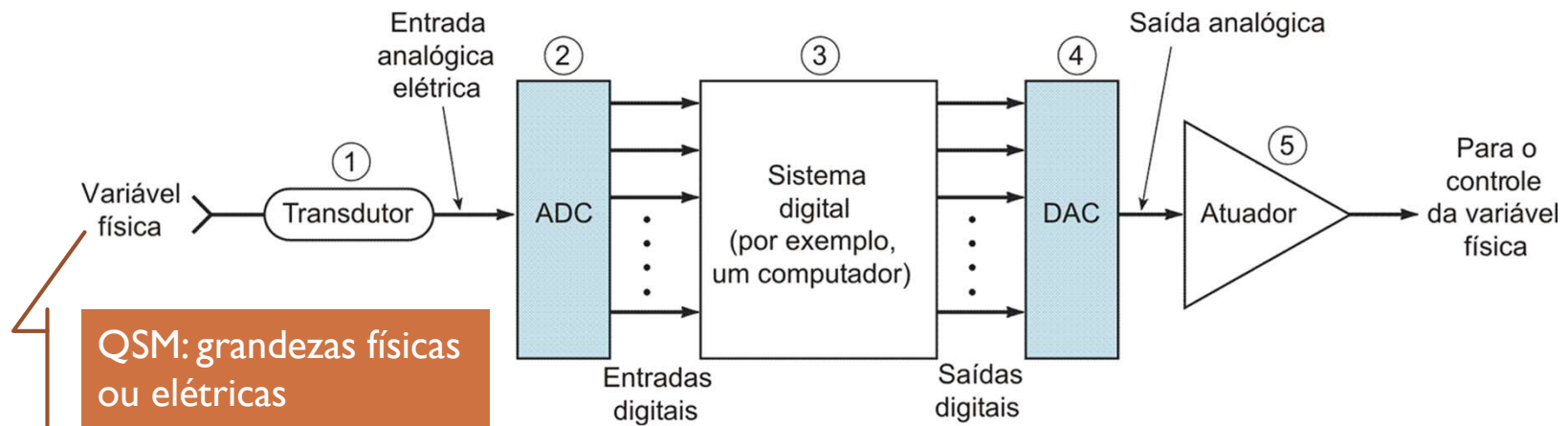


Sensores!

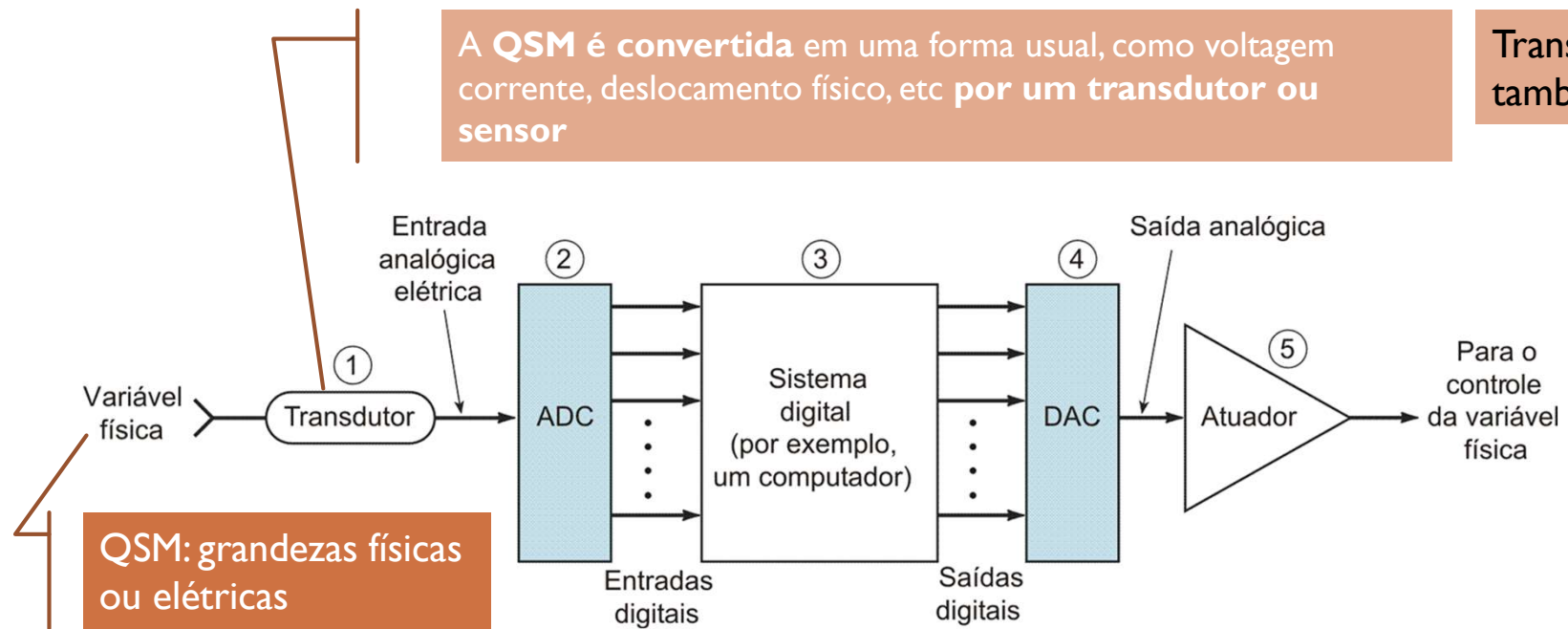
SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS



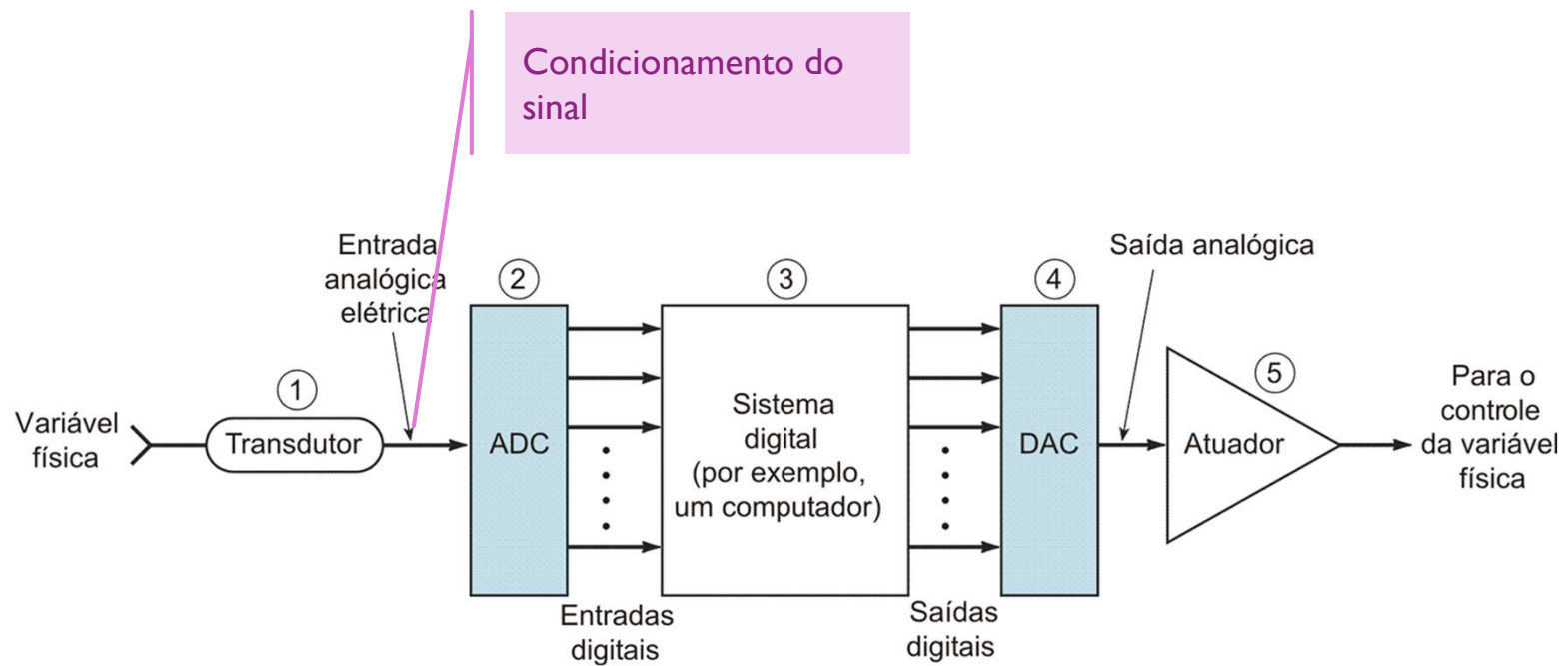
SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS



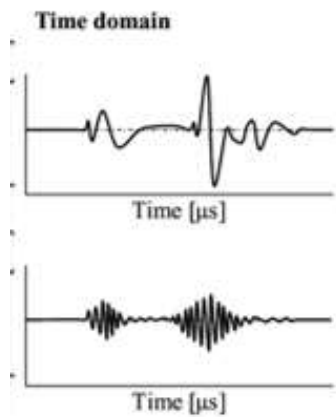
SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS



SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS

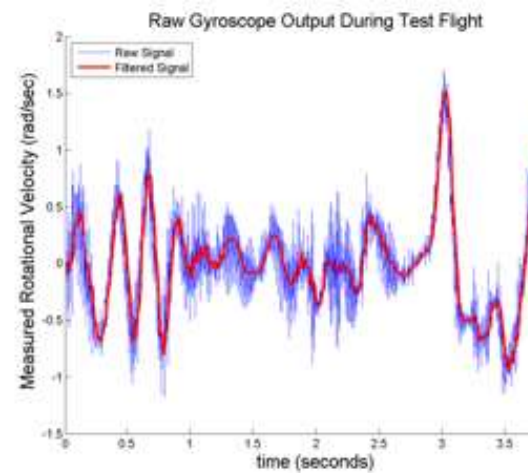
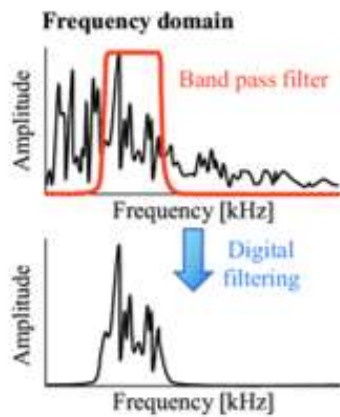


Amostragem e quantização

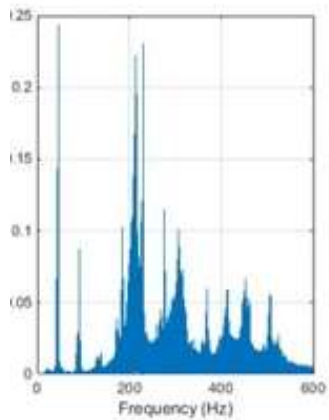


FFT

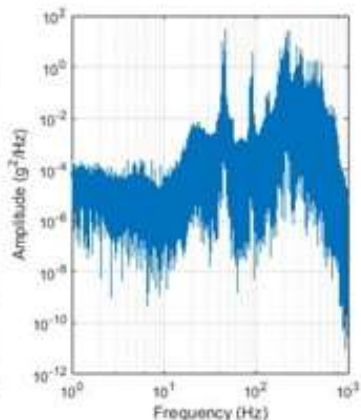
IFFT



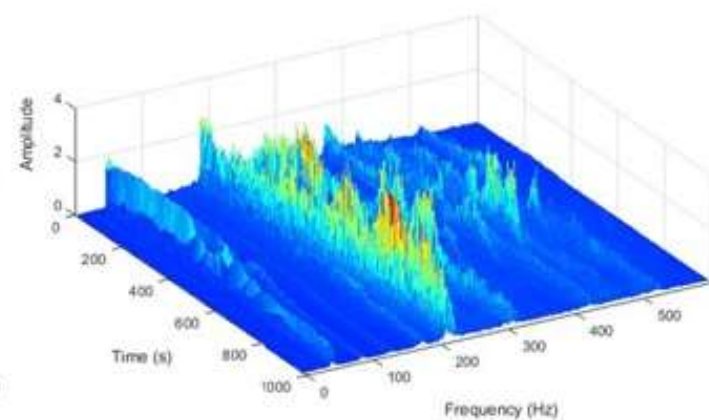
- AIRCRAFT VIBRATION ANALYSIS -



FFT



PSD

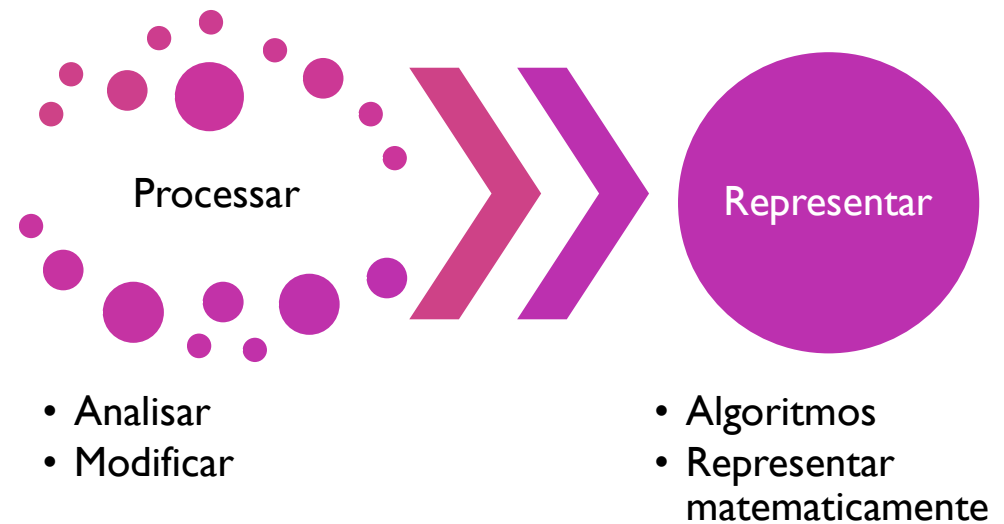
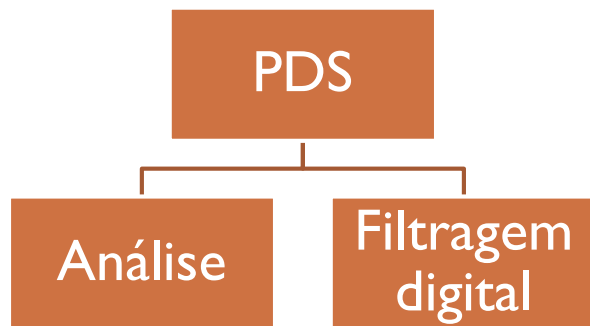


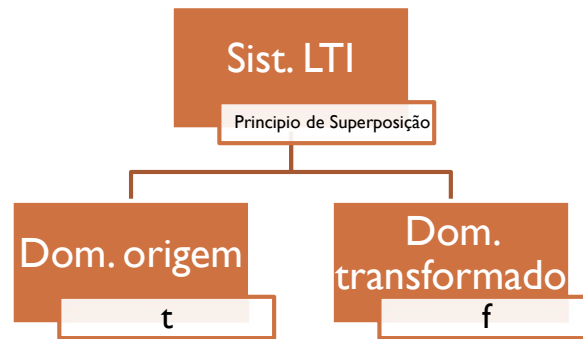
SPECTROGRAM

3. PDS.

Como processar um sinal?

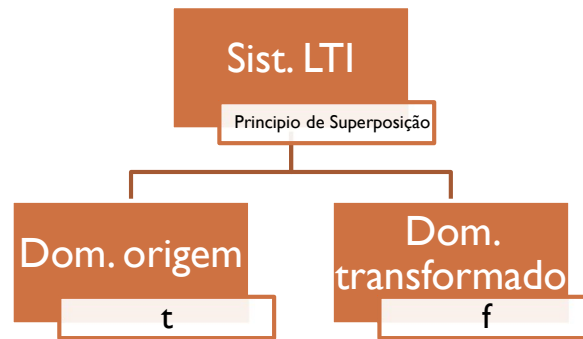
COMO PROCESSAR UM SINAL?





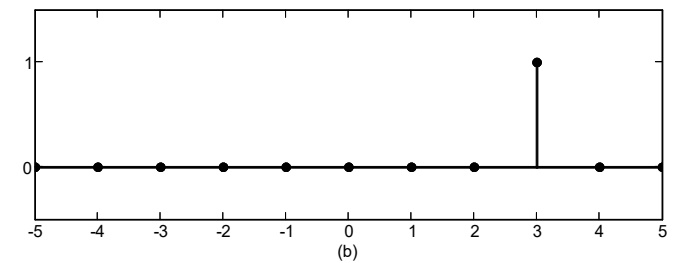
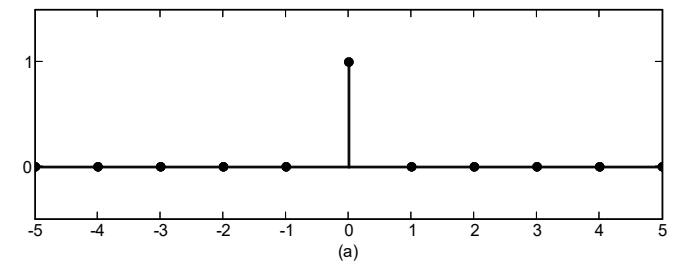
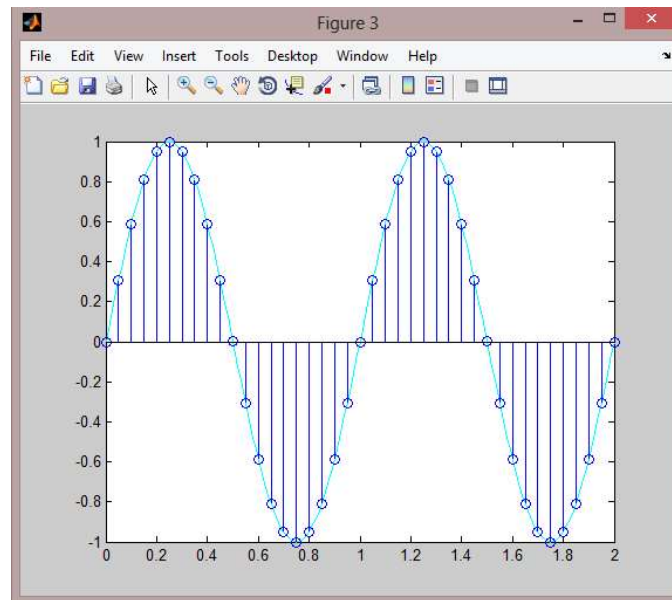
$$T \{ax_1[n] + bx_2[n]\} = aT \{x_1[n]\} + bT \{x_2[n]\}$$

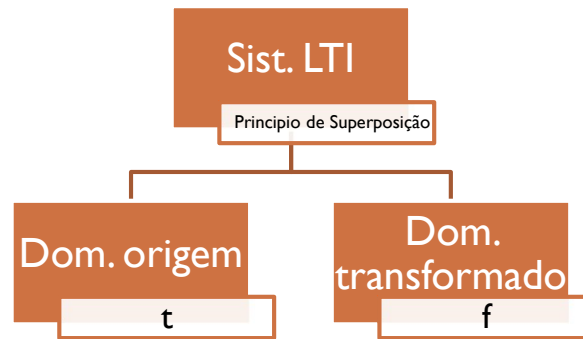
$$x_1[n] = x[n - n_0] \longrightarrow y_1[n] = y[n - n_0].$$



Soma ponderada de impulsos deslocados

$$p[n] = a_{-3}\delta[n + 3] + a_1\delta[n - 1] + a_2\delta[n - 2] + a_7\delta[n - 7]$$



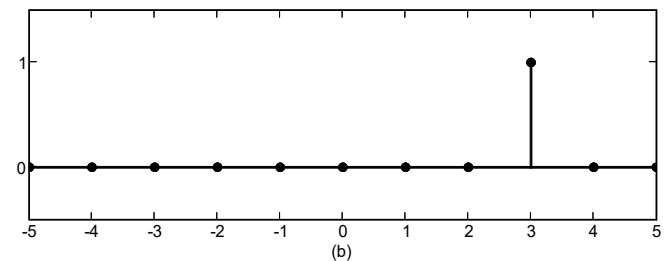
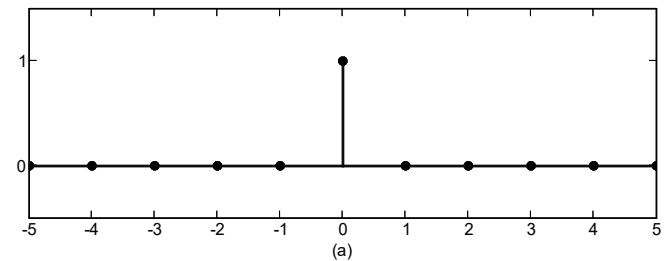


Soma ponderada de impulsos deslocados

Soma ponderada de sinais básicos

$$\delta[n] = \begin{cases} 0, & n \neq 0, \\ 1, & n = 0. \end{cases}$$

$$\delta[n - k] = \begin{cases} 1, & \text{se } n = k \\ 0, & \text{se } n \neq k \end{cases}$$

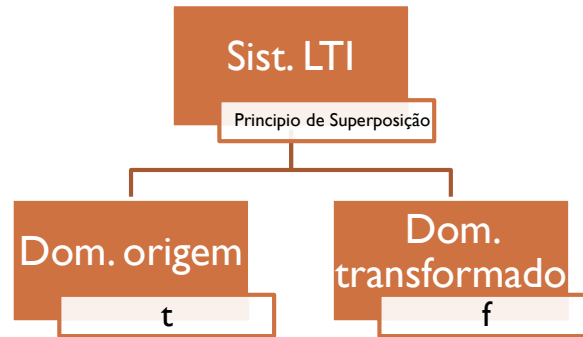


$$\delta[n - k] = \begin{cases} 1, & \text{se } n = k \\ 0, & \text{se } n \neq k \end{cases}$$



$$x[n] = \sum_{k=-\infty}^{\infty} x[k]\delta[n - k].$$

Soma ponderada de impulsos deslocados



Soma ponderada de sinais básicos

$$\delta[n - k] = \begin{cases} 1, & \text{se } n = k \\ 0, & \text{se } n \neq k \end{cases}$$

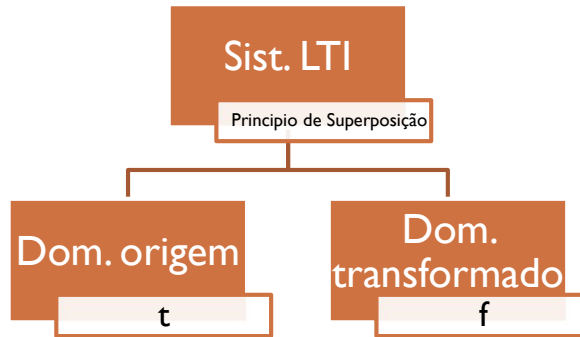
$$x[n] = \sum_{k=-\infty}^{\infty} x[k] \delta[n - k].$$

Soma ponderada de impulsos deslocados

$$y[n] = \sum_{k=-\infty}^{\infty} x[k] T\{\delta[n - k]\}$$

$h[n-k]$

$$y[n] = \sum_{k=-\infty}^{\infty} x[k] h[n - k]. \quad y[n] = x[n] * h[n].$$



Soma ponderada de sinais básicos

RI descreve completamente o sistema

$$\delta[n - k] = \begin{cases} 1, & \text{se } n = k \\ 0, & \text{se } n \neq k \end{cases}$$

$$x[n] = \sum_{k=-\infty}^{\infty} x[k]\delta[n - k].$$

$$y[n] = \sum_{k=-\infty}^{\infty} x[k]T\{\delta[n - k]\}$$

$$y[n] = \sum_{k=-\infty}^{\infty} x[k]h[n - k]. \quad y[n] = x[n] * h[n].$$

RI descreve completamente o sistema

Soma ponderada de impulsos deslocados

Sist. LTI

Princípio de Superposição

Dom. origem

t

Dom. transformado

f

Soma ponderada de sinais básicos

Uma classe importante de sistemas LIT consiste naqueles sistemas para os quais a entrada $x[n]$ e a saída $y[n]$ satisfazem uma equação de diferenças linear de N -ésima ordem com coeficientes constantes na forma

$$\sum_{k=0}^N a_k y[n - k] = \sum_{m=0}^M b_m x[n - m]$$

$$\delta[n - k] = \begin{cases} 1, & \text{se } n = k \\ 0, & \text{se } n \neq k \end{cases}$$

$$x[n] = \sum_{k=-\infty}^{\infty} x[k] \delta[n - k].$$

$$y[n] = \sum_{k=-\infty}^{\infty} x[k] T\{\delta[n - k]\}$$

$$y[n] = \sum_{k=-\infty}^{\infty} x[k] h[n - k]. \quad \boxed{y[n] = x[n] * h[n].}$$

Soma ponderada de impulsos deslocados

$h[n-k]$

$y[n] = x[n] * h[n].$

Sist. LTI

Princípio de Superposição

Dom. origem

t

Dom. transformado

f

Soma ponderada de sinais básicos

BONUS: autofunções de sistemas LTI

$e^{j\omega n}$

RI descreve completamente o sistema

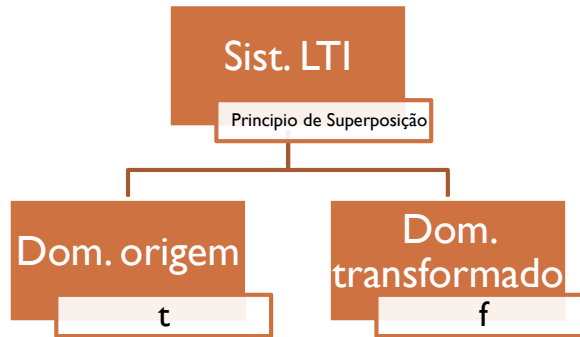
$$\delta[n - k] = \begin{cases} 1, & \text{se } n = k \\ 0, & \text{se } n \neq k \end{cases}$$

$$x[n] = \sum_{k=-\infty}^{\infty} x[k] \delta[n - k].$$

$$y[n] = \sum_{k=-\infty}^{\infty} x[k] T\{\delta[n - k]\}$$

$$y[n] = \sum_{k=-\infty}^{\infty} x[k] h[n - k]. \quad \boxed{y[n] = x[n] * h[n].}$$

RI descreve completamente o sistema



Soma ponderada de impulsos deslocados

Soma ponderada de **sinais básicos**

$$x[n] = e^{j\omega n}$$

$$y[n] = H(e^{j\omega}) e^{j\omega n}$$

$$H(e^{j\omega}) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} h[k] e^{-j\omega k} \quad \text{RF}$$

RF descreve completamente o sistema

$$\delta[n - k] = \begin{cases} 1, & \text{se } n = k \\ 0, & \text{se } n \neq k \end{cases}$$

$$x[n] = \sum_{k=-\infty}^{\infty} x[k] \delta[n - k].$$

$$y[n] = \sum_{k=-\infty}^{\infty} x[k] T\{\delta[n - k]\}$$

$$y[n] = \sum_{k=-\infty}^{\infty} x[k] h[n - k]. \quad \boxed{y[n] = x[n] * h[n].}$$

Soma ponderada de impulsos deslocados

$h[n-k]$

$y[n] = x[n] * h[n].$

Sist. LTI

Princípio de Superposição

Dom. origem

t

Dom. transformado

f

Soma ponderada de **sinais básicos**

$e^{j\omega}$

$$x[n] = e^{j\omega n}$$

$$y[n] = H(e^{j\omega}) e^{j\omega n}$$



$$x[n] = \sum_k \alpha_k e^{j\omega_k n}$$

$$y[n] = \sum_k \alpha_k H(e^{j\omega_k}) e^{j\omega_k n}$$

RI descreve completamente o sistema

$$\delta[n - k] = \begin{cases} 1, & \text{se } n = k \\ 0, & \text{se } n \neq k \end{cases}$$

$$x[n] = \sum_{k=-\infty}^{\infty} x[k]\delta[n - k].$$

$$y[n] = \sum_{k=-\infty}^{\infty} x[k]T\{\delta[n - k]\}$$

$$y[n] = \sum_{k=-\infty}^{\infty} x[k]h[n - k]. \quad \boxed{y[n] = x[n] * h[n].}$$

Soma ponderada de impulsos deslocados

$h[n-k]$

Sist. LTI

Princípio de Superposição

Dom. origem

t

Dom. transformado

f

Soma ponderada de sinais básicos

$e^{j\omega n}$

$$x[n] = e^{j\omega n}$$

$$y[n] = H(e^{j\omega})e^{j\omega n} \gggg$$

FOURIER

Como fazer para uma sequencia qualquer?

$$x[n] = \sum_k \alpha_k e^{j\omega_k n}$$

$$y[n] = \sum_k \alpha_k H(e^{j\omega_k}) e^{j\omega_k n}$$

RI descreve completamente o sistema

$$\delta[n - k] = \begin{cases} 1, & \text{se } n = k \\ 0, & \text{se } n \neq k \end{cases}$$

$$x[n] = \sum_{k=-\infty}^{\infty} x[k] \delta[n - k].$$

Soma ponderada de impulsos deslocados

$$y[n] = \sum_{k=-\infty}^{\infty} x[k] T\{\delta[n - k]\}$$

$$y[n] = \sum_{k=-\infty}^{\infty} x[k] h[n - k]. \quad \boxed{y[n] = x[n] * h[n].}$$

Sist. LTI

Princípio de Superposição

Dom. origem

t

Dom. transformado

f

Soma ponderada de **sinais básicos**

$e^{j\omega}$

$$x[n] = e^{j\omega n}$$

$$y[n] = H(e^{j\omega}) e^{j\omega n} \gggg$$

$$x[n] = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} X(e^{j\omega}) e^{j\omega n} d\omega$$

$$X(e^{j\omega}) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x[n] e^{-j\omega n}$$

FOURIER

Como fazer para uma sequencia qualquer?

$$x[n] = \sum_k \alpha_k e^{j\omega_k n}$$

$$y[n] = \sum_k \alpha_k H(e^{j\omega_k}) e^{j\omega_k n}$$

RI descreve completamente o sistema

$$\delta[n - k] = \begin{cases} 1, & \text{se } n = k \\ 0, & \text{se } n \neq k \end{cases}$$

$$x[n] = \sum_{k=-\infty}^{\infty} x[k] \delta[n - k].$$

Soma ponderada de impulsos deslocados

$$y[n] = \sum_{k=-\infty}^{\infty} x[k] T\{\delta[n - k]\}$$

$$y[n] = \sum_{k=-\infty}^{\infty} x[k] h[n - k]. \quad \boxed{y[n] = x[n] * h[n].}$$

Sist. LTI

Princípio de Superposição

Dom. origem

t

Dom. transformado

f

Soma ponderada de **sinais básicos**

$e^{j\omega n}$

$$x[n] = e^{j\omega n}$$

$$y[n] = H(e^{j\omega}) e^{j\omega n} \gggg$$

$$x[n] = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} X(e^{j\omega}) e^{j\omega n} d\omega$$

$$X(e^{j\omega}) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x[n] e^{-j\omega n}$$

FOURIER

Como fazer para uma sequencia qualquer?

$$x[n] = \sum_k \alpha_k e^{j\omega_k n}$$

$$y[n] = \sum_k \alpha_k H(e^{j\omega_k}) e^{j\omega_k n}$$

Definida para $x[n]$ limitado

COMPLEXA!

RI descreve completamente o sistema

$$\delta[n - k] = \begin{cases} 1, & \text{se } n = k \\ 0, & \text{se } n \neq k \end{cases}$$

$$x[n] = \sum_{k=-\infty}^{\infty} x[k] \delta[n - k].$$

Soma ponderada de impulsos deslocados

$$y[n] = \sum_{k=-\infty}^{\infty} x[k] T\{\delta[n - k]\}$$

$$y[n] = \sum_{k=-\infty}^{\infty} x[k] h[n - k]. \quad \boxed{y[n] = x[n] * h[n].}$$

Sist. LTI

Princípio de Superposição

Dom. origem

t

Dom. transformado

f

Soma ponderada de sinais básicos

$e^{j\omega}$

$$x[n] = e^{j\omega n}$$

$$y[n] = H(e^{j\omega}) e^{j\omega n} \gggg$$

Definição X
Propriedades
Teoremas

$$x[n] = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} X(e^{j\omega}) e^{j\omega n} d\omega$$

$$X(e^{j\omega}) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x[n] e^{-j\omega n}$$

FOURIER

Como fazer para uma sequencia qualquer?

$$x[n] = \sum_k \alpha_k e^{j\omega_k n}$$

$$y[n] = \sum_k \alpha_k H(e^{j\omega_k}) e^{j\omega_k n}$$

RI descreve completamente o sistema

- Representação domínio de origem

$$x[n] = \sum_{k=-\infty}^{\infty} x[k]\delta[n - k]$$

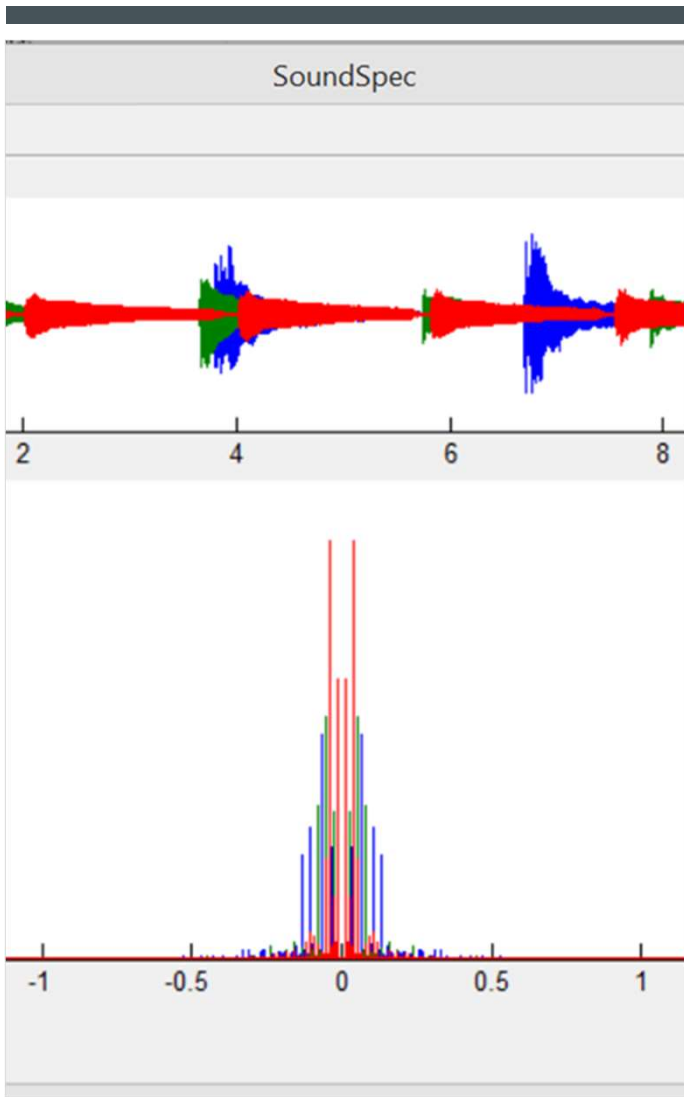
$$y[n] = \sum_{k=-\infty}^{\infty} x[k]h[n - k]$$

- Representação domínio transformado

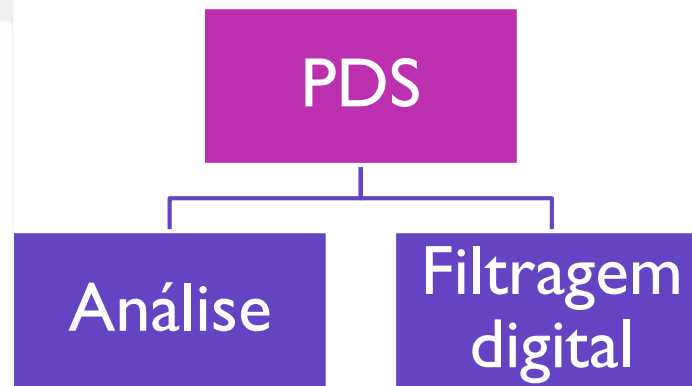
$$x[n] = \sum_k \alpha_k e^{j\omega_k n}$$

$$y[n] = \sum_k \alpha_k H(e^{j\omega_k}) e^{j\omega_k n}$$

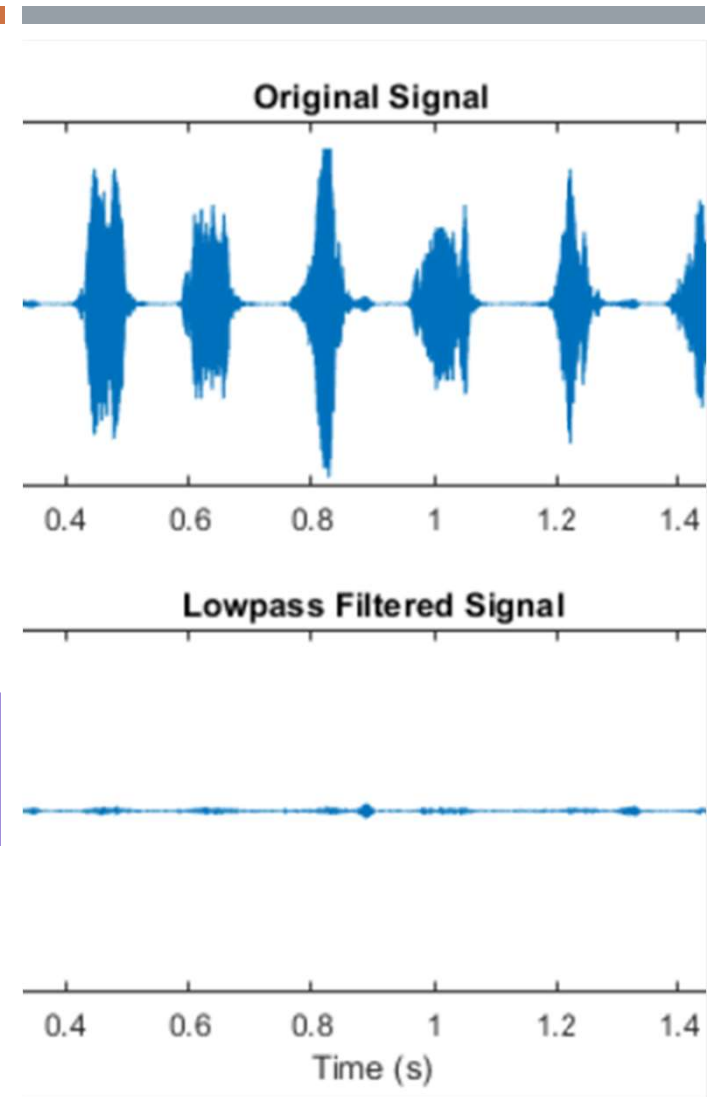




PROCESSAR UM SINAL



$$\sum_{k=0}^N a_k y[n-k] = \sum_{k=0}^M b_k x[n-k]$$



GENERALIZAÇÃO DA TF

TF

- $X(\omega) = X(e^{j\omega}) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x[n] e^{-j\omega n}$

Senóides complexas de módulo 1

Funciona para $x[n]$ limitada, somável

Não permite lidar com sinais não limitados

TZ

- $X(z) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x[n] z^{-n}$

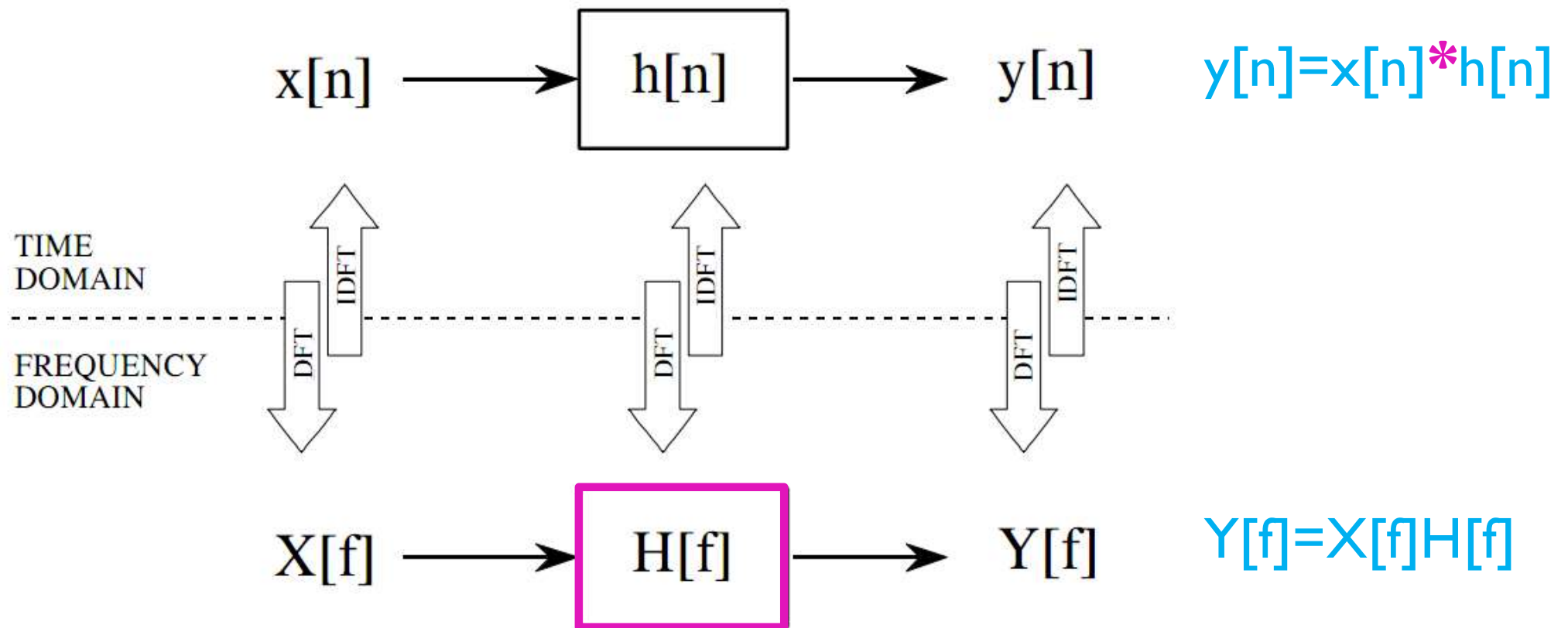
$$z = r e^{j\omega}$$

Senóides complexas de módulo r

Ao invés de falar em sequencia somável

falaremos em **região de convergencia** (ROC do ingles, ou RDC)

ANÁLISE DE SISTEMAS LTI NO DOMÍNIO TRANSFORMADO



$$\sum_{k=0}^N a_k y[n-k] = \sum_{l=0}^M b_l x[n-l] \quad \Rightarrow \quad y[n] + \sum_{k=1}^N a_k y[n-k] = \sum_{l=0}^M b_l x[n-l]$$

Aplicando **TZ**, temos

$$Y(z) + \sum_{k=1}^N a_k z^{-k} Y(z) = \sum_{l=0}^M b_l z^{-l} X(z) \quad \Rightarrow \quad H(z) \triangleq \frac{Y(z)}{X(z)} = \frac{\sum_{l=0}^M b_l z^{-l}}{1 + \sum_{k=1}^N a_k z^{-k}} = \frac{B(z)}{A(z)}$$

$$= \frac{b_0 z^{-M} \left(z^M + \dots + \frac{b_M}{b_0} \right)}{z^{-N} (z^N + \dots + a_N)}$$

$$Y(z) = H(z)X(z) \Rightarrow H(z) = \frac{Y(z)}{X(z)}$$

com $X(z) \neq 0$

$$H(z) = b_0 z^{N-M} \frac{\prod_{\ell=1}^M (z - z_{\ell})}{\prod_{k=1}^N (z - p_k)}$$

zeros
poles

ANÁLISE DE SISTEMAS LTI NO DOMÍNIO TRANSFORMADO

roots, poly, zplane, freqz, impz

- `roots` determina raízes de um polinômio
- `poly` obtém os coeficientes de um polinômio a partir de suas raízes
- `zplane(b,a)` faz um gráfico de polos e zeros dados os vetores **b** e **a**

`zplane`(b, a) where b and a are row vectors, first uses `roots` to find the zeros and poles of the transfer function represented by numerator coefficients b and denominator coefficients a. The transfer function is defined in terms of z^{-1} :

$$H(z) = \frac{B(z)}{A(z)} = \frac{b(1)+b(2)z^{-1}+\dots+b(n+1)z^{-n}}{a(1)+a(2)z^{-1}+\dots+a(m+1)z^{-m}}$$

roots, poly, zplane, freqz, impz

- freqz

Description

`[h,w] = freqz(b,a,n)` returns the n -point frequency response vector h and the corresponding angular frequency vector w for the digital filter with transfer function coefficients stored in b and a .

- impz

Description

`[h,t] = impz(b,a)` returns the impulse response of the filter with numerator coefficients, b , and denominator coefficients, a . `impz` chooses the number of samples and returns the response in the column vector, h , and the sample times in the column vector, t .
 $t = [0:n-1]'$ and $n = \text{length}(t)$ is computed automatically.

Exemplo

Considere o sistema causal

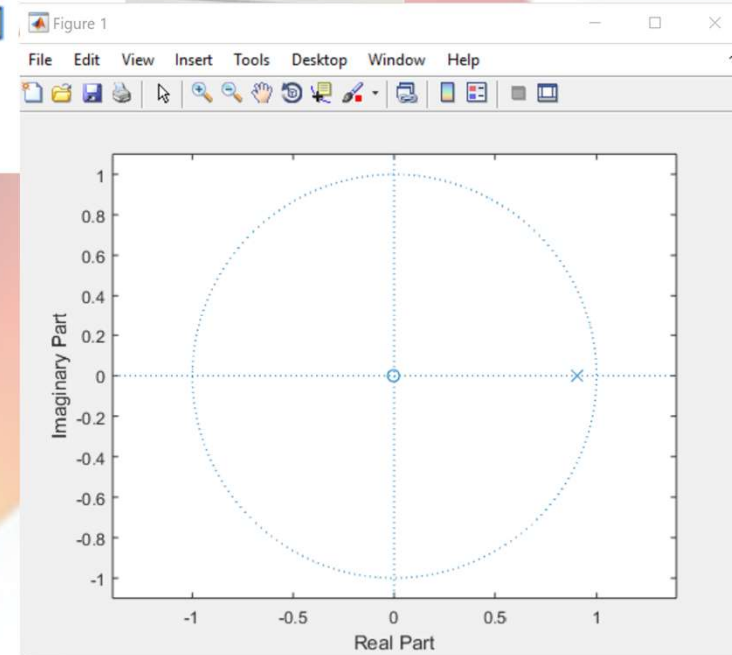
$$y[n] = 0.9y[n-1] + x[n]$$

- Determine $H(z)$ e esquematize seu diagrama de polos e zeros
- Faça o gráfico de $|H(e^{j\omega})|$ e $\angle H(e^{j\omega})$
- Determine a RI $h[n]$

a)

$$y[n] - 0.9y[n-1] = x[n] \quad H(z) = \frac{Y(z)}{X(z)}$$
$$Y(z) - 0.9z^{-1}Y(z) = X(z)$$
$$(1 - 0.9z^{-1})Y(z) = X(z)$$
$$\frac{Y(z)}{X(z)} = \frac{1}{1 - 0.9z^{-1}}$$
$$H(z) = \frac{1}{1 - 0.9z^{-1}} \quad \text{pois causal} \\ \text{ROC } |z| > 0.9$$

```
>> b=[1];a=[1,-0.9]
>> zplane(b,a)
>>
```



Exemplo

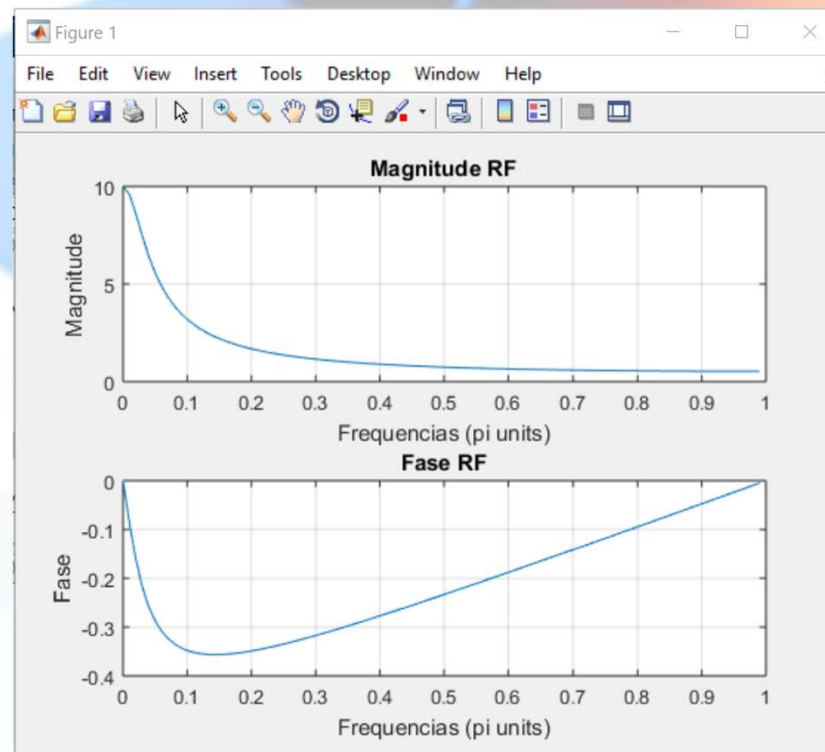
Considere o sistema causal

$$y[n] = 0.9y[n - 1] + x[n]$$

- Determine $H(z)$ e esquematize seu diagrama de polos e zeros
- Faça o gráfico de $|H(e^{j\omega})|$ e $\angle H(e^{j\omega})$
- Determine a RI $h[n]$

b)

```
b=[1];a=[1,-0.9];  
[H,w]=freqz(b,a,100);  
magH=abs(H);faseH=angle(H);  
subplot(2,1,1);plot(w/pi,magH);grid  
xlabel('Frequencias (pi units)');ylabel('Magnitude');title('Magnitude RF');  
subplot(2,1,2);plot(w/pi,faseH/pi);grid  
xlabel('Frequencias (pi units)');ylabel('Fase');title('Fase RF');
```



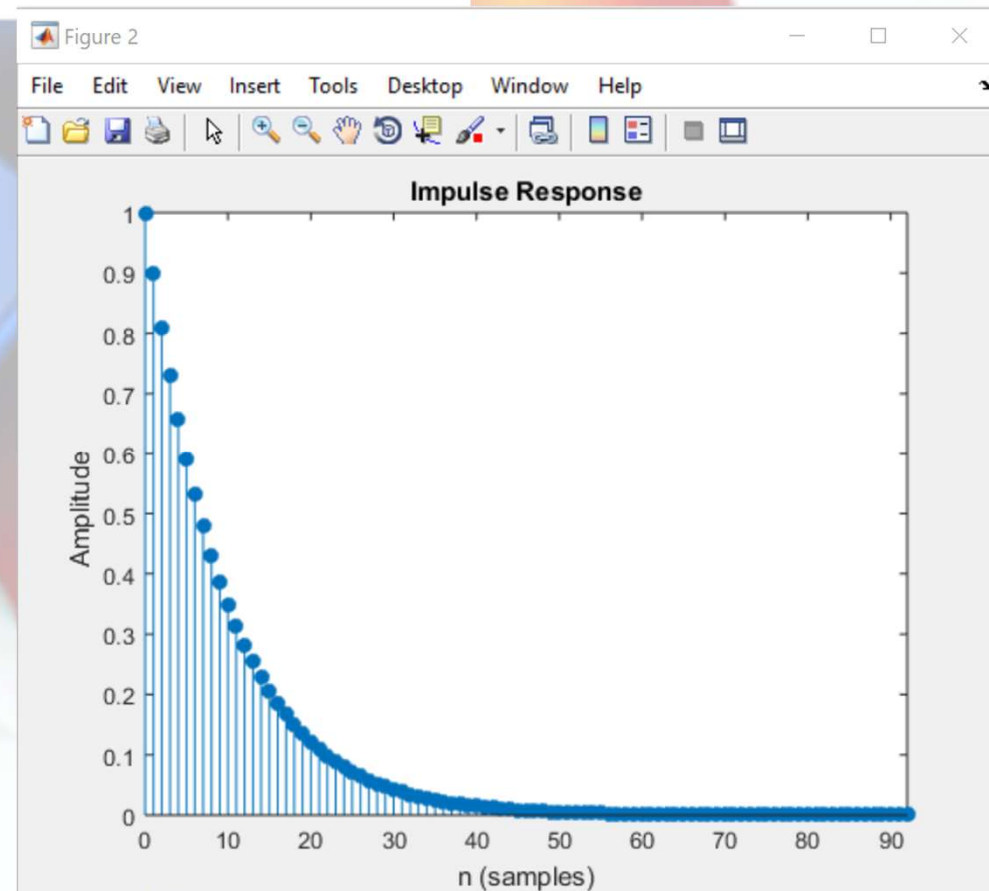
Exemplo

Considere o sistema causal
 $y[n] = 0.9y[n - 1] + x[n]$

- Determine $H(z)$ e esquematize seu diagrama de polos e zeros
- Faça o gráfico de $|H(e^{j\omega})|$ e $\angle H(e^{j\omega})$
- Determine a RI $h[n]$

$$c) \quad h(n) = \mathcal{Z}^{-1} \left[\frac{1}{1 - 0.9z^{-1}}, |z| > 0.9 \right] = (0.9)^n u(n)$$

```
8  
9 - figure(2); impz(b,a);  
0
```



Exemplo

Considere o sistema descrito pela seguinte equação de diferenças

$$y[n] - y[n - 1] + 0.9y[n - 2] = x[n]$$

Determine

- A RI $h[n]$ e faça seu gráfico para $n=[-20:100]$
- A resposta ao degrau, $s[n]$, para $n=[-20:100]$

a) $h[n]$

```
>> b = [1]; a = [1, -1, 0.9]; n = [-20:120];  
>> h = impz(b,a,n);  
>> subplot(2,1,1); stem(n,h);  
>> title('Impulse Response'); xlabel('n'); ylabel('h(n)')
```

b) $s[n]$

```
>> x = stepseq(0,-20,120); s = filter(b,a,x);  
>> subplot(2,1,2); stem(n,s);  
>> title('Step Response'); xlabel('n'); ylabel('s(n)')
```

Description

`y = filter(b, a, x)` filters the input data, `x`, using a rational transfer function defined by the numerator and denominator coefficients `b` and `a`, respectively.

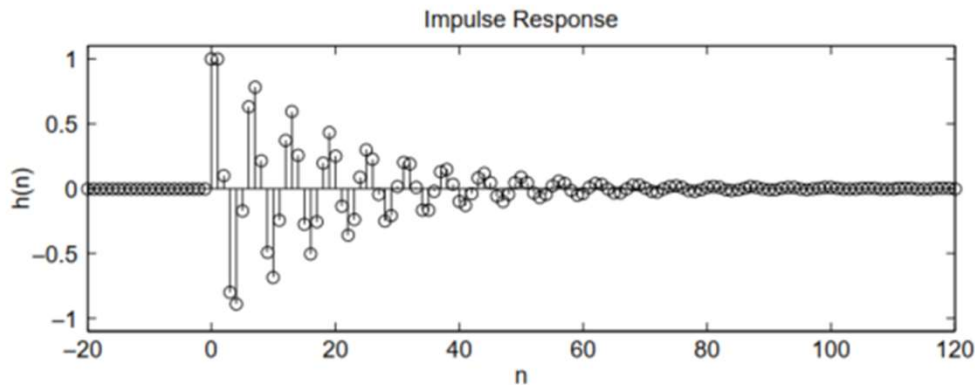
Exemplo

Considere o sistema descrito pela seguinte equação de diferenças

$$y[n] - y[n-1] + 0.9y[n-2] = x[n]$$

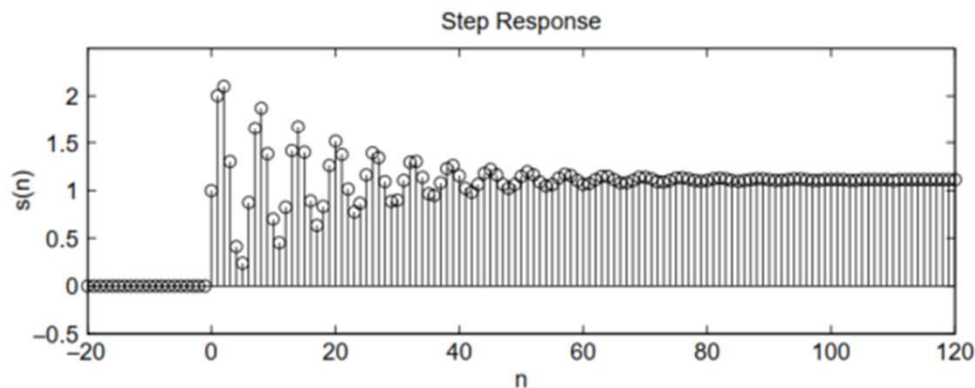
a) $h[n]$

```
>> b = [1]; a = [1, -1, 0.9]; n = [-20:120];  
>> h = impz(b,a,n);  
>> subplot(2,1,1); stem(n,h);  
>> title('Impulse Response'); xlabel('n'); ylabel('h(n)')
```

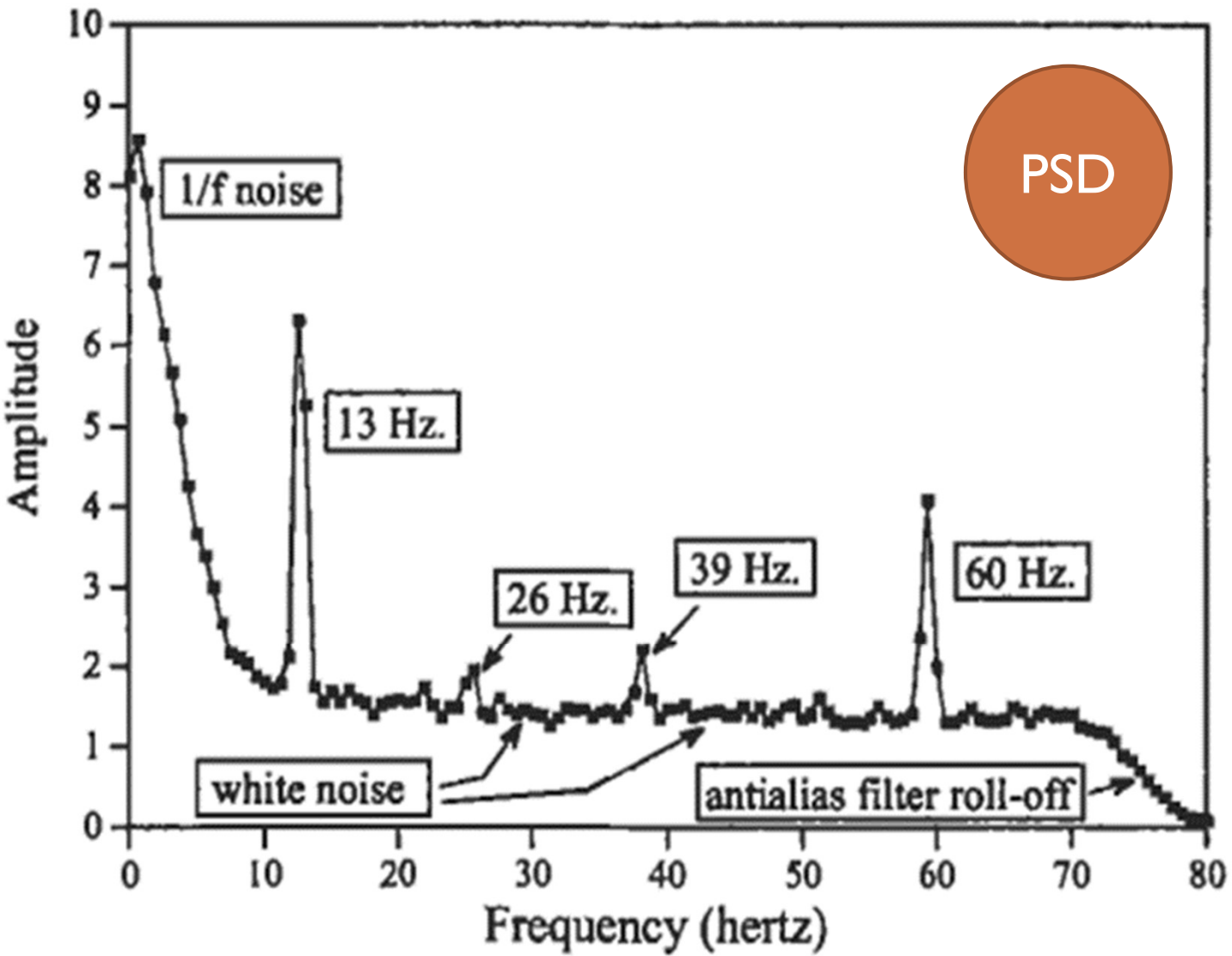


b) $s[n]$

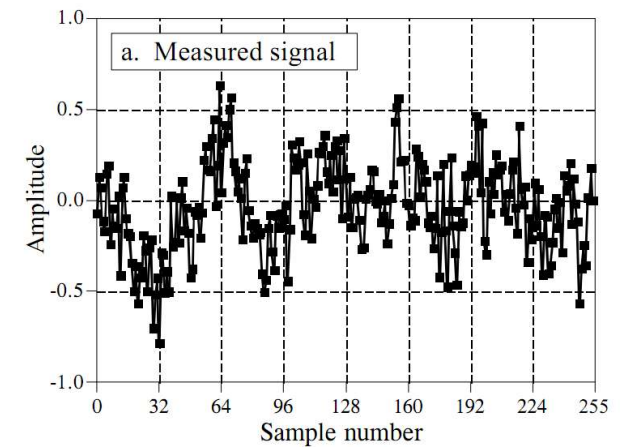
```
x = stepseq(0,-20,120); s = filter(b,a,x);  
subplot(2,1,2); stem(n,s)  
title('Step Response'); xlabel('n'); ylabel('s(n)')
```



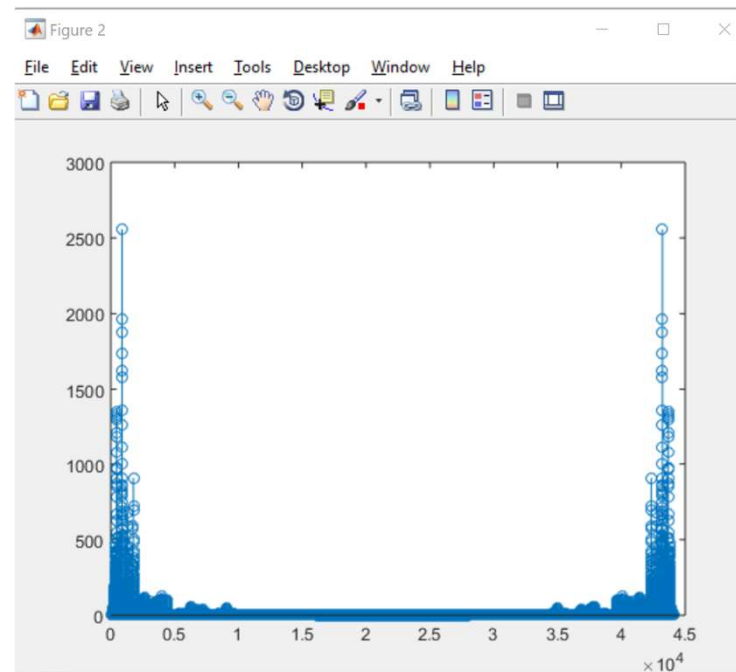
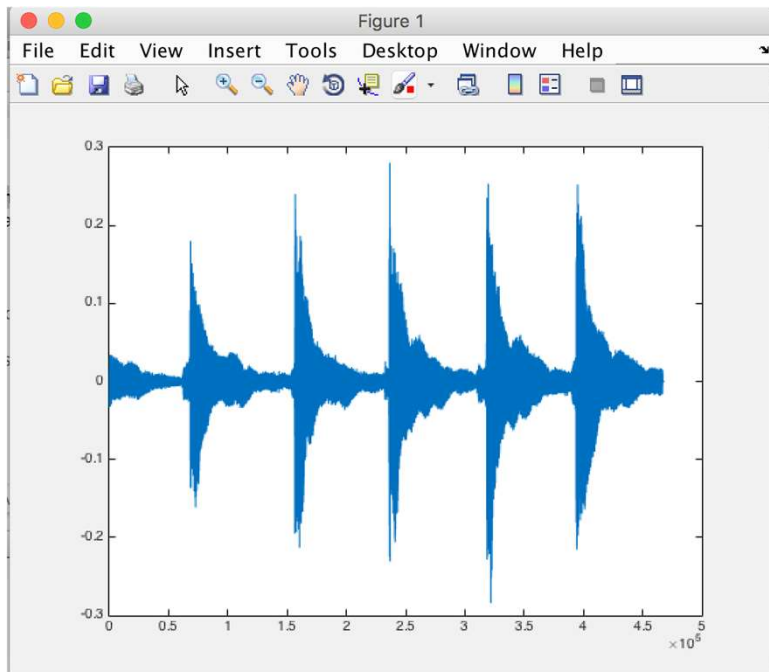
function defined by the numerator and



ANÁLISE DE SISTEMAS LTI NO DOMÍNIO TRANSFORMADO

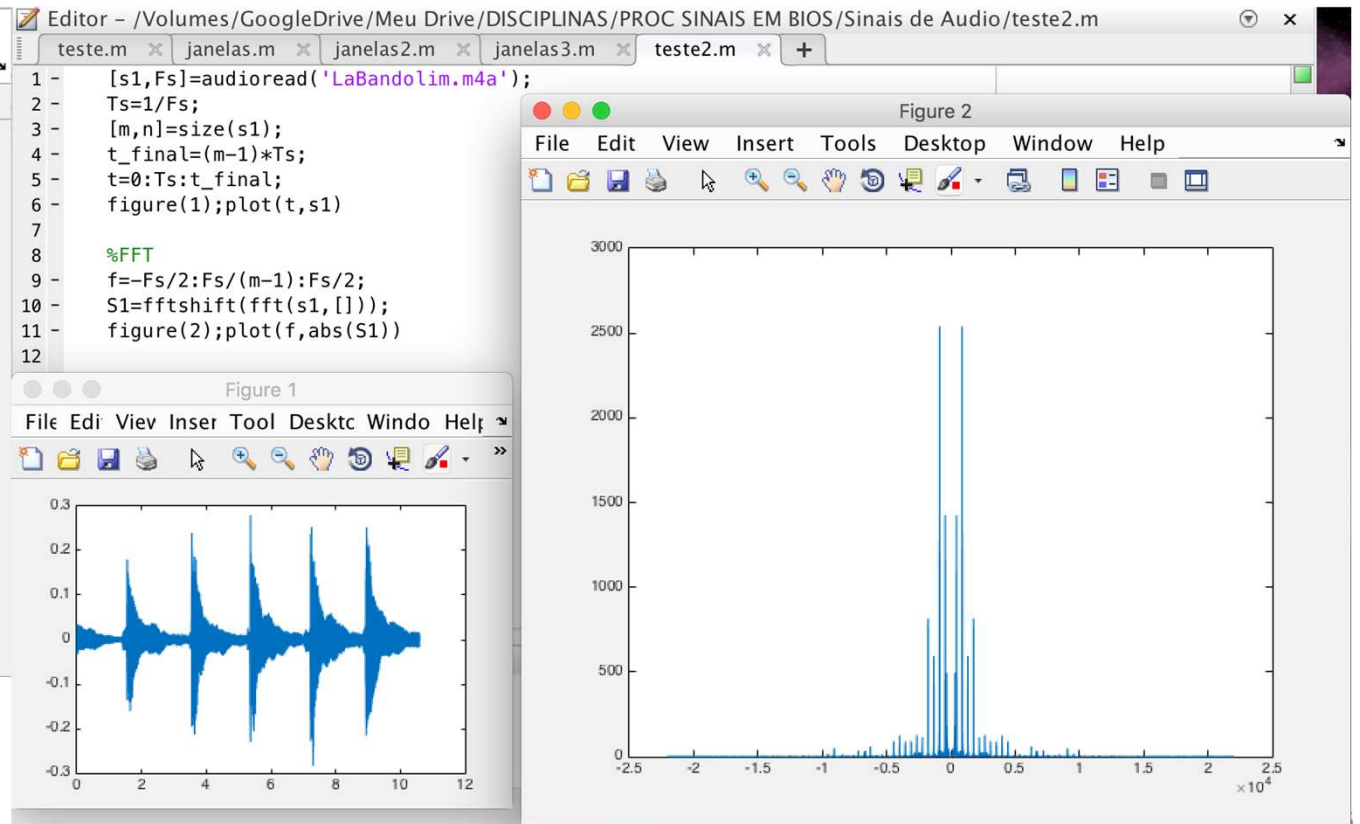
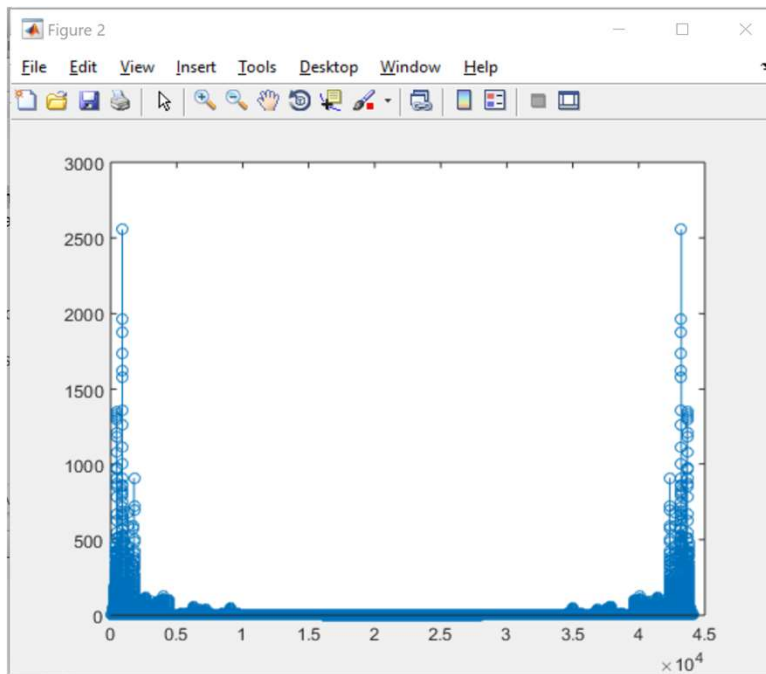


ANÁLISE DE SISTEMAS LTI NO DOMÍNIO TRANSFORMADO



FFT

ANÁLISE DE SISTEMAS LTI NO DOMÍNIO TRANSFORMADO



Sistema LTI

Entrada e saída satisfazem uma equação de diferenças

$$y[n] = \frac{1}{a_0} \left(\sum_{k=0}^M b_k x[n-k] - \sum_{k=1}^N a_k y[n-k] \right)$$



FILTRAGEM

RF pode ser usada para obter a equação de diferenças

RI ↔ **RF**

São descrições equivalentes do sistema

Sistema LTI

Entrada e saída satisfazem uma equação de diferenças

$$y[n] = \frac{1}{a_0} \left(\sum_{k=0}^M b_k x[n-k] + \sum_{k=1}^N a_k y[n-k] \right)$$



FILTRAGEM

RF pode ser usada para obter a equação de diferenças

RI ↔ **RF**

São descrições equivalentes do sistema

Interconexão de operações elementares

Soma

Multiplicação por constante

Atrasos

INTRODUÇÃO

$$y[n] = \frac{1}{a_0} \left(\sum_{k=0}^M b_k x[n-k] - \sum_{k=1}^N a_k y[n-k] \right)$$

= 0

Filtro implementado diretamente através de convolução

RI é finita

Filtros **FIR** (*Finite Impulse Response*)

Filtro convolução

≠ 0

Depende das amostras passadas

Filtros **IIR** (*Infinite Impulse Response*)

Filtro recursivo

INTRODUÇÃO

$$y[n] = \frac{1}{a_0} \left(\sum_{k=0}^M b_k x[n-k] - \sum_{k=1}^N a_k y[n-k] \right) \rightarrow y[n] = \sum_{k=0}^M b_k x[n-k]$$

= 0

Filtro implementado diretamente através de convolução

RI é finita

Filtros **FIR** (*Finite Impulse Response*)

Filtro convolução

≠ 0

Depende das amostras passadas

Filtros **IIR** (*Infinite Impulse Response*)

Filtro recursivo

INTRODUÇÃO

$$y[n] = \frac{1}{a_0} \left(\sum_{k=0}^M b_k x[n-k] - \sum_{k=1}^N a_k y[n-k] \right) \longrightarrow y[n] = \sum_{k=0}^M b_k x[n-k]$$


$$h[n] = \begin{cases} b_n & n = 0, 1, \dots, M, \\ 0 & \text{otherwise.} \end{cases}$$

$$y(n) = b_0 x(n) + b_1 x(n-1) + \dots + b_{M-1} x(n-M+1)$$

DESIGN FILTROS DIGITAIS

- Filtros digitais são uma classe particular de sistemas LTI
- Filtro seletor de frequência sugere algo que seleciona uma faixa de frequência e rejeita outras, mas filtros são mais que isso, **qualquer sistema que modifique frequências relativamente a outras é chamado filtro**

$$y[n] = \frac{1}{a_0} \left(\sum_{k=0}^M b_k x[n-k] - \sum_{k=1}^N a_k y[n-k] \right)$$

 **H(z)**

IIR

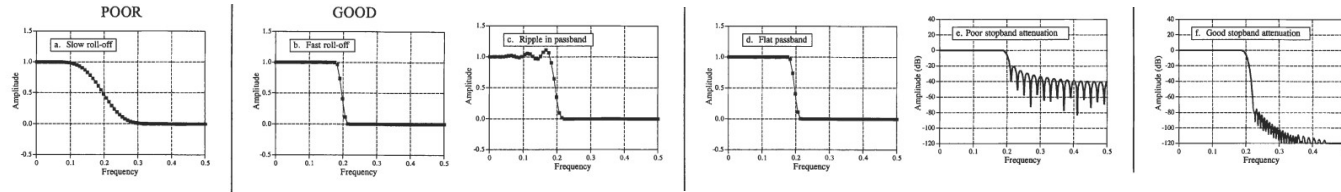
- H(z) aproximada por uma razão de polinômios

FIR

- H(z) aproximada por um polinômio

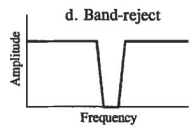
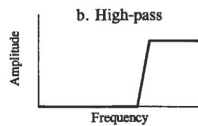
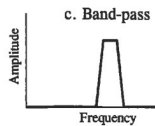
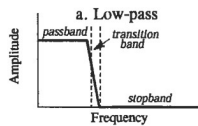
COMO FILTRAR UM SINAL?

- Depende da aplicação
- Características dos sinais de entrada e saída



Especificação das propriedades do sistema

- Forma, frequência de corte com base no filtro ideal



Gerar o núcleo do filtro

- Aproximação das propriedades por meio de uma sequência causal de tempo discreto que aproxime a RF desejada

$$y[n] = \frac{1}{a_0} \left(\sum_{k=0}^M b_k x[n-k] - \sum_{k=1}^N a_k y[n-k] \right)$$

$h[n]$

Avaliar a RF do filtro gerado em 2

- $H(z)$ aproxima corretamente o filtro ideal
- Parâmetros que determinam uma boa $H(z)$:
 - Roll-off
 - Ripple
 - Atenuação

$H(z)$

Filtrar o sinal

- Depende da tecnologia

$h[n]$

firls

Description

`b = firls(n,f,a)` returns row vector `b` containing the $n+1$ coefficients of an order- n FIR filter. The frequency and amplitude characteristics of the resulting filter match those given by vectors `f` and `a`.

[example](#)

`b = firls(n,f,a,w)` uses `w` to weigh the frequency bins.

[example](#)

`b = firls(__,ftype)` designs antisymmetric (odd) filters, where `ftype` specifies the filter as a differentiator or Hilbert transformer. You can use `ftype` with any of the previous input syntaxes.

[example](#)

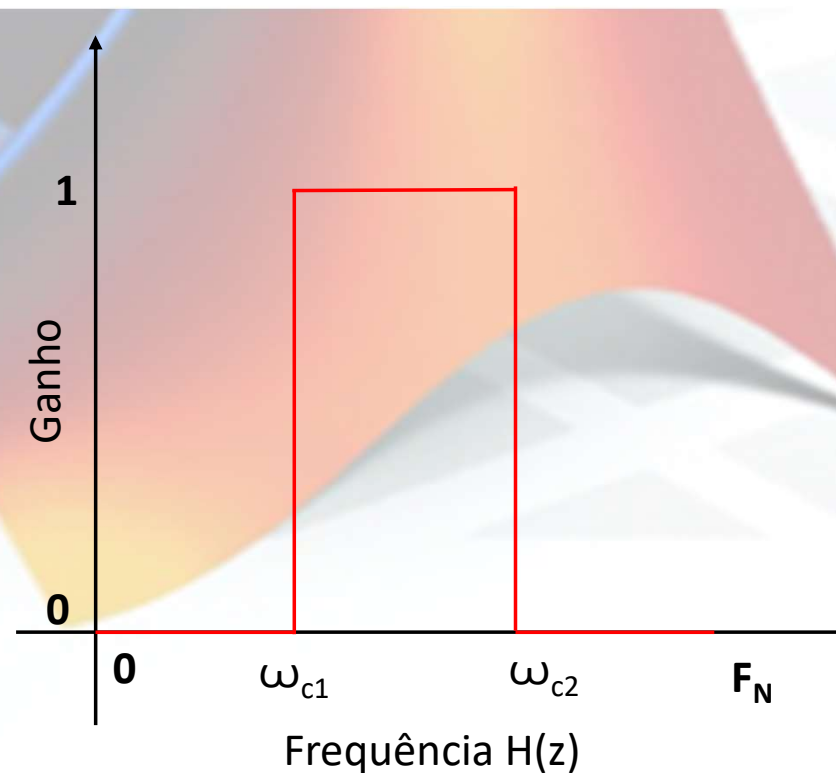
`b=firls(n,f,a)`

Ordem do filtro

Vetor de amplitudes (ganho)

Vetor de frequências

Design de filtros digitais
Exemplos fir



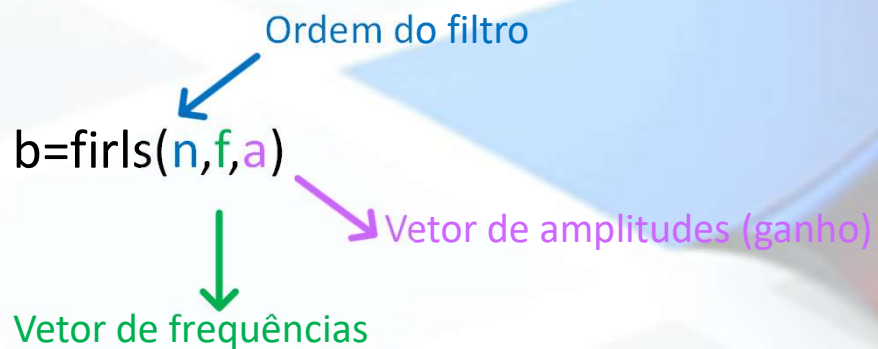
firls

Description

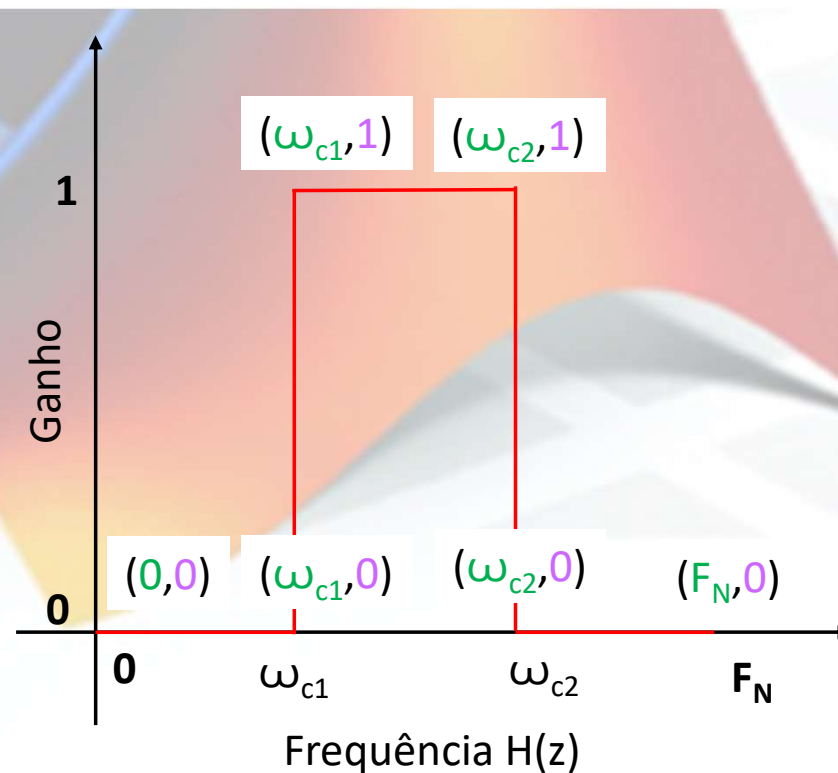
`b = firls(n,f,a)` returns row vector `b` containing the $n+1$ coefficients of an order- n FIR filter. The frequency and amplitude characteristics of the resulting filter match those given by vectors `f` and `a`. [example](#)

`b = firls(n,f,a,w)` uses `w` to weigh the frequency bins. [example](#)

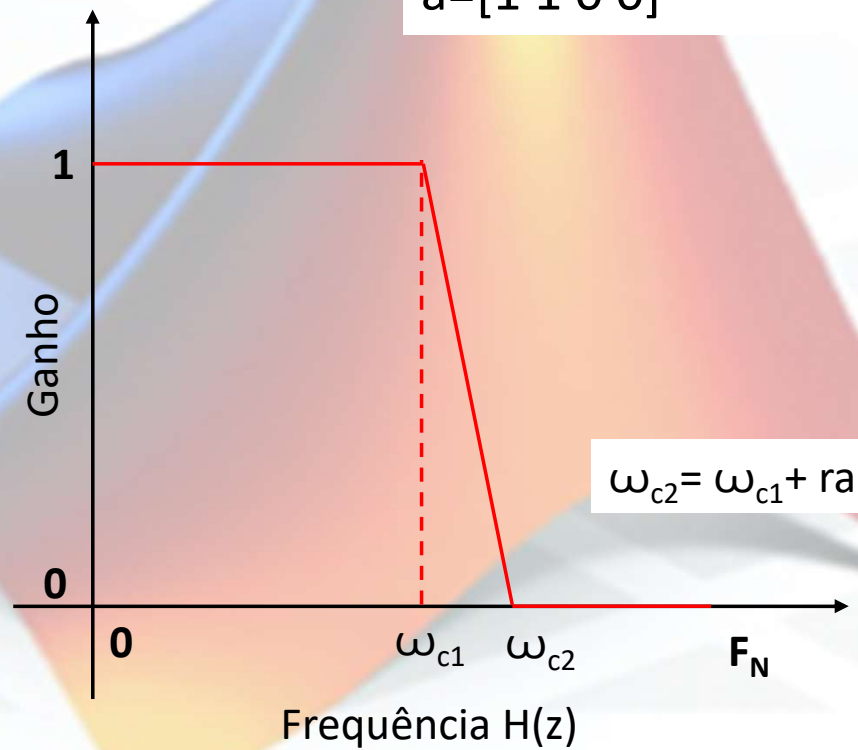
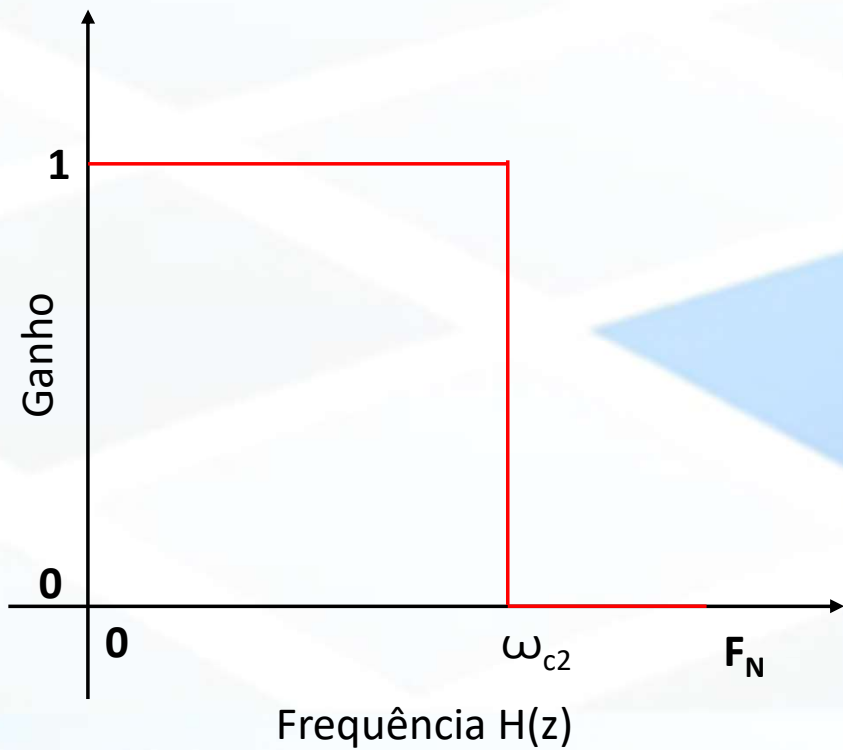
`b = firls(__,ftype)` designs antisymmetric (odd) filters, where `ftype` specifies the filter as a differentiator or Hilbert transformer. You can use `ftype` with any of the previous input syntaxes. [example](#)



$$f=[0 \ \omega_{c1} \ \omega_{c1} \ \omega_{c2} \ \omega_{c2} \ F_N]$$
$$a=[0 \ 0 \ 1 \ 1 \ 0 \ 0]$$

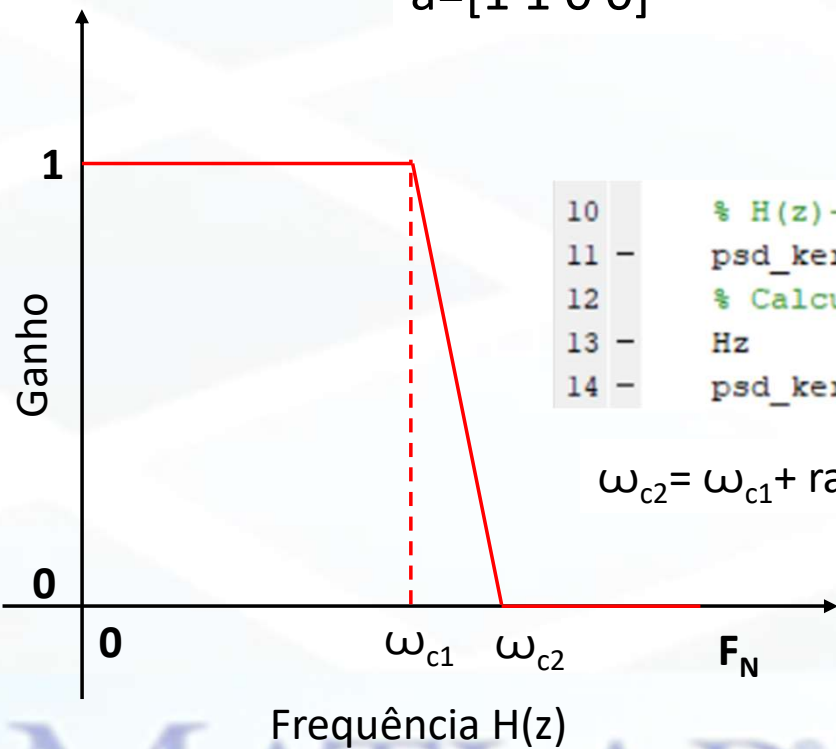


Filtro ideal



firls

$$f=[0 \ \omega_{c1} \ \omega_{c2} \ F_N]$$
$$a=[1 \ 1 \ 0 \ 0]$$



```
1 - clear
2 - Fs = 1024; % Hz
3 - nyquist = Fs/2;
4 - f = [0 0.25 0.3 1];
5 - a = [1 1 0 0];
6 - ordem=50;
7 - % filter kernel
8 - kern = firls(ordem,f,a);
```

```
10 - % H(z)- PSD do kernel
11 - psd_kern = abs(fft(kern)).^2;
12 - % Calcula o vetor de frequencias e exhibe apenas a parte positiva (simetria)
13 - Hz = linspace(0,Fs/2,floor(length(kern)/2)+1);
14 - psd_kern = psd_kern(1:length(Hz));
```

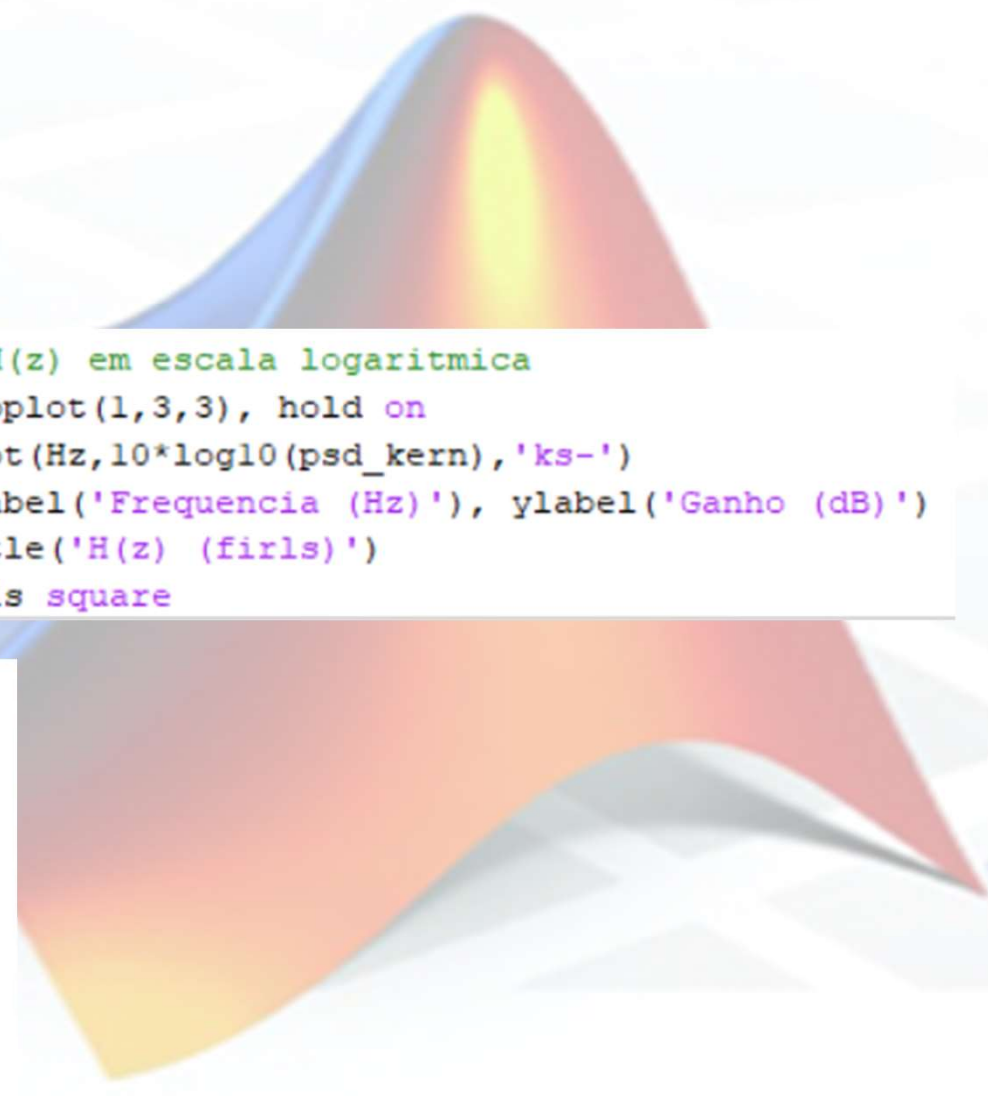
MATLAB®

firls

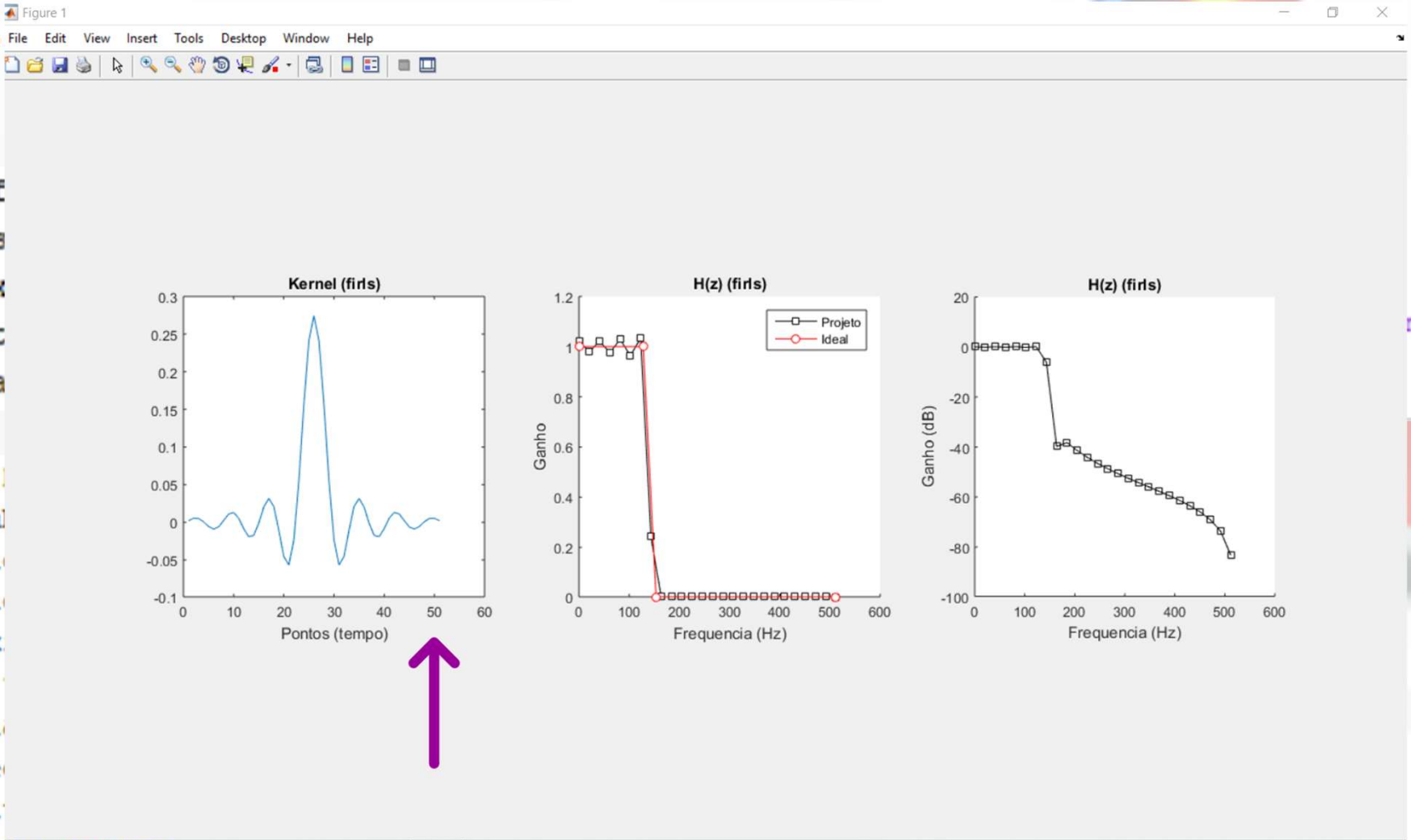
```
16 - figure(1);
17 - subplot(1,3,1);plot(kern)
18 - xlabel('Pontos (tempo)')
19 - title('Kernel (firls)')
20 - axis square
```

```
22 - % H(z) (PSD)
23 - subplot(1,3,2), hold on
24 - plot(Hz,psd_kern,'ks-','markerfacecolor','w')
25 - plot(f*nyquist,a,'ro-','markerfacecolor','w')
26 - axis square
27 - % titulo, legenda
28 - xlabel('Frequencia (Hz)'), ylabel('Ganho')
29 - legend({'Projeto';'Ideal'})
30 - title('H(z) (firls)')
31 - axis square
```

```
33 - % H(z) em escala logaritmica
34 - subplot(1,3,3), hold on
35 - plot(Hz,10*log10(psd_kern),'ks-')
36 - xlabel('Frequencia (Hz)'), ylabel('Ganho (dB)')
37 - title('H(z) (firls)')
38 - axis square
```



firls



```
16 - f
17 - s
18 - x
19 - t
20 - a
```

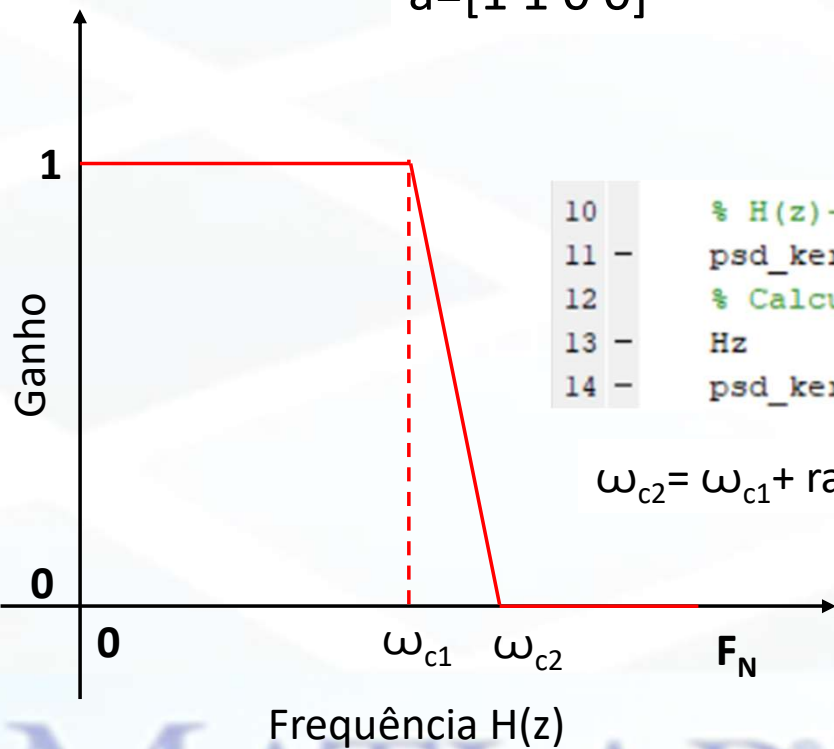
```
22 - %
23 - su
24 - pl
25 - pl
26 - ax
27 - %
28 - xl
29 - le
30 - ti
31 - axis square
```

anho (dB)')

Filtro ideal

$$f=[0 \ \omega_{c1} \ \omega_{c2} \ F_N]$$

$$a=[1 \ 1 \ 0 \ 0]$$



```
1 - clear
2 - Fs = 1024; % Hz
3 - nyquist = Fs/2;
4 - f = [0 0.25 0.3 1];
5 - a = [1 1 0 0];
6 - ordem=50; ←
7 - % filter kernel
8 - kern = firls(ordem,f,a);
```

```
10 % H(z)- PSD do kernel
11 - psd_kern = abs(fft(kern)).^2;
12 % Calcula o vetor de frequencias e exhibe apenas a parte positiva (simetria)
13 - Hz = linspace(0,Fs/2,floor(length(kern)/2)+1);
14 - psd_kern = psd_kern(1:length(Hz));
```

MATLAB®

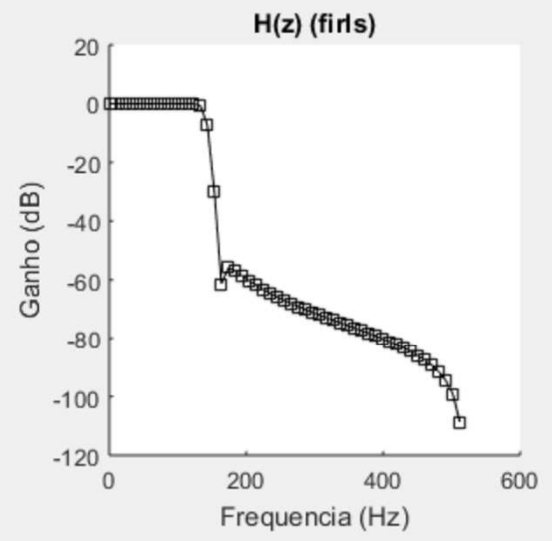
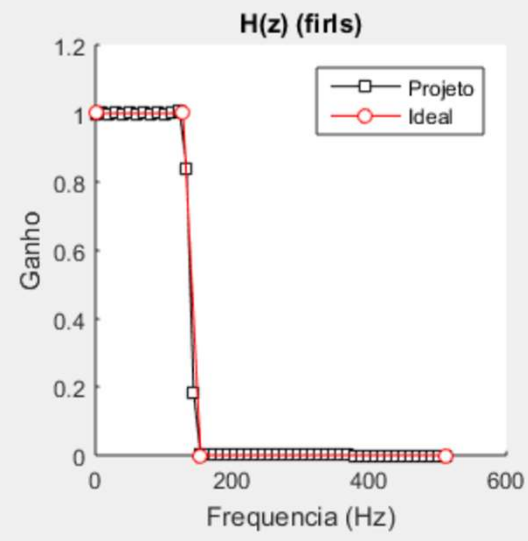
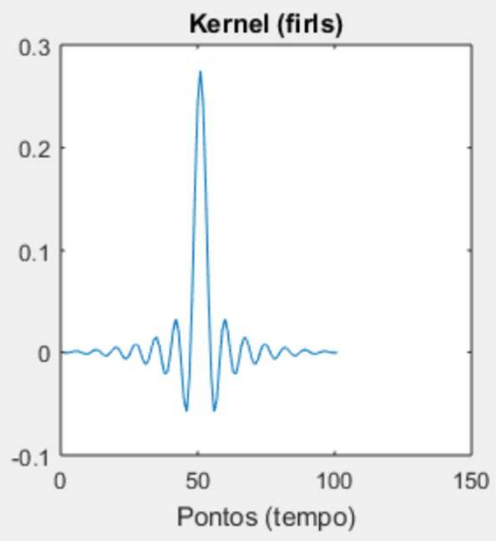
1 - clear

Figure 1

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help



Ganho
1
0
0



etria)

```
1 - clear
```

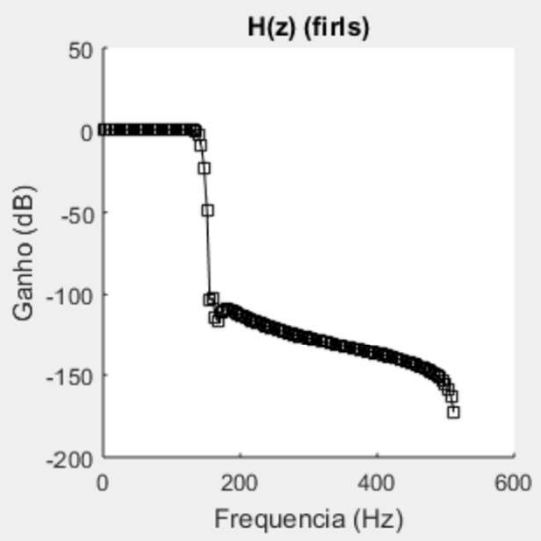
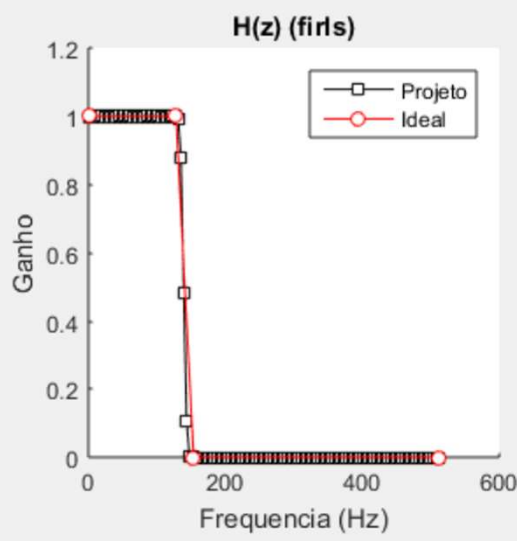
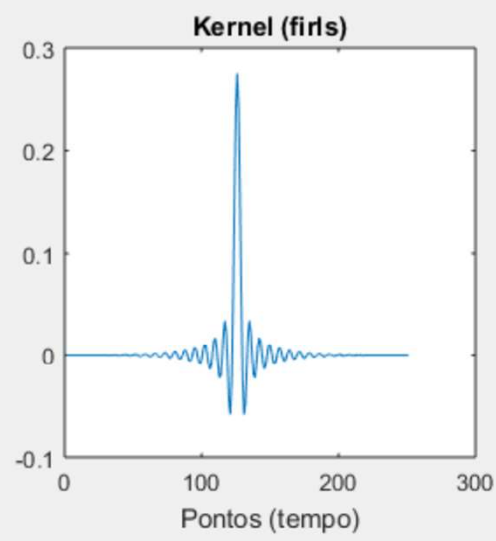


Ganho

1

0

0



etria)

1 - clear

Figure 1

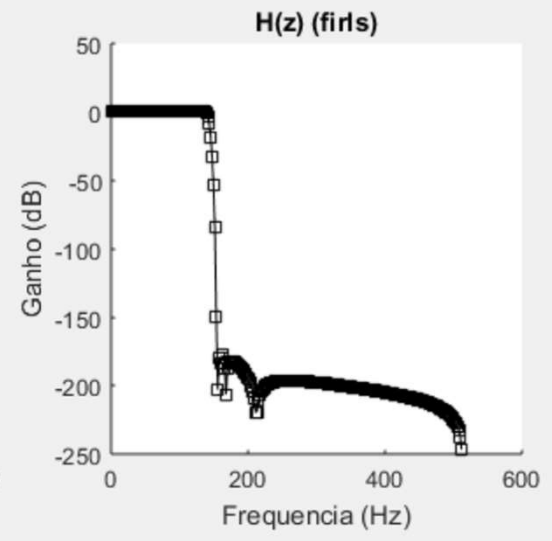
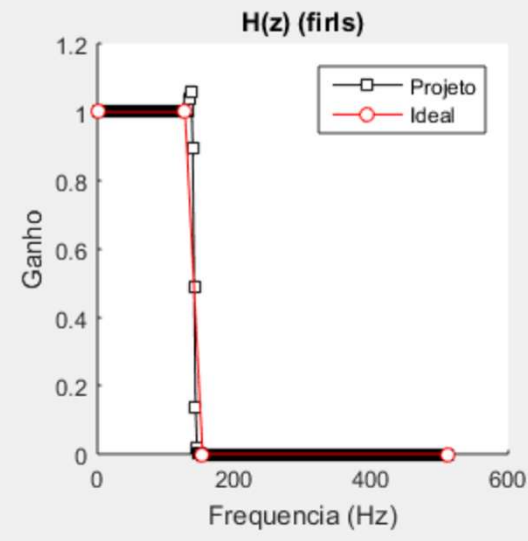
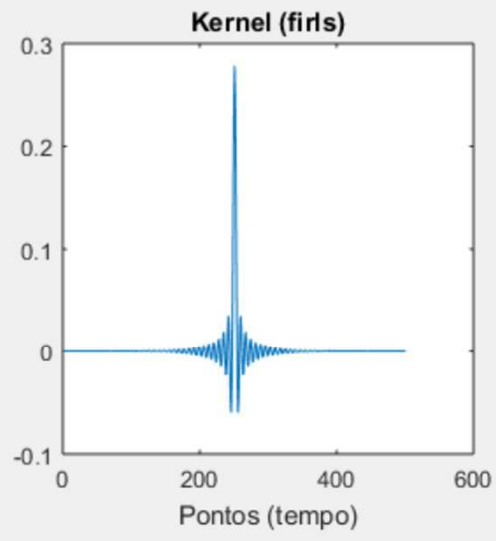
File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

Ganho

1

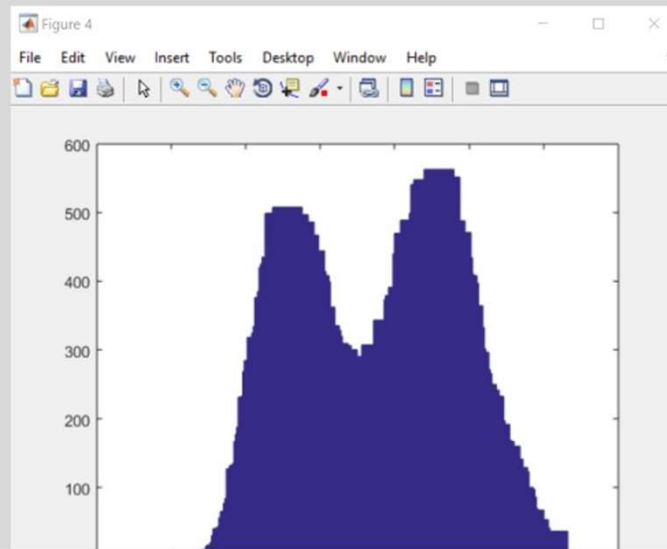
0

0



etria)





4. SINAIS 2D.

Processamento der imagens

O QUE É UMA IMAGEM?

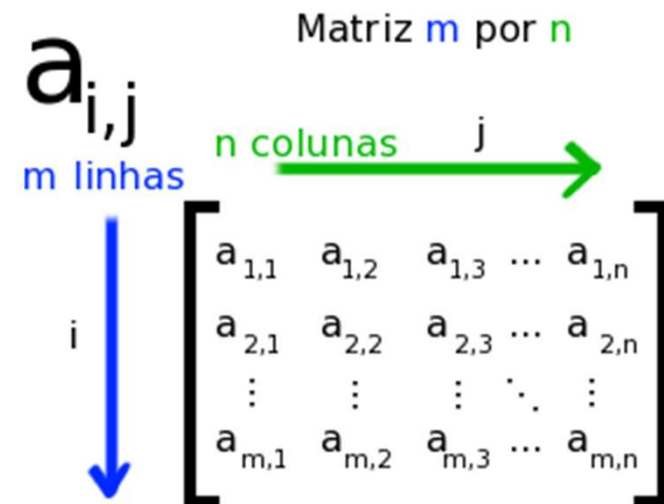


Matriz

Arranjo bidimensional

Função bidimensional da intensidade

$$f(x, y)$$



Esta Foto de Autor Desconhecido está licenciado em [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)

IMAGEM

O QUE É UMA IMAGEM?



Matriz

Arranjo bidimensional

Função bidimensional da intensidade

$$f(x, y)$$

Origem da imagem

Imagem digital

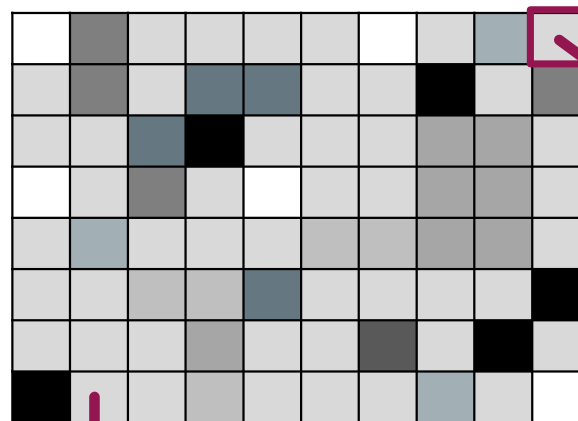
$$f(x, y) = \begin{bmatrix} f(0, 0) & f(0, 1) & \dots & f(0, N - 1) \\ f(1, 0) & f(1, 1) & \dots & f(1, N - 1) \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ f(M - 1, 0) & f(M - 1, 1) & \dots & f(M - 1, N - 1) \end{bmatrix}$$

Pixel

(cada elemento da imagem)

IMAGEM

O QUE É UMA IMAGEM?



Pixel

Intensidade

Matri

Arranjo bidimensional

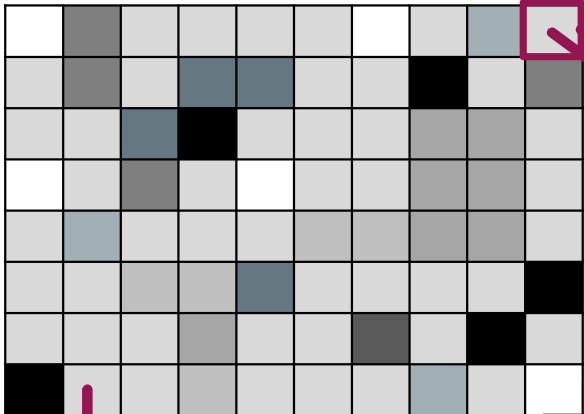
Função bidimensional da intensidade

Intensidade

ESCALA DE CINZA

ESCALA DE CINZA

PIXEL



Pixel

Intensidade

- REPRESENTAÇÃO - ESCALA DE CINZA (L)
- ILUMINANCIA REFELTANCIA
- FORMAÇÃO DA IMAGEM

Matriz **Arranjo bidimensional**
Função bidimensional da intencidade

Intensidade **ESCALA DE CINZA** $[L_{min}, L_{max}]$
 $L_{min} \leq l \leq L_{max}$

$$f(x, y) = \begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \dots & f(0, N-1) \\ f(1,0) & f(1,1) & \dots & f(1, N-1) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ f(M-1,0) & f(M-1,1) & \dots & f(M-1, N-1) \end{bmatrix}$$

Depende da fonte de iluminação

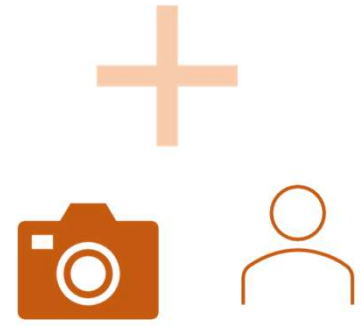
$f(x,y)=i(x,y)$
 $r(x,y)$

$0 < i(x,y) < \infty$ Depende das características dos objetos

$0 < r(x,y) < 1$

Absorção total **refletância total**

Limites teóricos



MODELO SIMPLIFICADO DE IMAGEM

Fonte	$i(x,y)$ lm/m^2
Sol em dia claro	90000
Sol em dia nublado	10000
Lua em noite clara	0,1
Escritório comercial	1000

Objeto	$r(x,y)$
Veludo preto	0,01
Aço inoxidável	0,65
Tinta branca em parede plana	0,80
Metal prateado	0,90
Neve	0,93

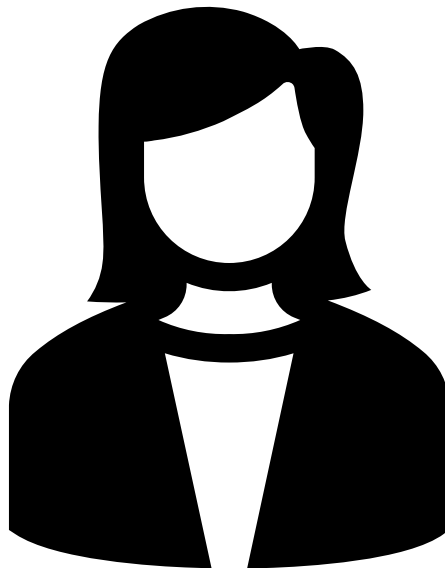
$$f(x,y) = i(x,y) \cdot r(x,y)$$

$$r(x,y)$$

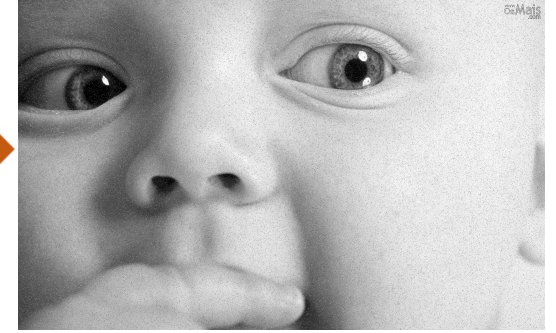
$$0 < i(x,y) < \infty$$

$$0 < r(x,y) < 1$$

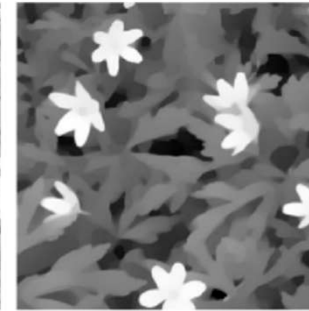
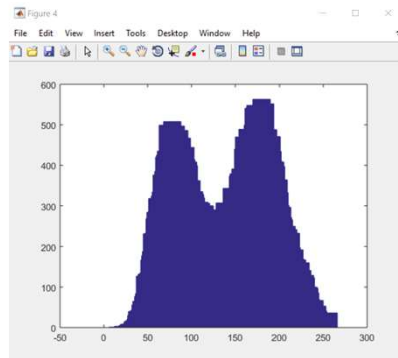
O QUE É PROCESSAR UMA IMAGEM?



BAIXO



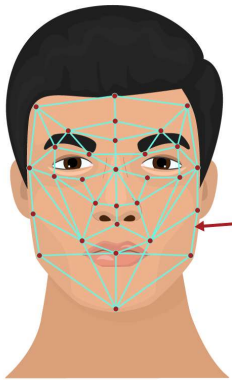
MÉDIO



ATRIBUTOS DA IMAGEM

Ribeiro, Sergio. (2015). EXTRAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS DE IMAGENS APLICADA À DETECÇÃO DE GRÃOS ARDIDOS DE MILHO. 10.13140/RG.2.2.19718.27209.

ALTO



CAPTURING
Identifies details of a face.



CREATING FACEPRINT
Converts details into a unique digital representation.

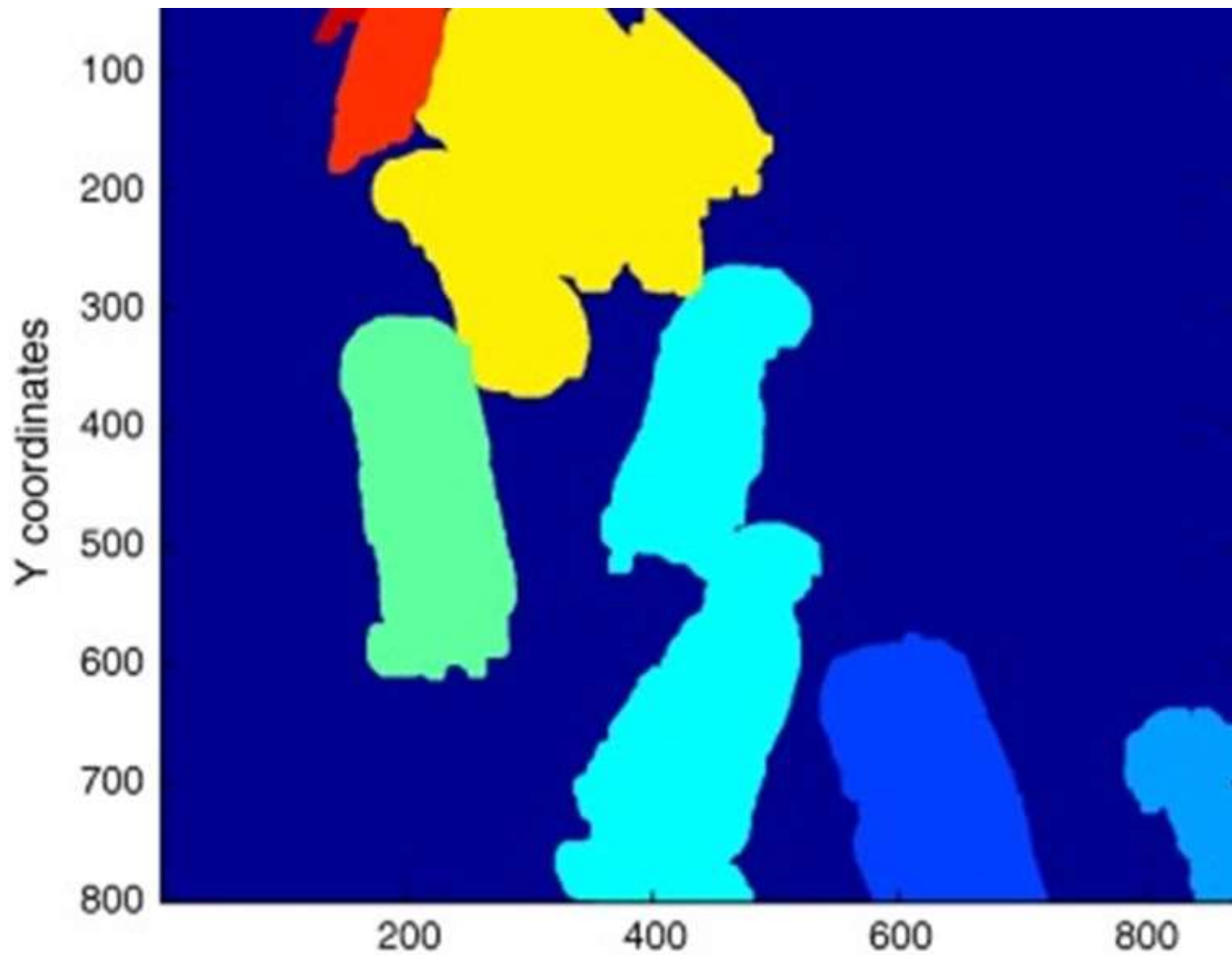


MATCHING
Compares faceprint to databases to try to find a match.

UNIQUE FACIAL DATA

Identificar a pessoa
Dar/negar acesso

Dar sentido às imagens
Realizar tarefas que são tipicamente associadas à visão



5.APLICAÇÕES.

Exemplos de PDS e PDI no Agro.

<https://doi.org/10.1017/S175173111900199X>



Review: Precision livestock farming: building 'digital representations' to bring the animals closer to the farmer

T. Norton^{1†}, C. Chen¹, M. L. V. Larsen^{1,2} and D. Berckmans^{1,3}

¹MJ BORES - Measure, Model and Manage Bioresponses, Division Animal and Human Health Engineering, Department of Biosystems, KU Leuven, Kasteelpark Arenberg 30, B-3001 Leuven, Belgium; ²Department of Animal Science, Aarhus University, Blichers Allé 20, 8830 Tjele, Denmark; ³BioRCS NV, Technologieaan 3, 3001 Leuven, Belgium

(Received 26 May 2019; Accepted 29 July 2019; First published online 13 September 2019)

Economic pressures continue to mount on modern-day livestock farmers, forcing them to increase herds sizes in order to be commercially viable. The natural consequence of this is to drive the farmer and the animal further apart. However, closer attention to the animal not only positively impacts animal welfare and health but can also increase the capacity of the farmer to achieve a more sustainable production. State-of-the-art precision livestock farming (PLF) technology is one such means of bringing the animals closer to the farmer in the facing of expanding systems. Contrary to some current opinions, it can offer an alternative philosophy to 'farming by numbers'. This review addresses the key technology-oriented approaches to monitor animals and demonstrates how image and sound analyses can be used to build 'digital representations' of animals by giving an overview of some of the core concepts of PLF tool development and value discovery during PLF implementation. The key to developing such a representation is by measuring important behaviours and events in the livestock buildings. The application of image and sound can realise more advanced applications and has enormous potential in the industry. In the end, the importance lies in the accuracy of the developed PLF applications in the commercial farming system as this will also make the farmer embrace the technological development and ensure progress within the PLF field in favour of the livestock animals and their well-being.

Keywords: livestock production; image analysis; sound analysis; technology

Implications

This work address the main approaches utilised in developing precision livestock farming tools. Precision livestock farming is an approach that enables the farmer with more objective information about the animal to make better choices about the sustainability of their production system. This paper demonstrates some of the key solutions and the approaches taken to develop technologies with sound and image analyses.

Introduction

Economic pressures continue to mount on modern-day livestock farmers. Most farmers now find themselves in a situation where they, in order to maintain their livelihood, must exploit the economies of scale. As a result, those who are surviving often have limited time to interact with their animals. Meanwhile, attention to animal welfare has heightened and stakeholders in the livestock sector are more conscious about managing and slaughtering animals in more welfare-friendly ways

[†] E-mail: tomas.norton@kuleuven.be

(Blokhuys et al., 2019). Society in general is demanding closer attention to the needs of individual animal. Thus, for the case of the most intensive livestock sectors, and especially for poultry and pig production (where a large number of animals per farm is involved), the gap between societal and production demands is widening. However, most of the society do not realise that taking good care of the animals is essential to achieve good productivity, health and welfare. Closer attention to the individual animal's needs does impact not only animal welfare and health but also the capacity of the farmer to achieve sustainability (economic, environmental and societal) targets.

Technology, which is developing at a rapid pace, is enabling a better interaction between animal and farmer despite the challenges faced. Twenty years ago, the ability to carry a personal computer was a novel experience, yet nowadays we have more powerful devices that fit in the pocket. This evolution in the information and communication technologies (ICTs) has had a significant impact on the agricultural industry too. Crop and horticultural production have for the last number of years witnessed an explosion of new software systems, monitoring devices and machines that exploit

As pressões económicas continuam a aumentar sobre os criadores de gado modernos, forçando-os a aumentar o tamanho dos rebanhos para que sejam comercialmente viáveis. A consequência natural disto é afastar ainda mais o agricultor e o animal. No entanto, uma maior atenção ao animal não só tem um impacto positivo no bem-estar e saúde animal, como também pode aumentar a capacidade do agricultor para alcançar uma produção mais sustentável. A tecnologia de ponta da pecuária de precisão (PLF) é um desses meios de aproximar os animais do agricultor na face de sistemas em expansão. Ao contrário de algumas opiniões atuais, pode oferecer uma filosofia alternativa à "agricultura por números". Esta análise aborda as principais abordagens tecnológicas para monitorar os animais e demonstra como as análises de imagem e som podem ser utilizadas para construir 'representações digitais' dos animais, dando uma visão geral de alguns dos conceitos centrais do desenvolvimento da ferramenta PLF e da descoberta de valores durante a implementação da PLF. A chave para desenvolver tal representação é medir comportamentos e eventos importantes nas construções rurais. A aplicação da imagem e do som pode realizar aplicações mais avançadas e tem um enorme potencial na indústria. No final, a importância reside na precisão das aplicações de PLF desenvolvidas no sistema de agricultura comercial, uma vez que isto também fará com que o agricultor abrace o desenvolvimento tecnológico e assegure o progresso no campo da PLF a favor dos animais de pecuária e do seu bem-estar.



Review: Precision livestock farming: building 'digital representations' to bring the animals closer to the farmer

T. Norton^{1*}, C. Chen¹, M. L. V. Larsen^{1,2} and D. Berckmans^{1,3}

¹M3 BIORIS - Measure, Model and Manage Bioresponses, Division Animal and Human Health Engineering, Department of Biosystems, KU Leuven, Kasteelpark Arenberg 30, B-3001 Leuven, Belgium; ²Department of Animal Science, Aarhus University, Blichers Allé 20, 8830 Tjele, Denmark; ³BioRCS NV, Technologieaan 3, 3001 Leuven, Belgium

(Received 26 May 2019; Accepted 29 July 2019; First published online 13 September 2019)

Economic pressures continue to mount on modern-day livestock farmers, forcing them to increase herd sizes in order to be commercially viable. The natural consequence of this is to drive the farmer and the animal further apart. However, closer attention to the animal not only positively impacts animal welfare and health but can also increase the capacity of the farmer to achieve a more sustainable production. State-of-the-art precision livestock farming (PLF) technology is one such means of bringing the animals closer to the farmer in the face of expanding systems. Contrary to some current opinions, it can offer an alternative philosophy to 'farming by numbers'. This review addresses the key technology-oriented approaches to monitor animals and demonstrates how image and sound analyses can be used to build 'digital representations' of animals by giving an overview of some of the core concepts of PLF tool development and value discovery during PLF implementation. The key to developing such a representation is by measuring important behaviours and events in the livestock buildings. The application of image and sound can realise more advanced applications and has enormous potential in the industry. In the end, the importance lies in the accuracy of the developed PLF applications in the commercial farming system as this will also make the farmer embrace the technological development and ensure progress within the PLF field in favour of the livestock animals and their well-being.

Key words: livestock, production, image, analysis, sound, analysis, technology

Implications

This work addresses the main approaches utilised in developing precision livestock farming tools. Precision livestock farming is an approach that enables the farmer with more objective information about the animal to make better choices about the sustainability of their production system. This paper demonstrates some of the key solutions and the approaches taken to develop technologies with sound and image analyses.

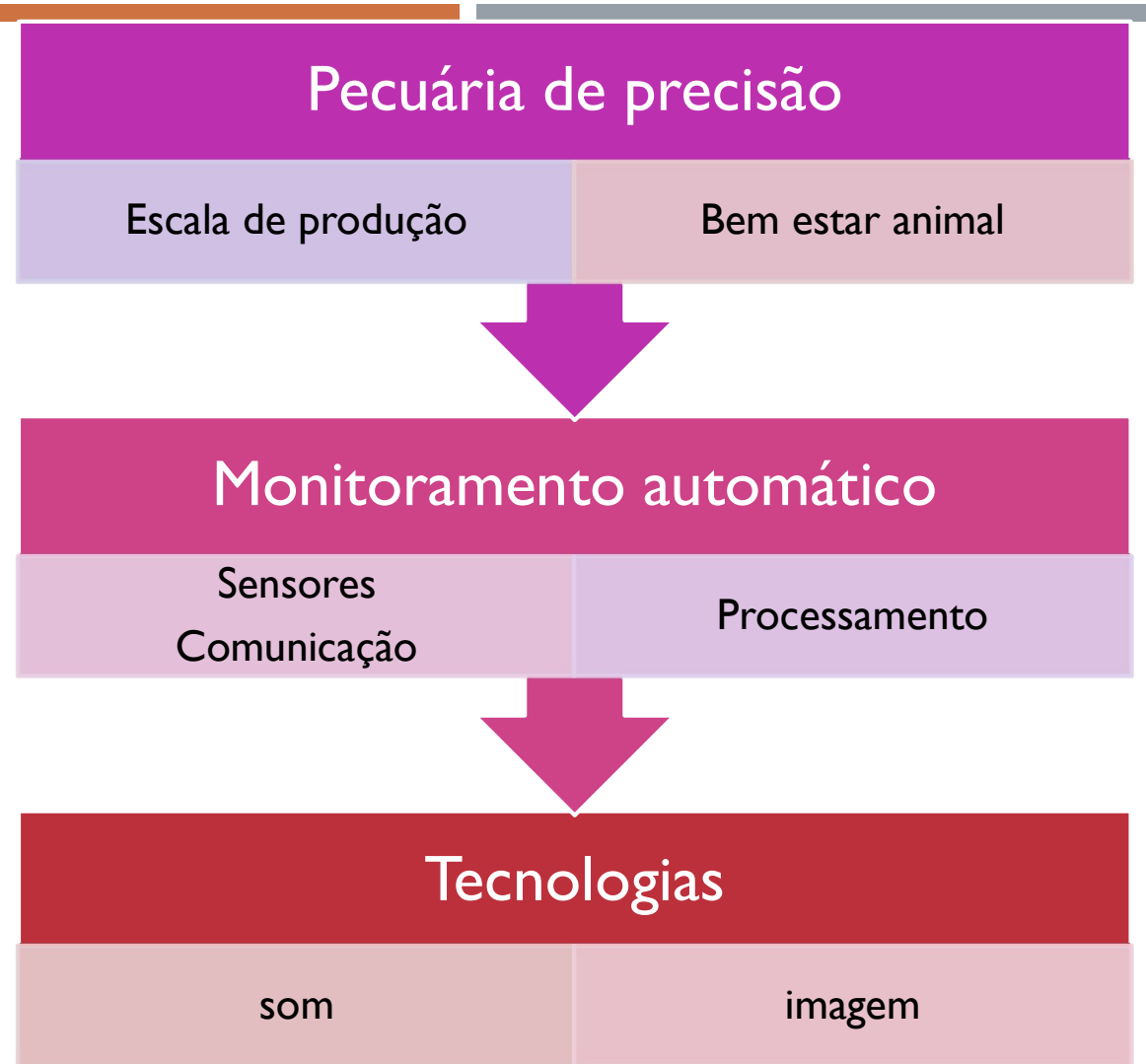
Introduction

Economic pressures continue to mount on modern-day livestock farmers. Most farmers now find themselves in a situation where they, in order to maintain their livelihood, must exploit the economies of scale. As a result, those who are surviving often have limited time to interact with their animals. Meanwhile, attention to animal welfare has heightened and stakeholders in the livestock sector are more conscious about managing and slaughtering animals in more welfare-friendly ways

(Blokhuys et al., 2019). Society in general is demanding closer attention to the needs of individual animal. Thus, for the case of the most intensive livestock sectors, and especially for poultry and pig production (where a large number of animals per farm is involved), the gap between societal and production demands is widening. However, most of the society do not realise that taking good care of the animals is essential to achieve good productivity, health and welfare. Closer attention to the individual animal's needs does impact not only animal welfare and health but also the capacity of the farmer to achieve sustainability (economic, environmental and societal) targets.

Technology, which is developing at a rapid pace, is enabling a better interaction between animal and farmer despite the challenges faced. Twenty years ago, the ability to carry a personal computer was a novel experience, yet nowadays we have more powerful devices that fit in the pocket. This evolution in the information and communication technologies (ICTs) has had a significant impact on the agricultural industry too. Crop and horticultural production have for the last number of years witnessed an explosion of new software systems, monitoring devices and machines that exploit

* E-mail: tomas.norton@kuleuven.be



APLICAÇÕES APRESENTADAS

[HTTPS://DOI.ORG/10.1017/S175173111900199X](https://doi.org/10.1017/S175173111900199X)

- Infecção respiratória em frango
 - **quantidade de espirros** durante um certo período de tempo (característica) de um **sinal sonoro** medido continuamente
 - Colaboração entre diferentes áreas

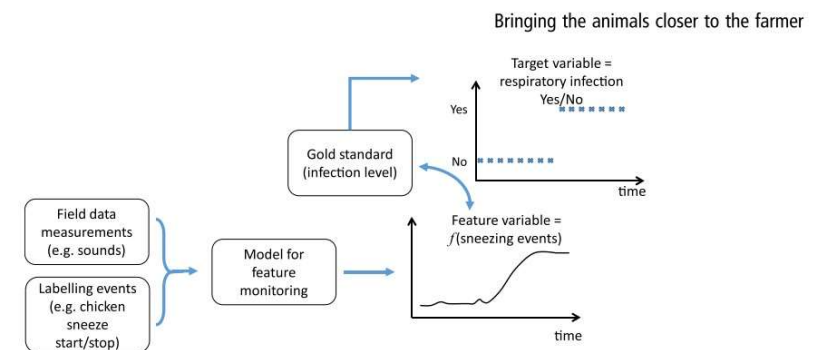


Figure 2 (Colour online) Approach for detection of chicken sneezing events from sound data (adapted from Berckmans (2013)).

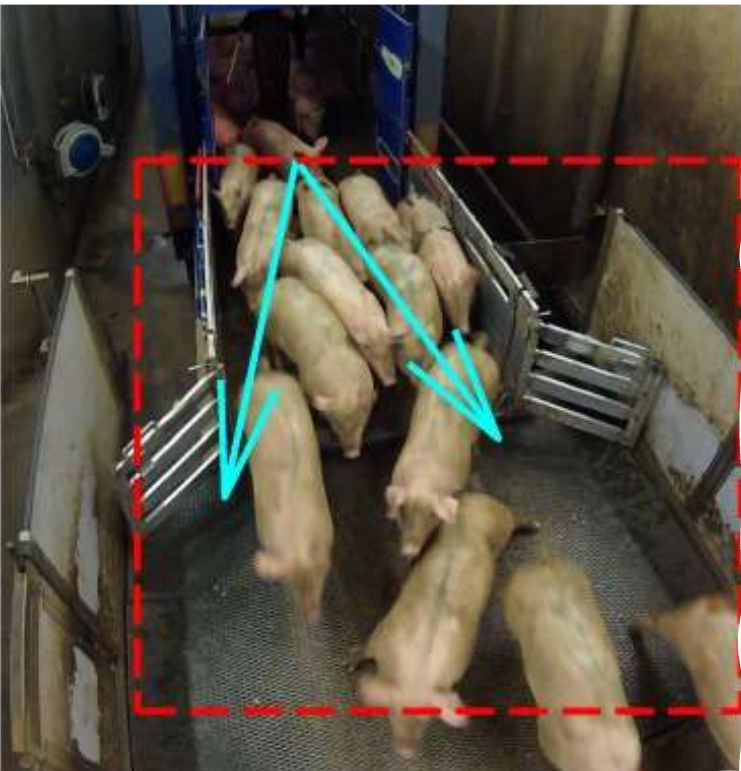
APLICAÇÕES APRESENTADAS

[HTTPS://DOI.ORG/10.1017/S175173111900199X](https://doi.org/10.1017/S175173111900199X)

■ Análise de Imagens

- potencial no monitoramento de animais de criação desde o início dos anos 90
- As câmeras têm a vantagem de não precisarem ser montadas no próprio animal e, portanto, não é induzido nenhum estresse extra para os animais.

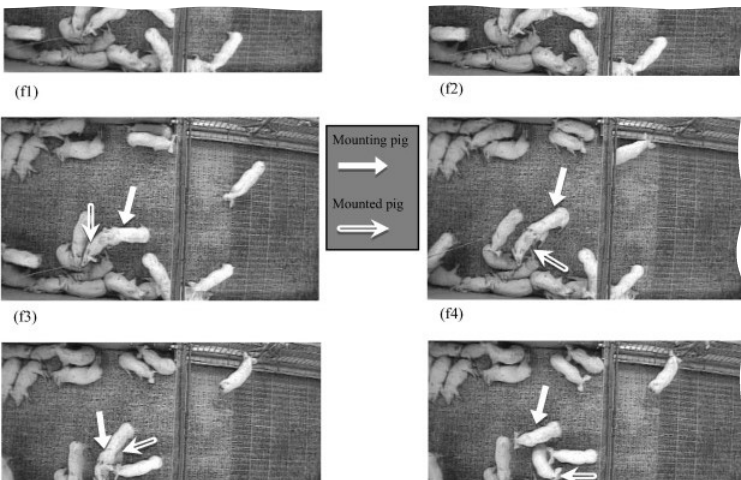
- Estimativa de peso
- avaliação da marcha e manqueira de frangos de corte
- medição da ingesta de água em suínos
- identificação de porcos marcados em um cercado
- Interações sociais entre animais/agressão



APLICAÇÕES APRESENTADAS

[HTTPS://DOI.ORG/10.1017/S175173111900199X](https://doi.org/10.1017/S175173111900199X)

- Agressão entre suínos
 - O comportamento agressivo pode ser detectado por simples observação
 - visão computacional (VC) e análise de imagem: **monitoramento ininterrupto, em tempo real e contínuo.**
 - melhorar a eficiência do reconhecimento, aumentar o bem-estar animal e a produtividade e reduzir as perdas econômicas das granjas de suínos.
- Exemplos:
 - tropeçar e pisar
 - monta



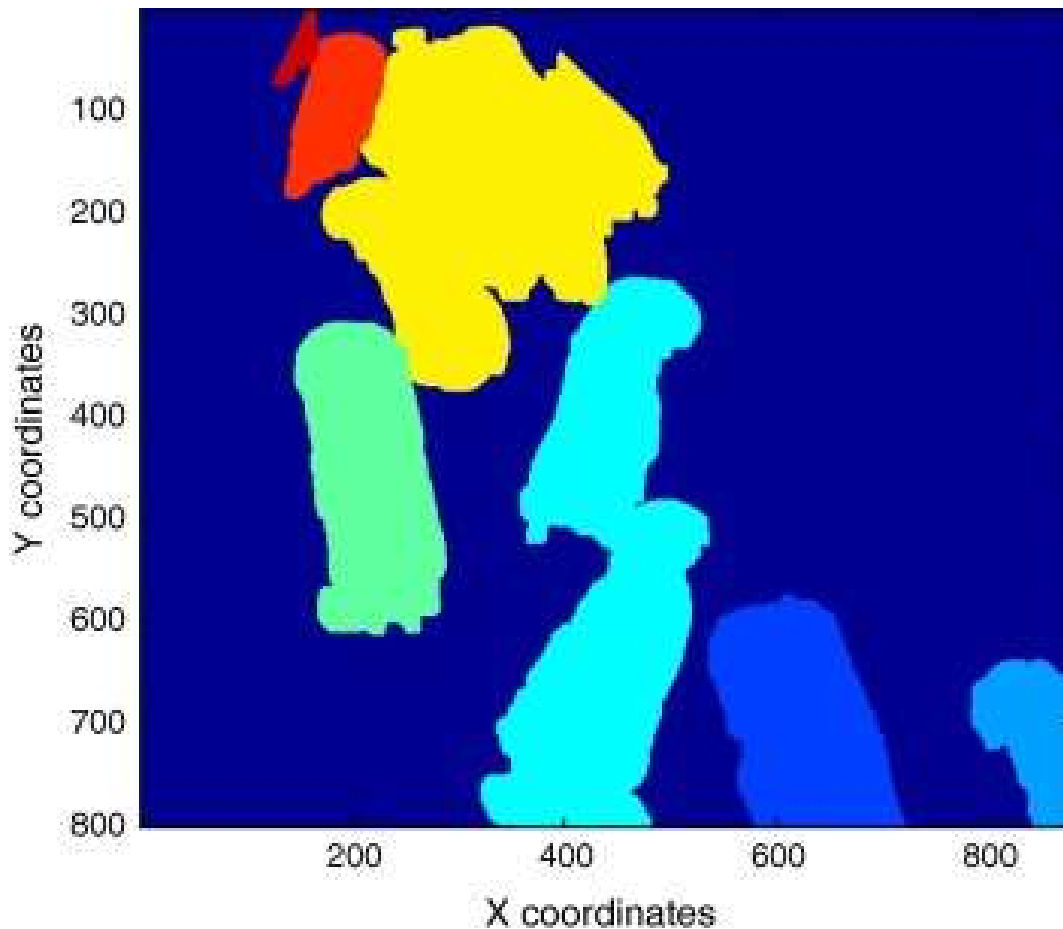
APLICAÇÕES APRESENTADAS

[HTTPS://DOI.ORG/10.1017/S175173111900199X](https://doi.org/10.1017/S175173111900199X)

- Comportamentos desejados podem ser confundidos com comportamentos agressivos. Procurar na imagem comportamentos específicos
 - Uma abordagem para alcançar esta distinção seria a capacidade de reconhecer marcadores agressivos específicos a partir da análise de imagem, incluindo o bater de cabeça para cabeça, bater de cabeça para corpo, prensagem paralela, prensagem paralela inversa, morder orelhas, morder pescoço, morder corpo e morder rabo
- Target tracking
- Segmentação (fundo/outros animais e objetos)
- Extração das características comportamentais
 - Posição + aceleração/deslocamento/energia cinética
 - Medidas de distância (cabeça-cabeça/cabeça-corpo/cabeça-rabo)
 - **DIFICULDADE: localizar esses pontos especificamente**

APLICAÇÕES APRESENTADAS

[HTTPS://DOI.ORG/10.1017/S175173111900199X](https://doi.org/10.1017/S175173111900199X)



- Target tracking
- Segmentação (funfo/outros animais e objetos)
- Extração das características comportamentais
 - Posição + aceleração/deslocamento/energia cinética
 - Medidas de distância (cabeça-cabeça/cabeça-corpo/cabeça-rabo)
 - **DIFICULDADE: localizar esses pontos especificamente**

APLICAÇÕES APRESENTADAS

[HTTPS://DOI.ORG/10.1017/S175173111900199X](https://doi.org/10.1017/S175173111900199X)

- Comportamentos desejados podem ser confundidos com comportamentos agressivos. Procurar na imagem comportamentos específicos
 - Uma abordagem para alcançar esta distinção seria a capacidade de reconhecer marcadores agressivos específicos a partir da análise de imagem, incluindo o bater de cabeça para cabeça, bater de cabeça para corpo, prensagem paralela, prensagem paralela inversa, morder orelhas, morder pescoço, morder corpo e morder rabo
- Target tracking
- Segmentação (fundo/outros animais e objetos)
- Extração das características comportamentais
 - Posição + aceleração/deslocamento/energia cinética
 - Medidas de distância (cabeça-cabeça/cabeça-corpo/cabeça-rabo)
 - **DIFICULDADE: localizar esses pontos especificamente**
 - **PDI/VC tem muito potencial, mas também muitos desafios**

APLICAÇÕES APRESENTADAS

[HTTPS://DOI.ORG/10.1017/S175173111900199X](https://doi.org/10.1017/S175173111900199X)

- Análise de áudio (sinais)
 - Método não invasivo/não aumenta estresse
 - Dentro do campo de pesquisa e análise sonora em PP, muita atenção tem sido dada à medição da **vocalização do animal**.
 - Exemplos: suínos/aves
- **tosse** (bom indicador de problemas respiratórios em suínos).
 - Identificação até 2 semanas antes do q um humano notaria
 - Diferença entre animais doentes/normais
 - Possibilidade de usar o som da tosse como indicador de poluição sonora
 - Dor (castração/mordidas)

APLICAÇÕES APRESENTADAS

[HTTPS://DOI.ORG/10.1017/S175173111900199X](https://doi.org/10.1017/S175173111900199X)

- **Análise de áudio (sinais)**
 - Método não invasivo/não aumenta estresse
 - Dentro do campo de pesquisa e análise sonora em PP, muita atenção tem sido dada à medição da **vocalização do animal.**
 - Exemplos: suínos/aves
- **Aves**
 - Indicadores de bem estar: Separação, conforto térmico, doenças
 - Consumo de alimento

APLICAÇÕES APRESENTADAS

[HTTPS://DOI.ORG/10.1017/S175173111900199X](https://doi.org/10.1017/S175173111900199X)

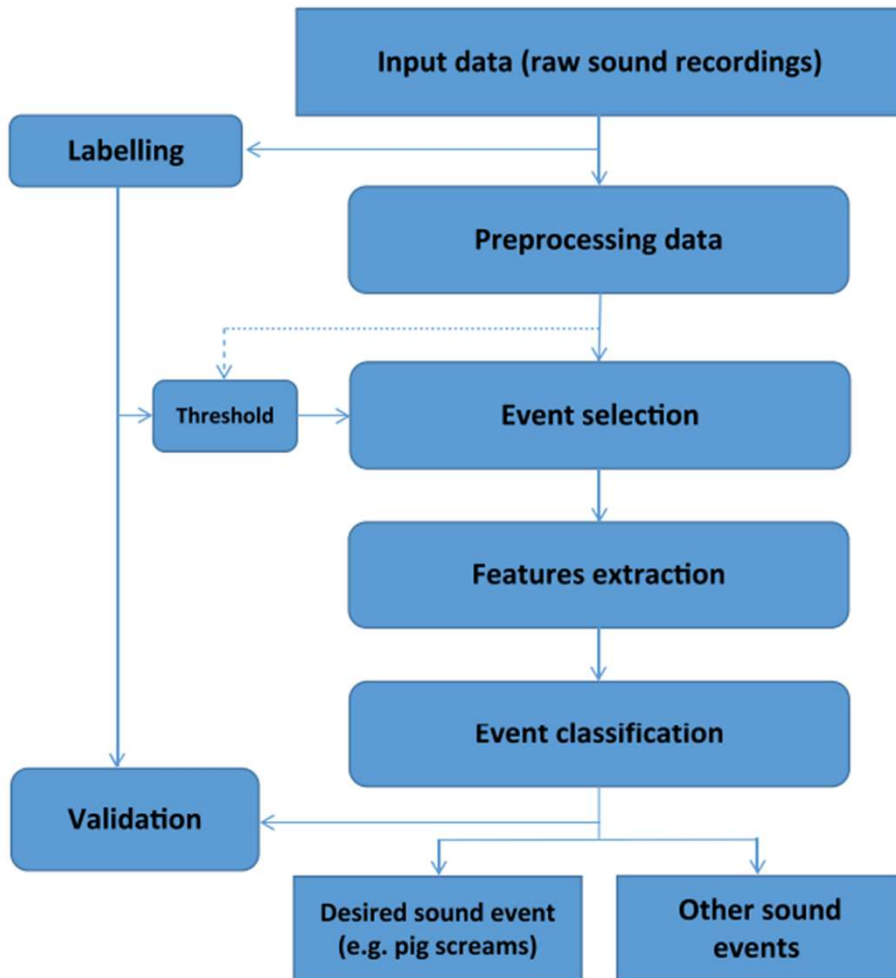


Figure 3 (Colour online) Overall approach for the development of a sound analysis-based precision livestock farming tool for livestock animals.

■ Aves

- Indicadores de bem estar: Separação, conforto térmico, doenças
- Consumo de alimento

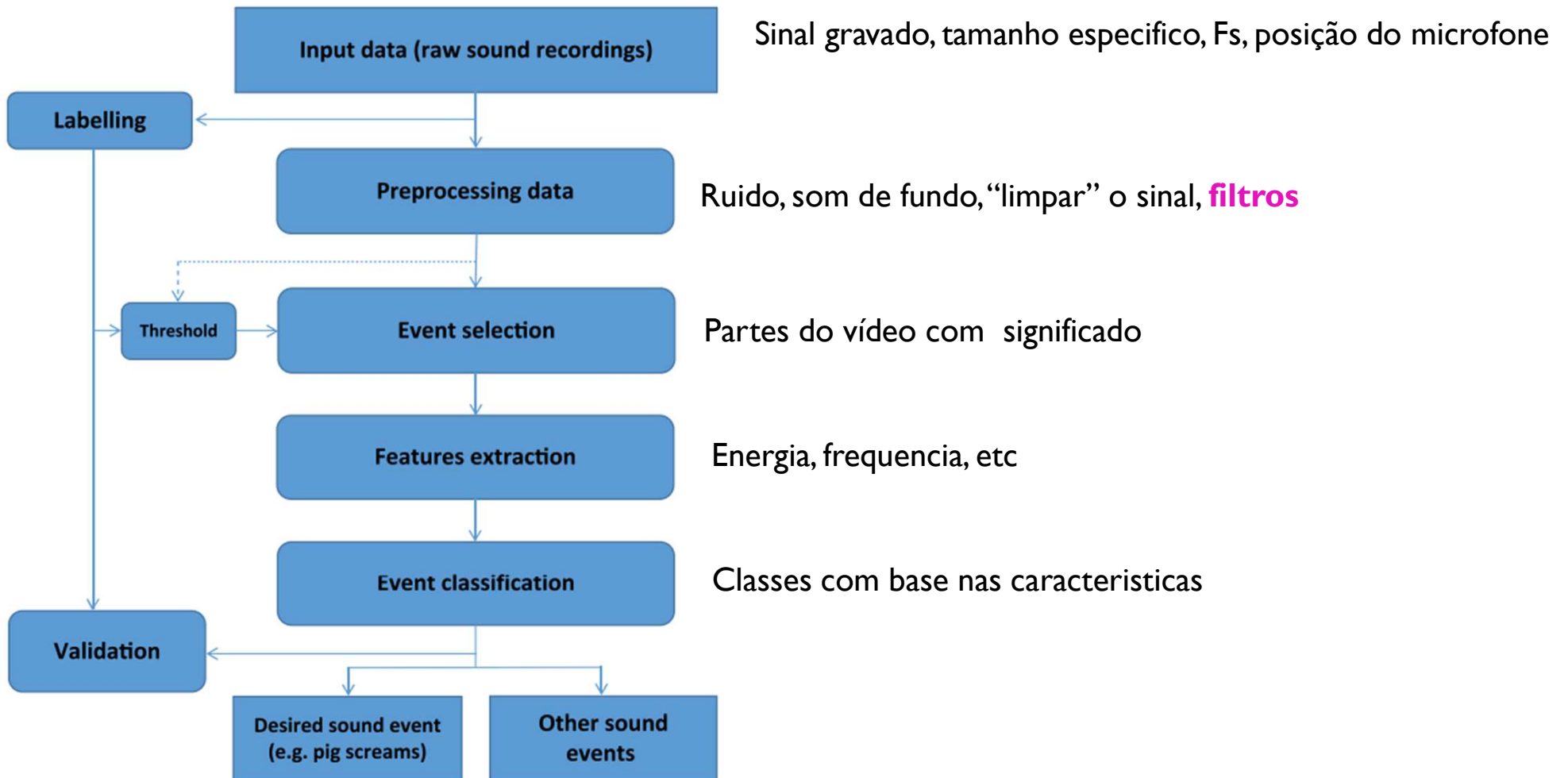


Figure 3 (Colour online) Overall approach for the development of a sound analysis-based precision livestock farming tool for livestock animals.



OBRIGADO!

PROFA. ANA CAROLINA DE SOUSA SILVA

ANACSS@USP.BR