Programa de Pós-Graduação em Engenharia Eletrônica - UERJ

Disciplina: **Controle por Computador**

Aula: **Parte I: Sistemas Lineares, Resposta Impulsiva, Convolução e Propriedades**

Professor: José Paulo Vilela Soares da Cunha

Turma 01 – 2021/2

Rio de Janeiro, 24 de agosto de 2021.

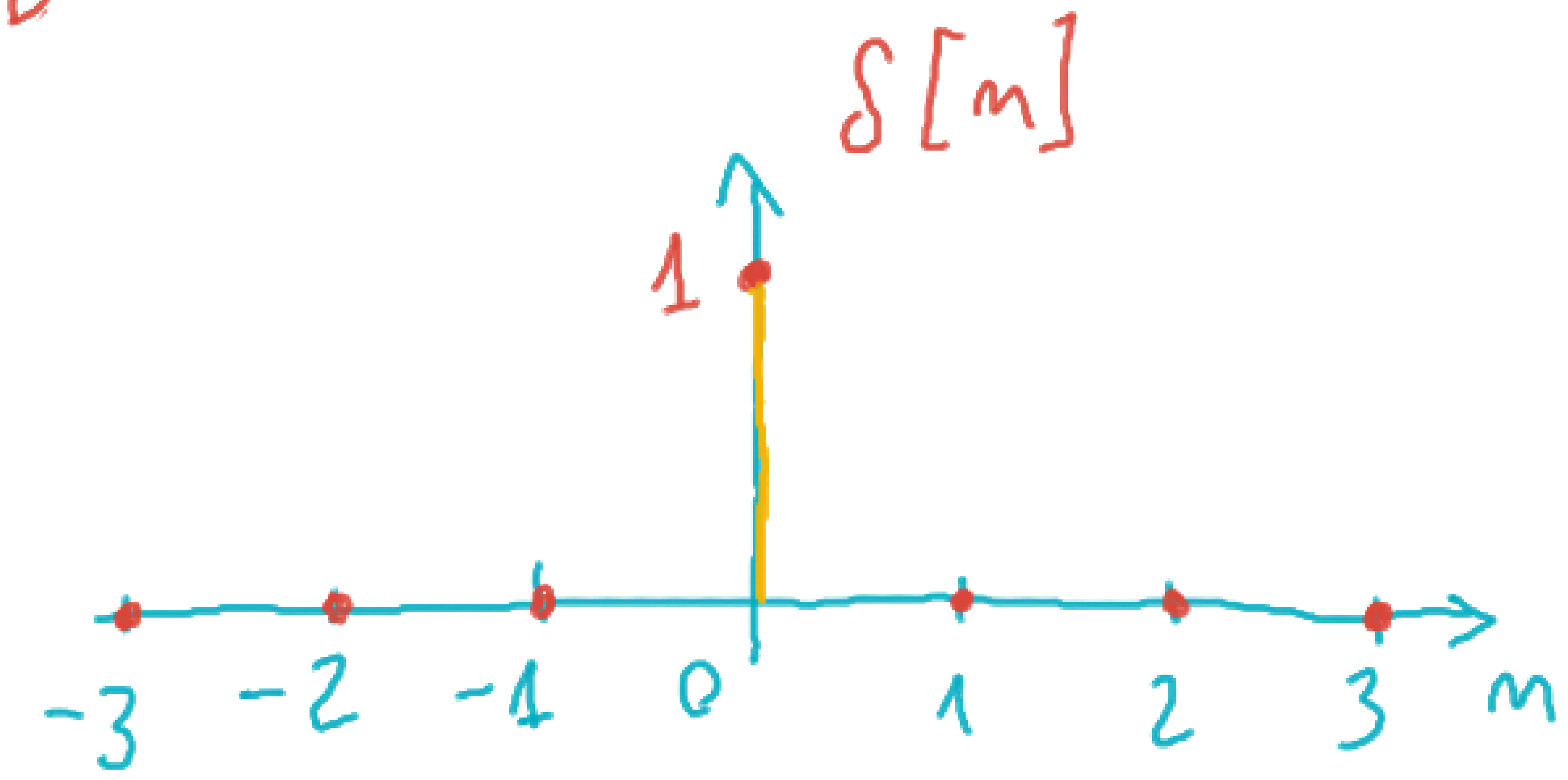
Referências

- Oppenheim, A. V., Schafer, R. W. & Buck, J. R. (1999). Discrete-Time Signal Processing, 2nd ed., Prentice-Hall. (*)
- Oppenheim, A. V. & Schafer, R. W. (2013). Processamento em Tempo Discreto de Sinais, 3ª ed., Pearson Brasil.

(*) Organizado para as Seções 2.3 e 2.4 da 2ª Edição.

IMPULSO UNITÁRIO

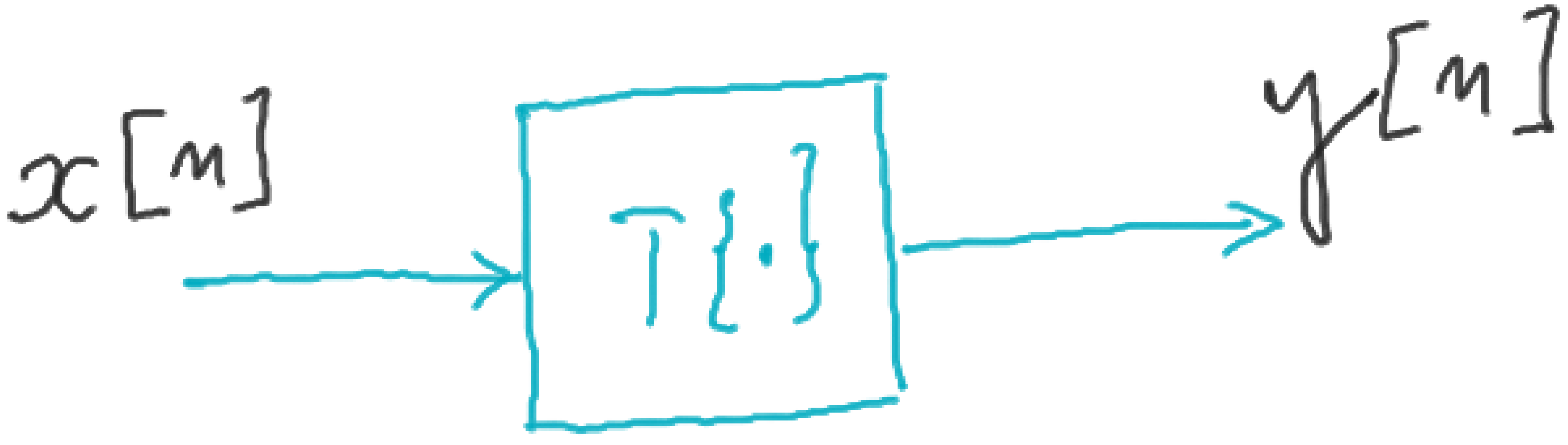
$$\delta[n] = \begin{cases} 1, & \text{se } n = 0, \\ 0, & \text{se } n \neq 0. \end{cases}$$



SEU USO PARA REPRESENTAR SEQUÊNCIAS ARBITRÁRIAS:

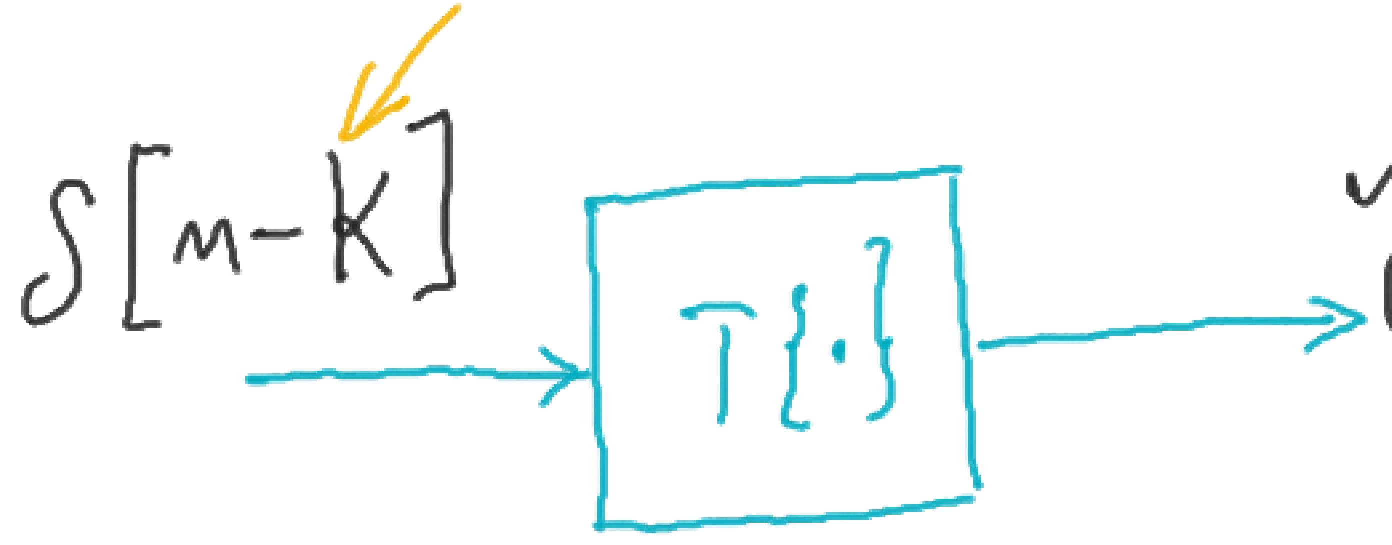
$$x[n] = \sum_{k=-\infty}^{+\infty} x[k]\,\delta[n-k]$$

SISTEMA EM TEMPO DISCRETO



$$y[n] = T\{x[n]\}$$

RESPOSTA IMPULSIVA



$$y[n] = h_k[n]$$

INSTANTE DE APLICAÇÃO DO IMPULSO

$$h_k[n] := T\{\delta[n-k]\}$$

SE $T\{\cdot\}$ FOR LINEAR:

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

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

SE $T\{\cdot\}$ FOR LINEAR E INVARIANTE NO TEMPO (LTI):

$$h_k[n] = h_0[n-k] := h[n-k]$$

ENTÃO:

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

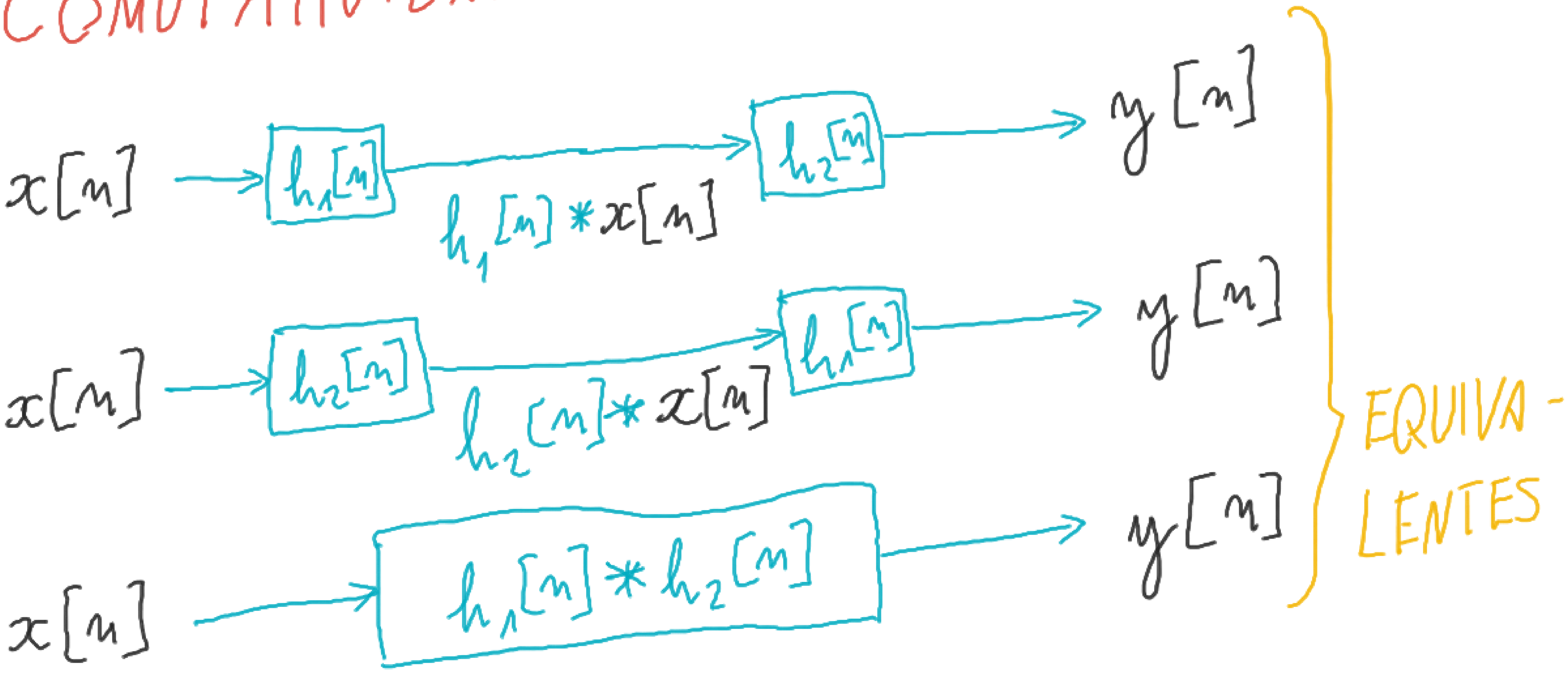
↑ CONVOLUÇÃO

DEFINIÇÃO: $h[n] := T\{\delta[n]\}$

↑ IMPULSO APLICADO EM $n = 0$

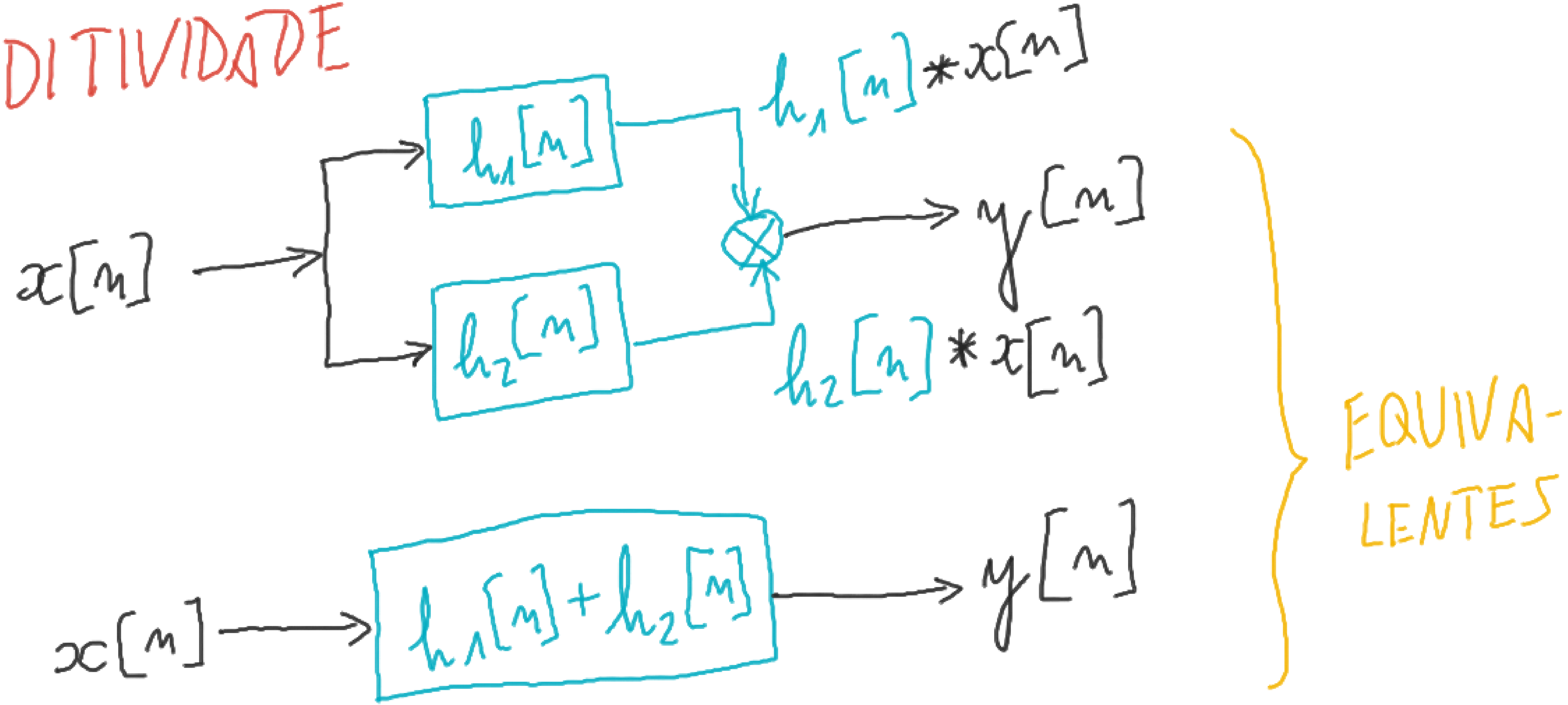
PROPRIEDADES DE SISTEMAS LTI

1 COMUTATIVIDADE



PROPRIEDADES DE SISTEMAS LTI

② ADITIVIDADE



Programa de Pós-Graduação em Engenharia Eletrônica - UERJ

Disciplina: **Controle por Computador**

Aula: **Parte II: Equações a Diferenças**

Professor: José Paulo Vilela Soares da Cunha

Turma 01 – 2021/2

Rio de Janeiro, 24 de agosto de 2021.

Referências

- Oppenheim, A. V., Schafer, R. W. & Buck, J. R. (1999). Discrete-Time Signal Processing, 2nd ed., Prentice-Hall. (*)
- Oppenheim, A. V. & Schafer, R. W. (2013). Processamento em Tempo Discreto de Sinais, 3ª ed., Pearson Brasil.
- Franklin, G. F., Powell, J. D. & Workman, M. L. (1990). Digital Control of Dynamic Systems, 2nd ed., Addison-Wesley, Seções 2.1 e 2.2.

(*) Organizado para a Seção 2.5 da 2ª Edição.

EQUAÇÕES A DIFERENÇAS

- CLASSE IMPORTANTE DE SISTEMAS LTI:

$$y[n] + a_1 y[n-1] + \dots + a_N y[n-N] = b_0 x[n] + b_1 x[n-1] + \dots + b_M x[n-M]$$

- EQUAÇÃO CAUSAL:

$$y[n] = \underbrace{b_0 x[n] + \dots + b_M x[n-M]}_{\text{ENTRADA}} \underbrace{- a_1 y[n-1] - \dots - a_N y[n-N]}_{\text{SAÍDA - TERMOS RECURSIVOS}}$$

Ex. 1: $y[n] = 0,5\, y[n-1] + x[n]$

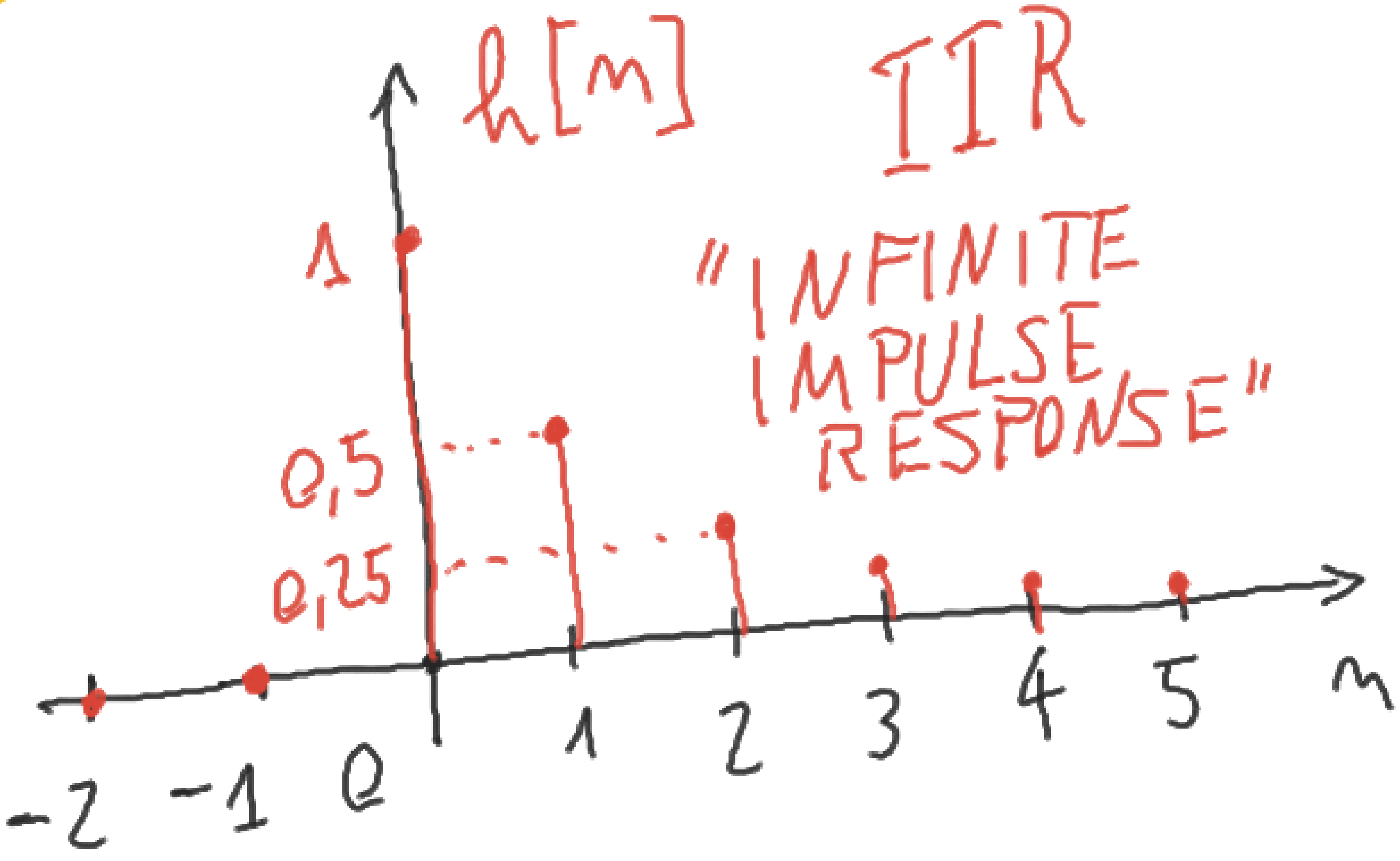
↑ TERMO RECURSIVO

RESPOSTA IMPULSIVA:

$$x[n] = \delta[n]$$

$$y[-1] = 0 \leftarrow \text{CONDIÇÃO INICIAL NULA}$$

n	$x[n]$	$y[n]$
-1	0	0
0	1	1
1	0	0,5
2	0	0,25
3	⋮	0,125
⋮		⋮



IIR

"INFINITE IMPULSE RESPONSE"

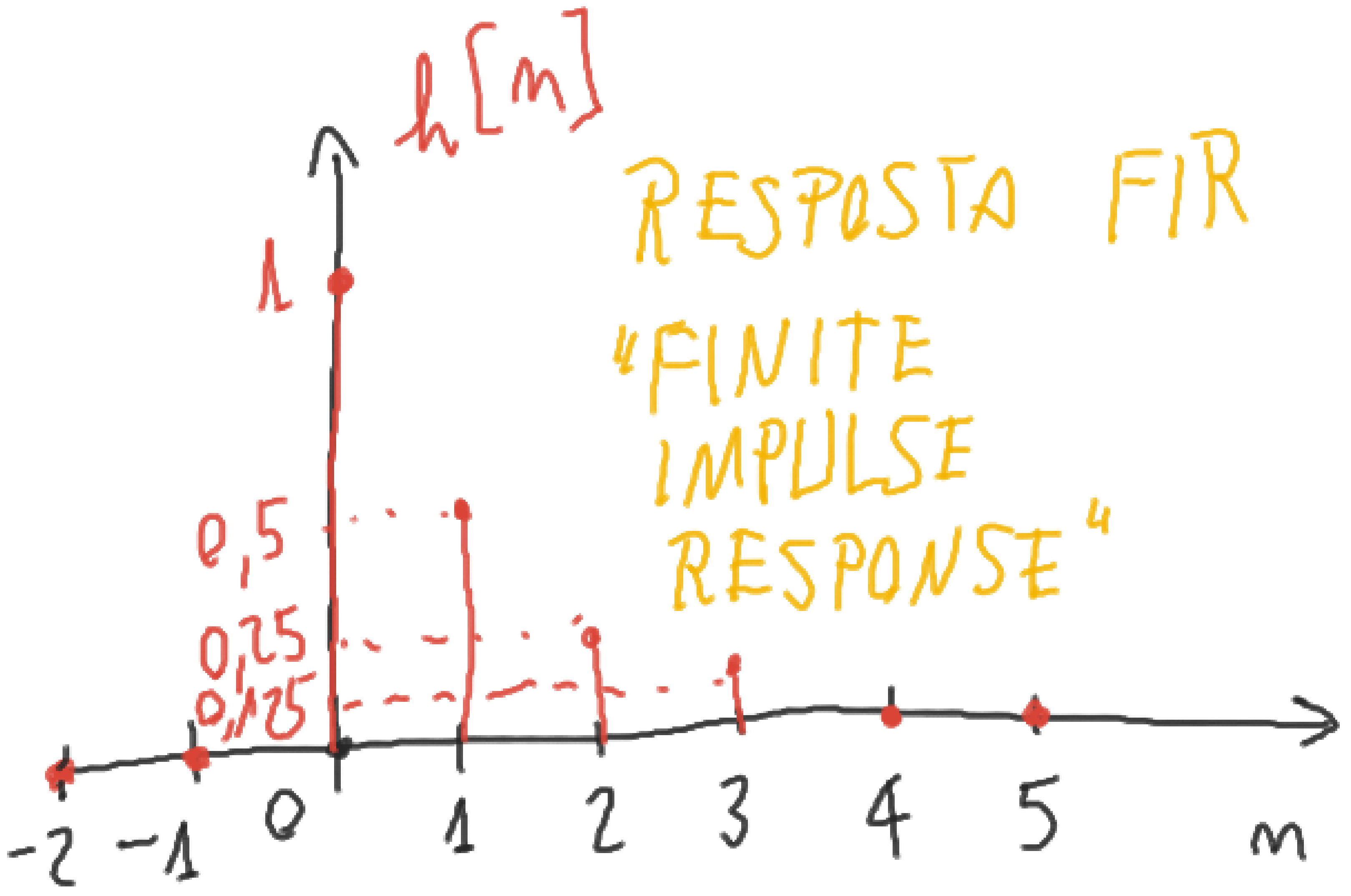
Ex. 2: $y[n] = x[n] + 0{,}5x[n-1] + 0{,}25x[n-2] + 0{,}125x[n-3]$

RESPOSTA IMPULSIVA:

$x[n] = \delta[n]$

- É NÃO RECURSIVA
- DISPENSA CONDIÇÕES INICIAIS

n	$x[n]$	$y[n]$
−1	0	0
0	1	1
1	0	0,5
2	0	0,25
3	0	0,125
4	0	0 .....



RESPOSTA FIR

"FINITE IMPULSE RESPONSE"

NUMA EQUAÇÃO A DIFERENÇAS NÃO RECURSIVA:

$$y[n] = b_0\, x[n] + b_1\, x[n-1] + \ldots + b_M\, x[n-M]$$

$$b_0 = h[0]$$

$$b_1 = h[1]$$

$$\vdots$$

$$b_M = h[M]$$