



Instituto Federal de Santa Catarina

Curso superior de tecnologia em sistemas de telecomunicação

Processamento de Sinais Digitais - PSD

# *Sinais Discretos*

Prof. Diego da Silva de Medeiros

Fonte: Lathi – Sinais e Sistemas Lineares

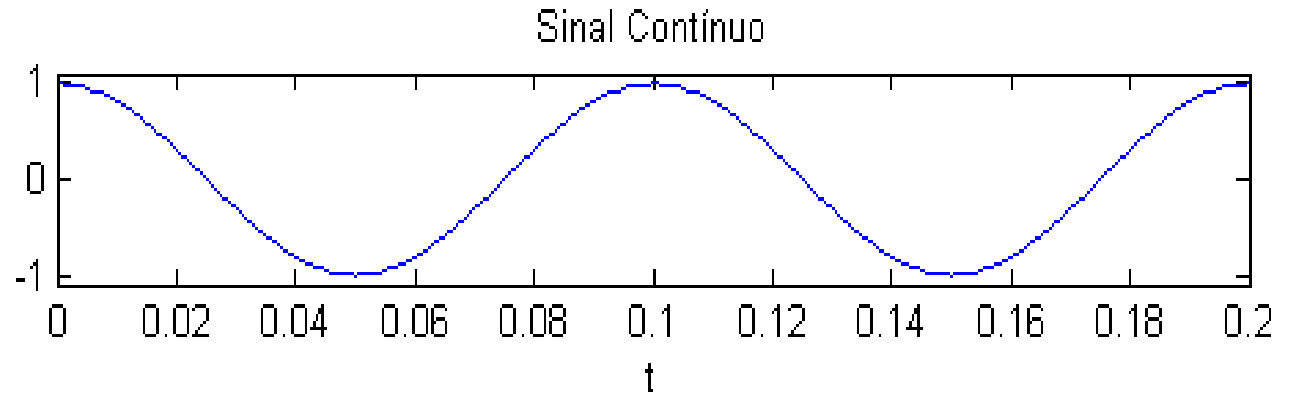
São José, Agosto de 2013

# Sumário

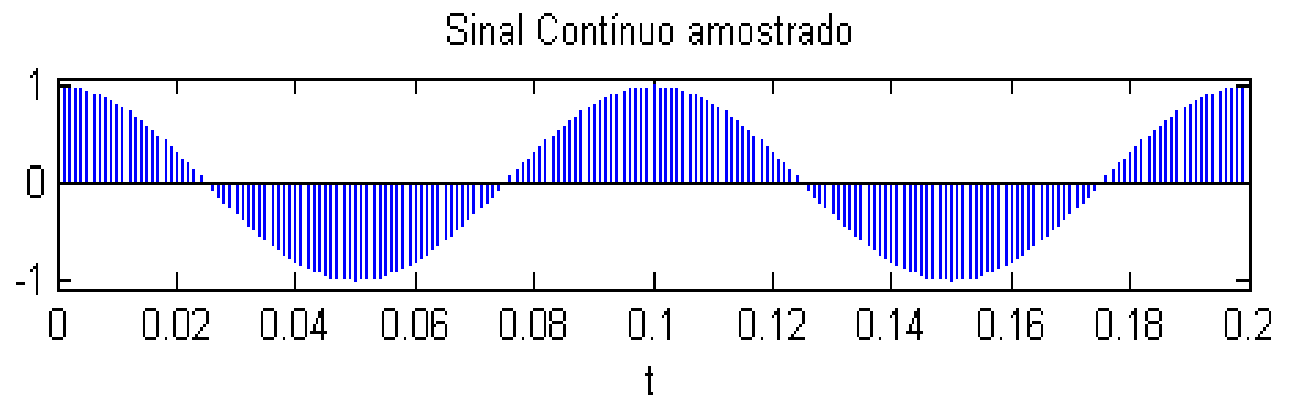
- Sinais discretos
  - Tamanho de um sinal discreto
- Operações úteis com sinais
  - Deslocamento
  - Reversão no tempo
  - Decimação e interpolação

# Sinais discretos

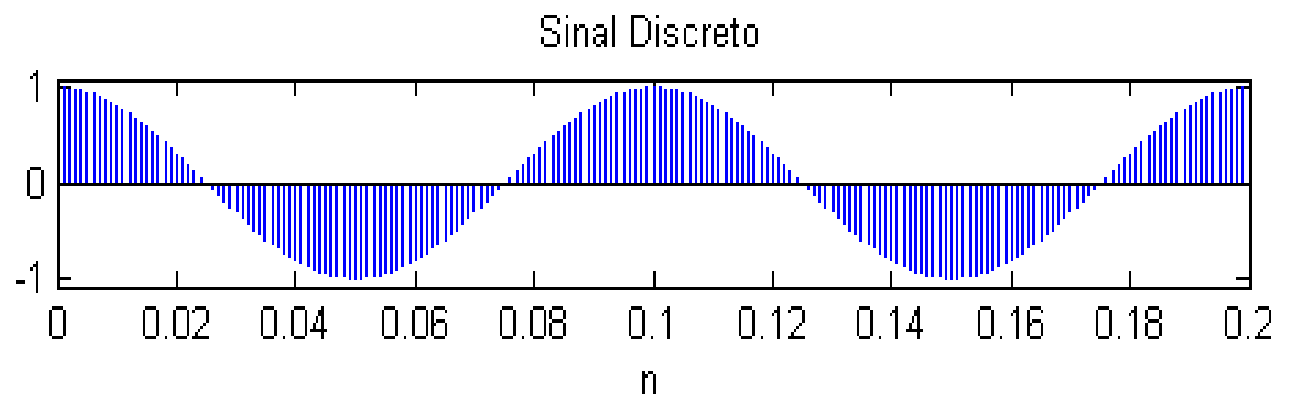
$$x(t) = A \cos(2 \pi f_0 t)$$



$$x(t) = A \cos(2 \pi f_0 n T_s)$$



$$x[n] = A \cos(2 \pi f_0 n)$$



# Tamanho de um sinal

- Energia de um sinal

$$E_x = \sum_{n=-\infty}^{\infty} |x[n]|^2$$

- Potência de um sinal

$$P_x = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{2N+1} \sum_{n=-N}^N |x[n]|^2$$

- Sinal de energia
  - Energia finita
  - Potência zero
- Sinal de potência
  - Potência finita
  - Energia infinita

# Operações úteis com sinais

Substituir  $n$  por  $n \pm k$

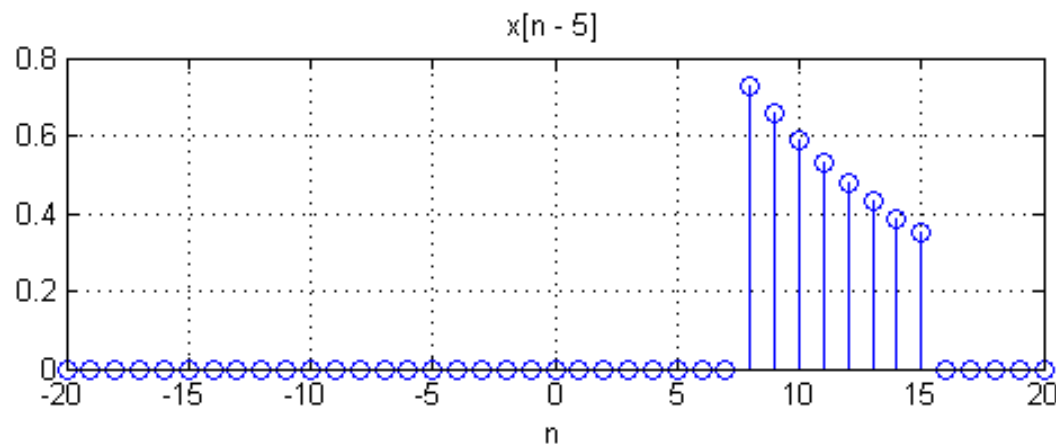
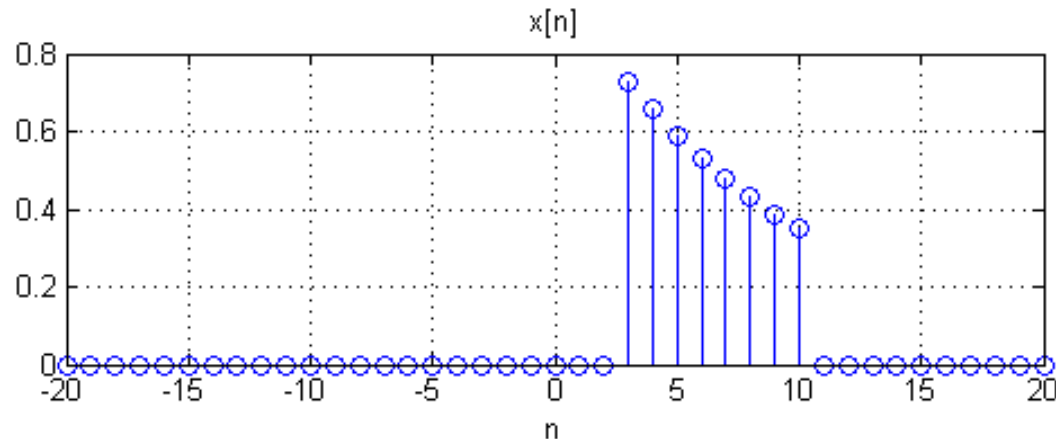
- Deslocamento:

$$x_d[n] = x[n - k]$$

Sinal deslocado para a direita

$$x_d[n] = x[n + k]$$

Sinal deslocado para a esquerda

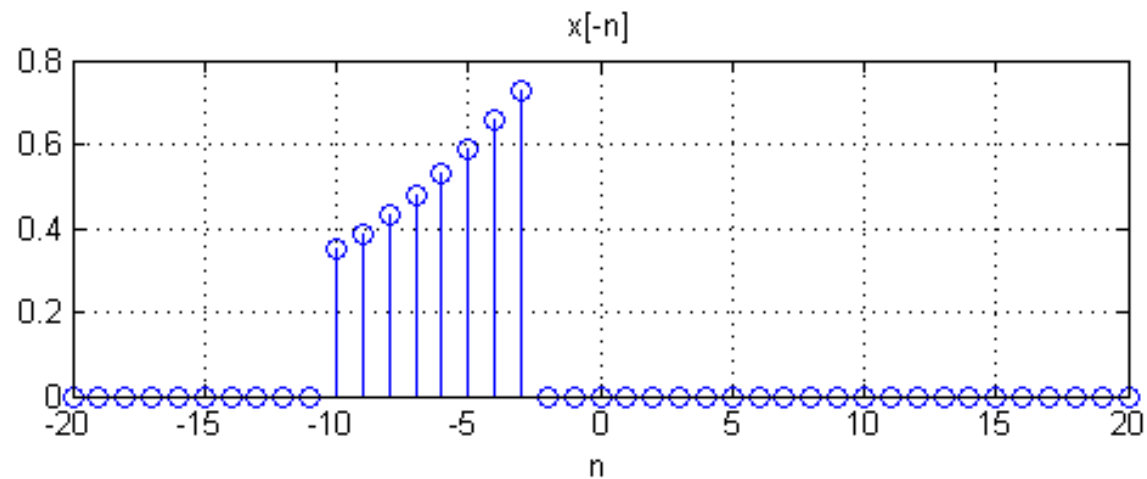
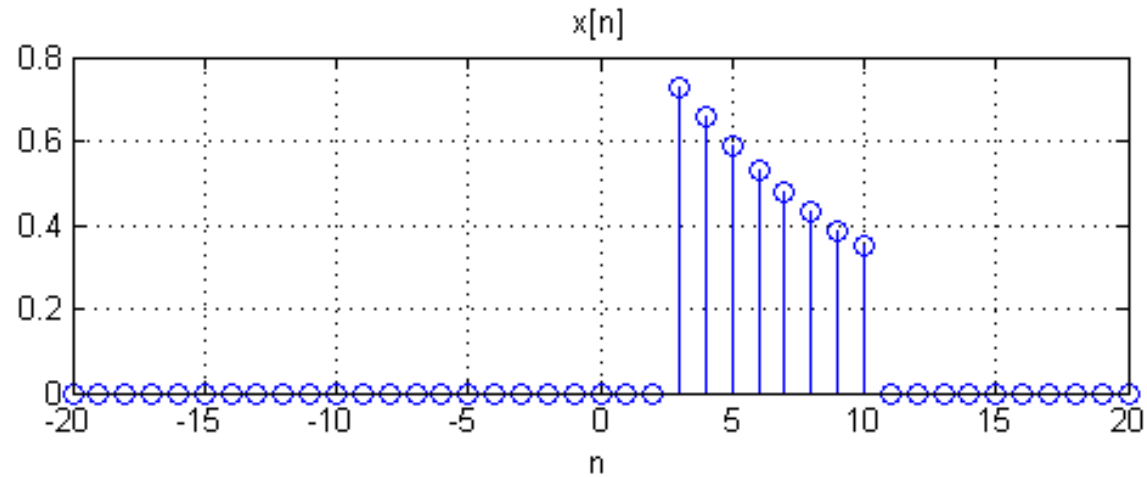


# Operações úteis com sinais

Substituir  $n$  por  $-n$

- Reversão no tempo:

$$x_r[n] = x[-n]$$



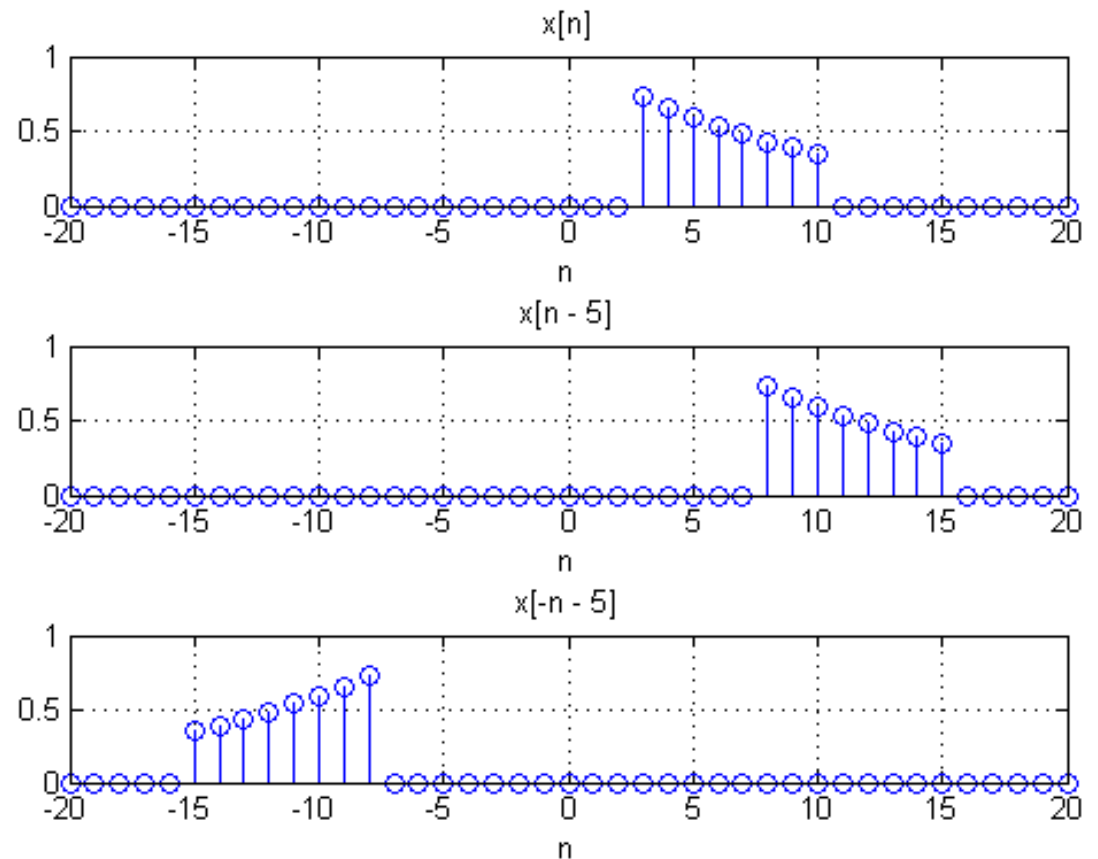
# Operações úteis com sinais

- Operações conjuntas:

- Primeiro desloca depois reverte

$$x_d[n] = x[n-5]$$

$$x_{dr}[n] = x[-n-5]$$



# Operações úteis com sinais

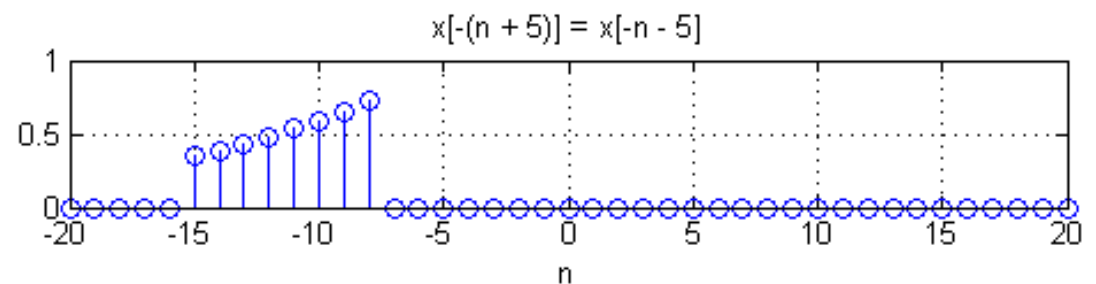
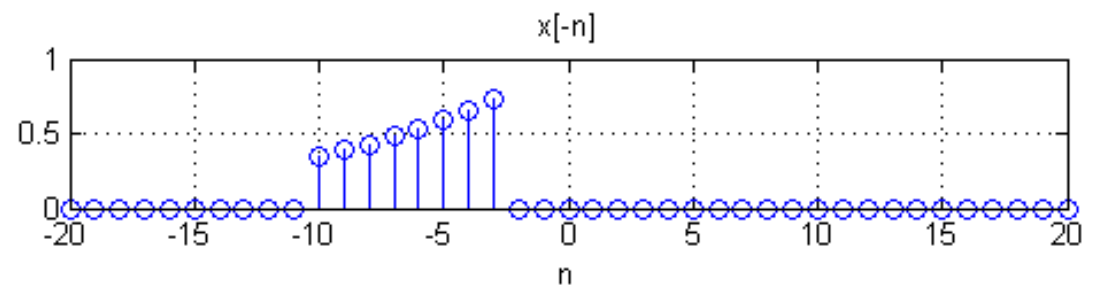
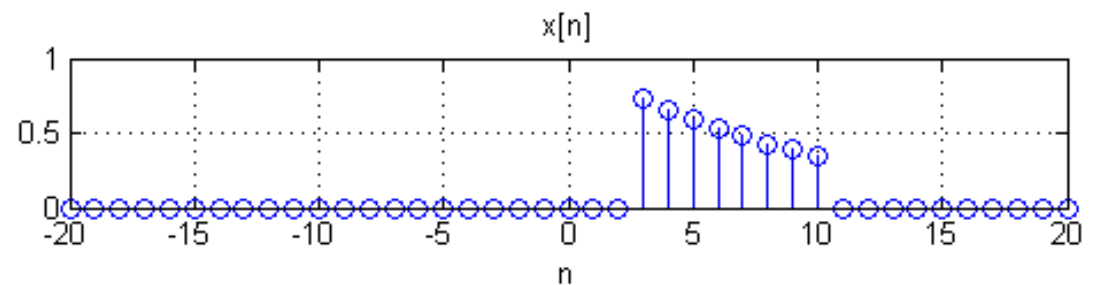
- Operações conjuntas:

- Primeiro reverte depois desloca

$$x_r[n] = x[-n]$$

$$x_{rd}[n] = x[-(n+5)]$$

$$x_{rd}[n] = x[-n-5]$$



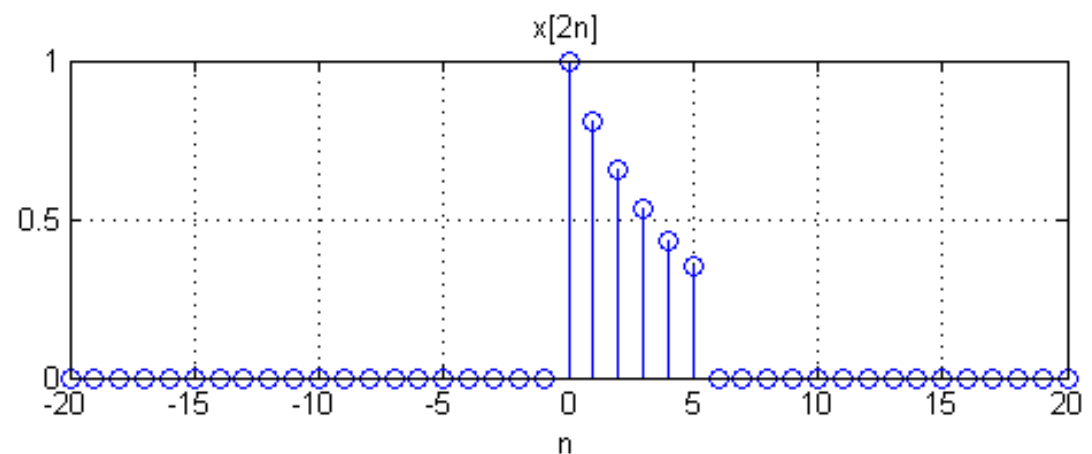
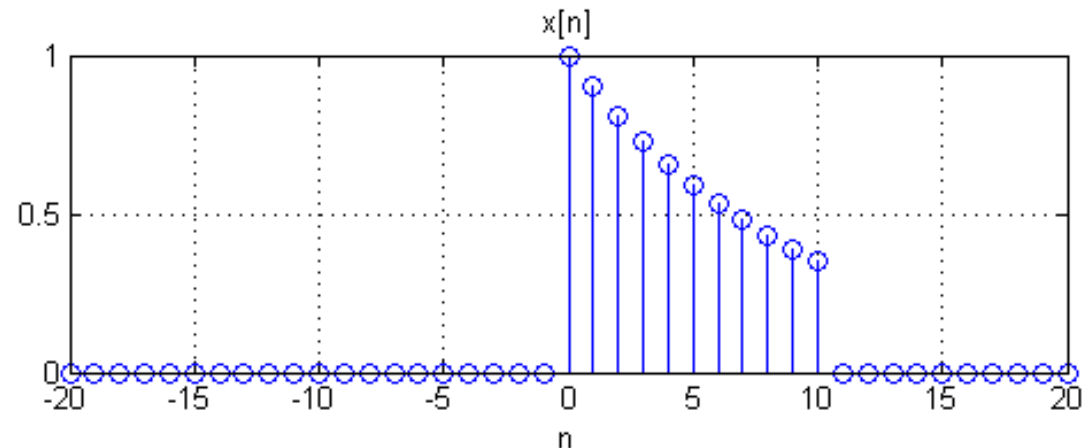


# Alteração na taxa de amostragem

- Decimação (subamostragem) – Redução da frequência de amostragem

$$x_D[n] = x[M \times n]$$

- Valores para  $n = 0, 1, 2, \dots$  são  $x[0], x[M], x[2M], \dots$
- Pode ocasionar a perda de informações, para casos próximos à Taxa de Nyquist

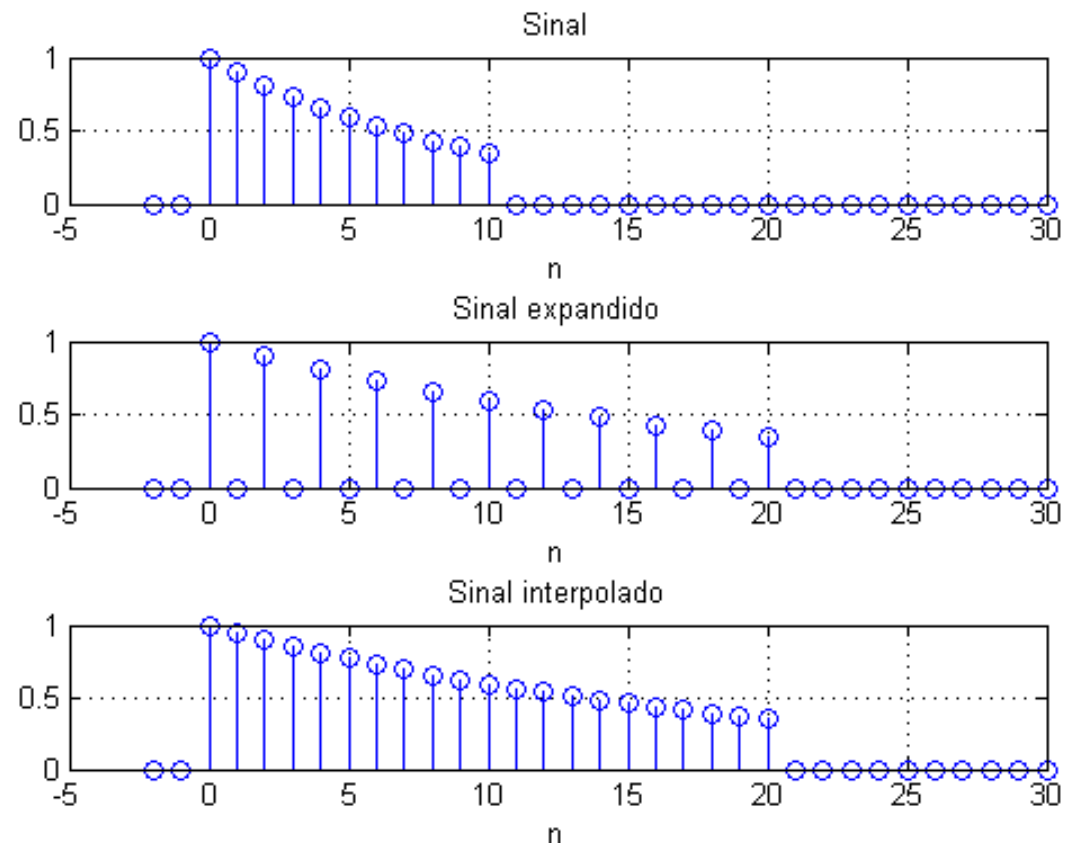


# Alteração na taxa de amostragem

- Interpolação (superamostragem) – Aumento da frequência de amostragem:
- Realizada em duas etapas:
  - Expansão

$$x_D[n] = x \left[ \frac{1}{M} \times n \right]$$

- Valores para  $n$  inteiro são iguais a zero
- Interpolação realizada matematicamente, via algoritmos



# Alteração na taxa de amostragem

- Interpolação (superamostragem) – Aumento da frequência de amostragem:
  - Exemplo: Algumas câmeras digitais utilizam interpolação para atingir resoluções mais altas
  - **Tekpix**



Interpolação →



# *Exercícios (Lathi)*

- Exemplo 3.1, pg. 226
- Exemplo 3.2, pg. 227
- Exercícios E3.2, E3.3, E3.4 e E3.5, pg. 230