

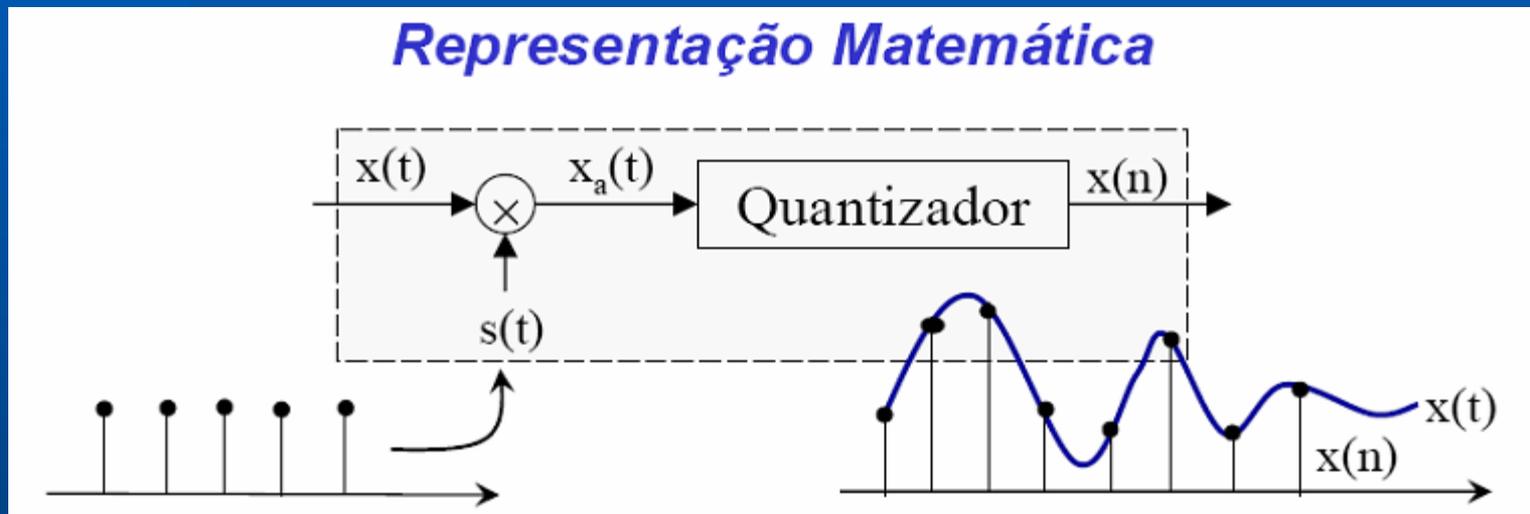
Aula 20

Teoria da Amostragem

SEL 0414 - Sistemas Digitais

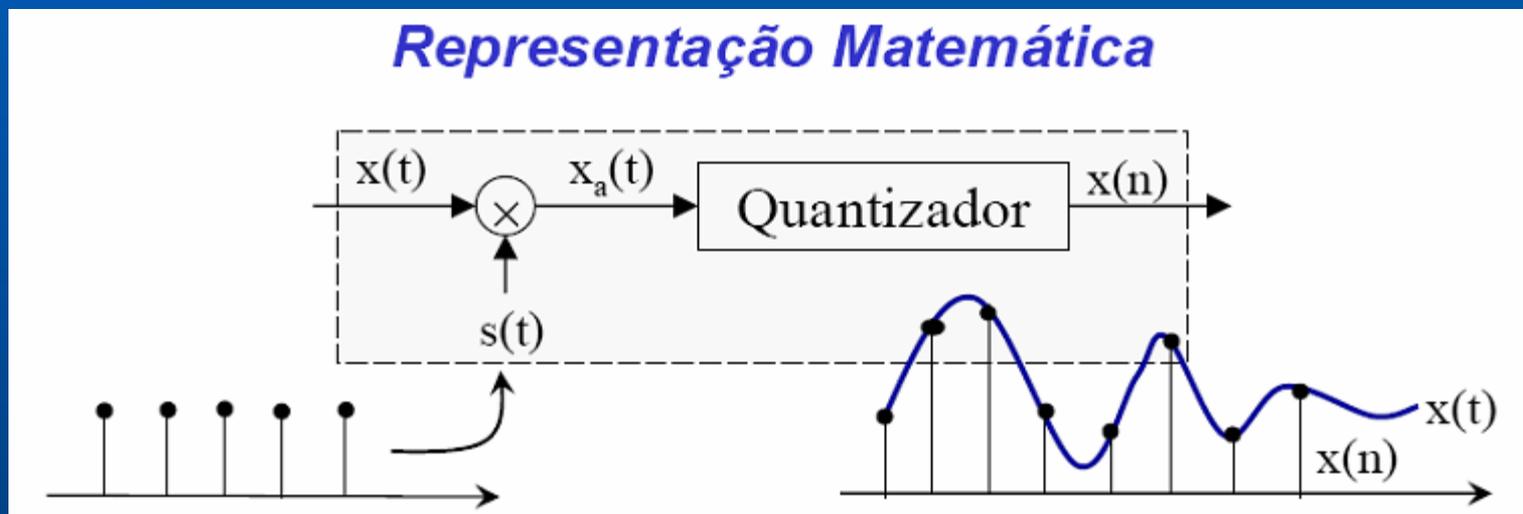
Prof. Dr. Marcelo Andrade da Costa Vieira

Conversão Analógico / Digital



1. Introdução

- **Amostragem:** multiplicação do sinal contínuo com um trem de impulsos unitário
- **Quantização:** conversão de cada ponto do sinal amostrado em um número binário

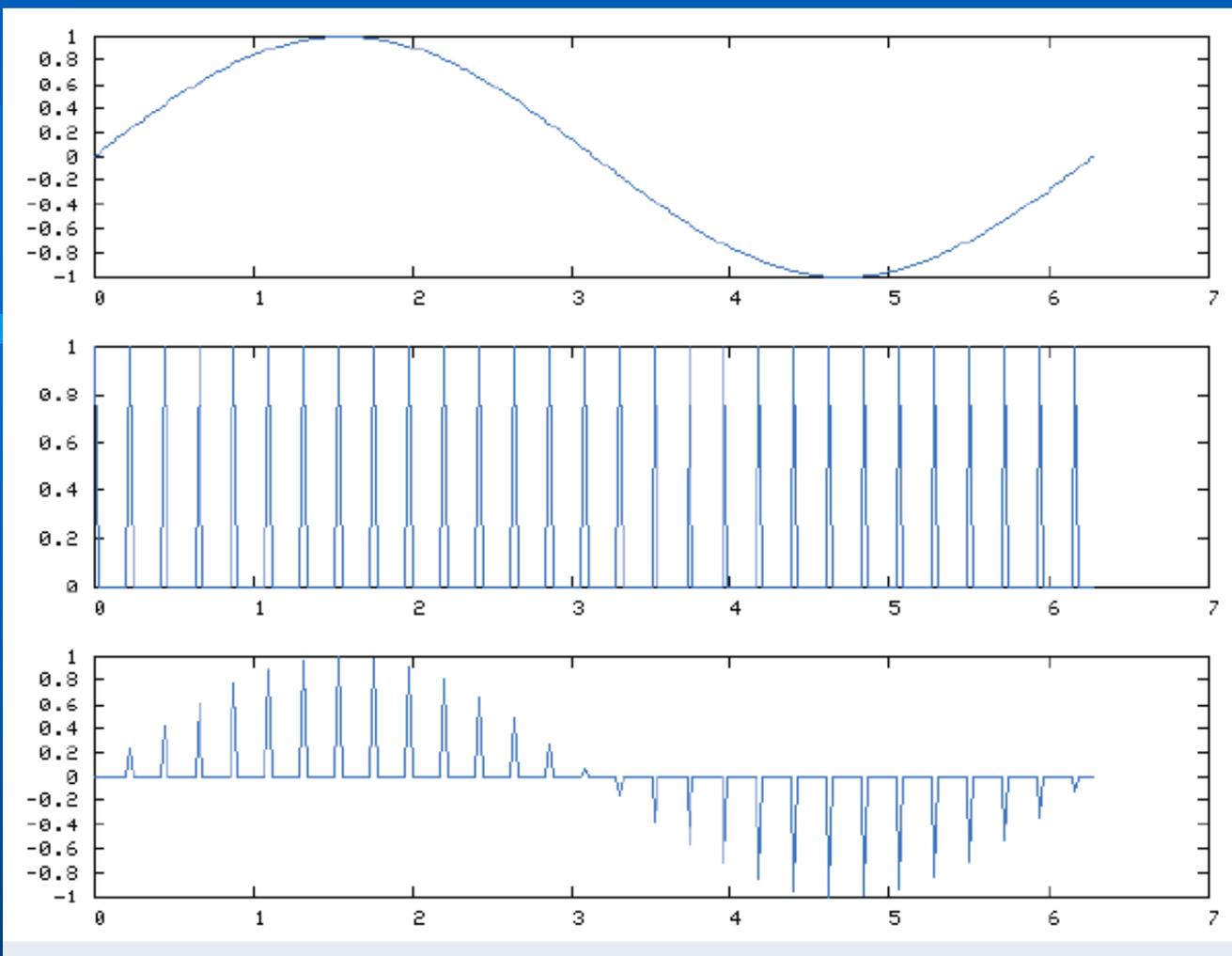


1. Introdução

- Diferenças entre o sinal digital e o sinal analógico: **amostragem e quantização.**
- Ambos os processos restringem a quantidade de informação presente no sinal digital.
- Perda de informação devido ao intervalo entre os instantes de amostragem e a precisão na quantização (número de bits).
- Questão fundamental: qual informação é necessária, e qual pode ser descartada, para uma dada aplicação?

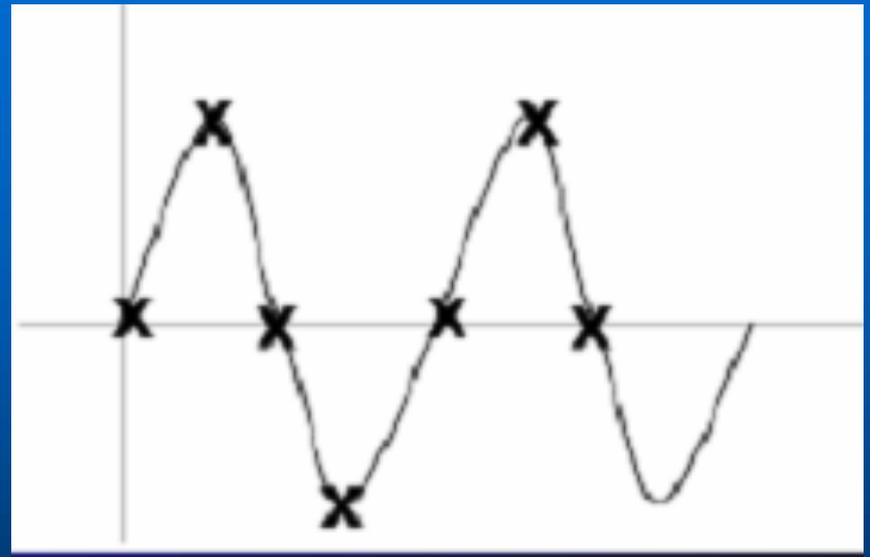
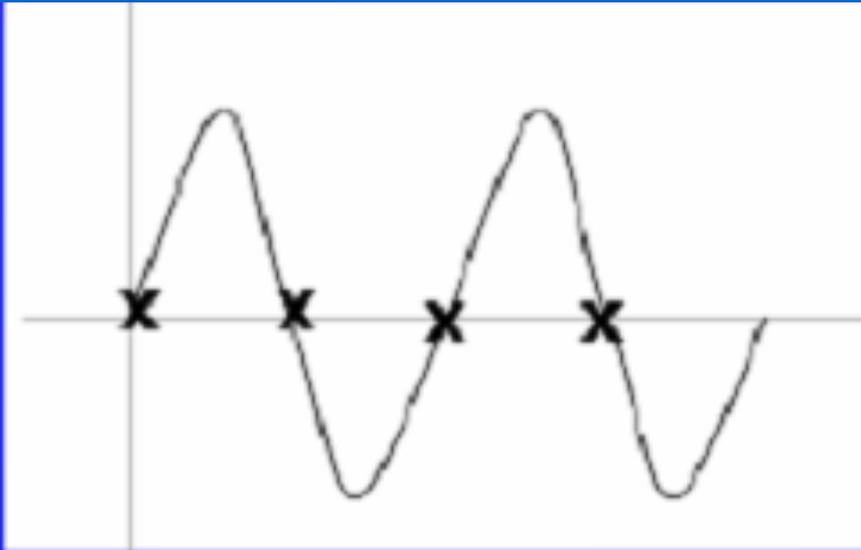
Conversão Analógico / Digital

Qual deve ser a taxa de amostragem e o número de bits da quantização?

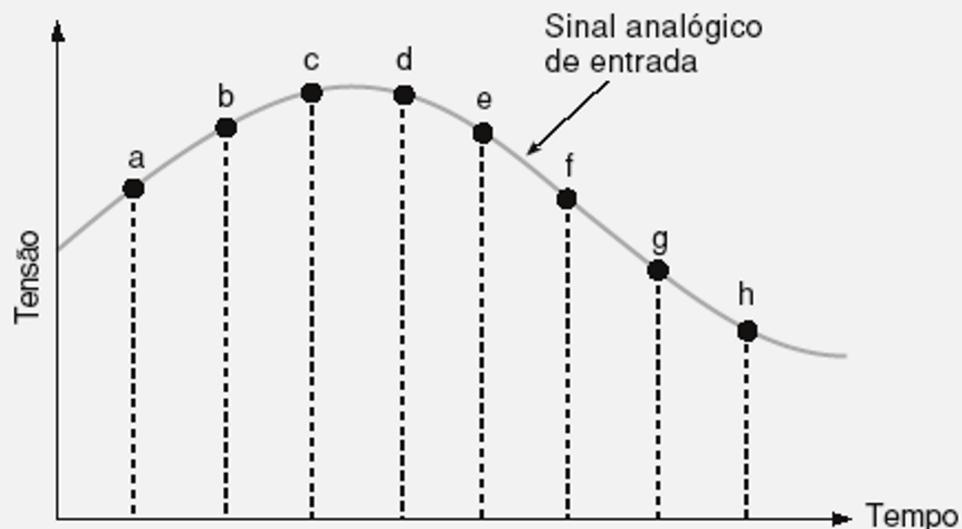


Conversão Analógico / Digital

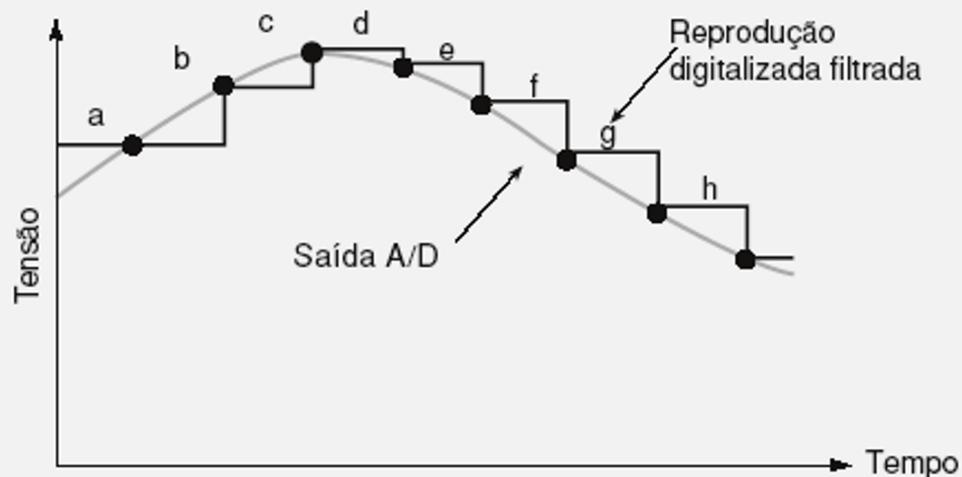
Qual deve ser a taxa de amostragem e o número de bits da quantização?



Reconstrução do Sinal Digital



(a)



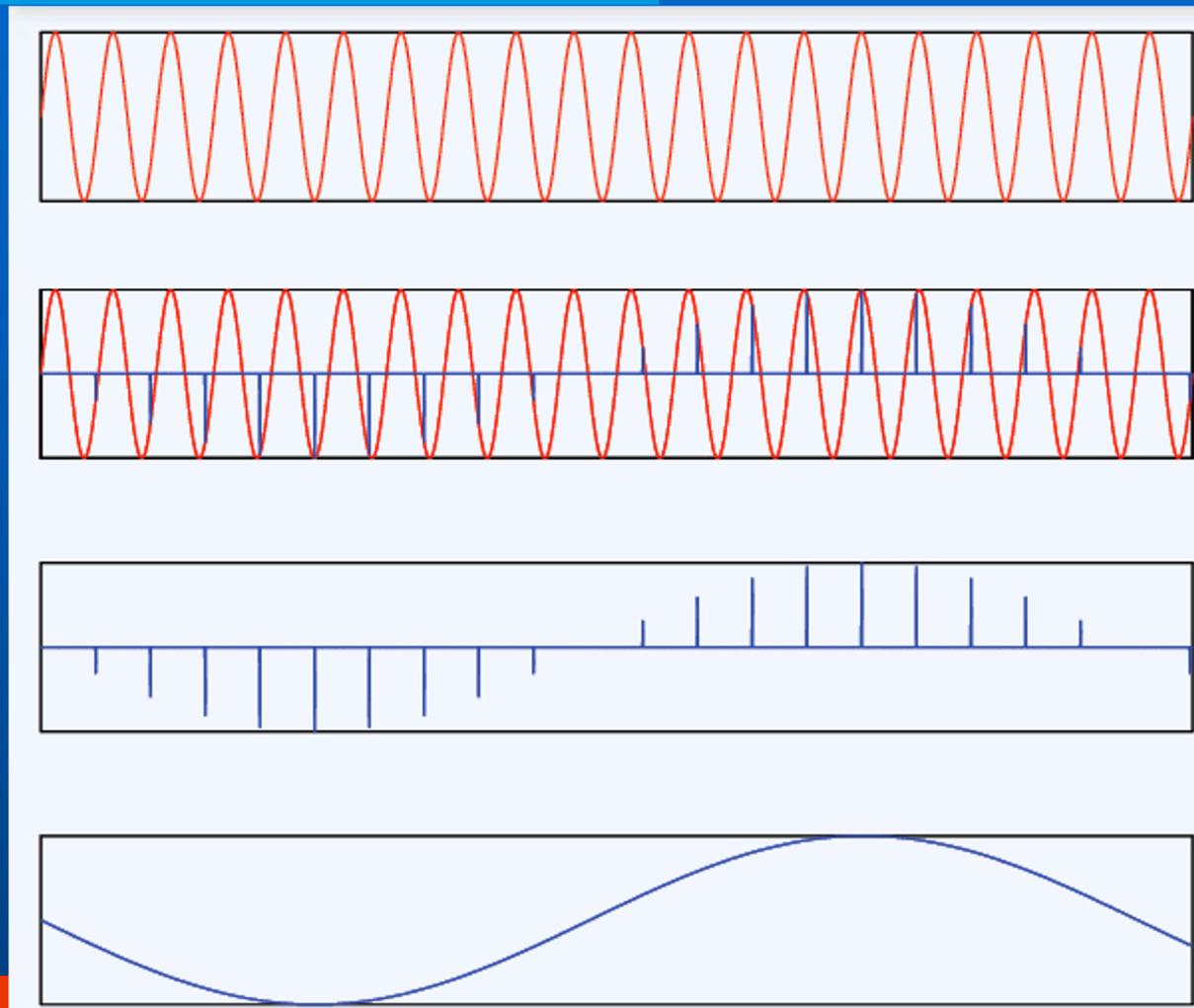
(b)

FIGURA 11.16

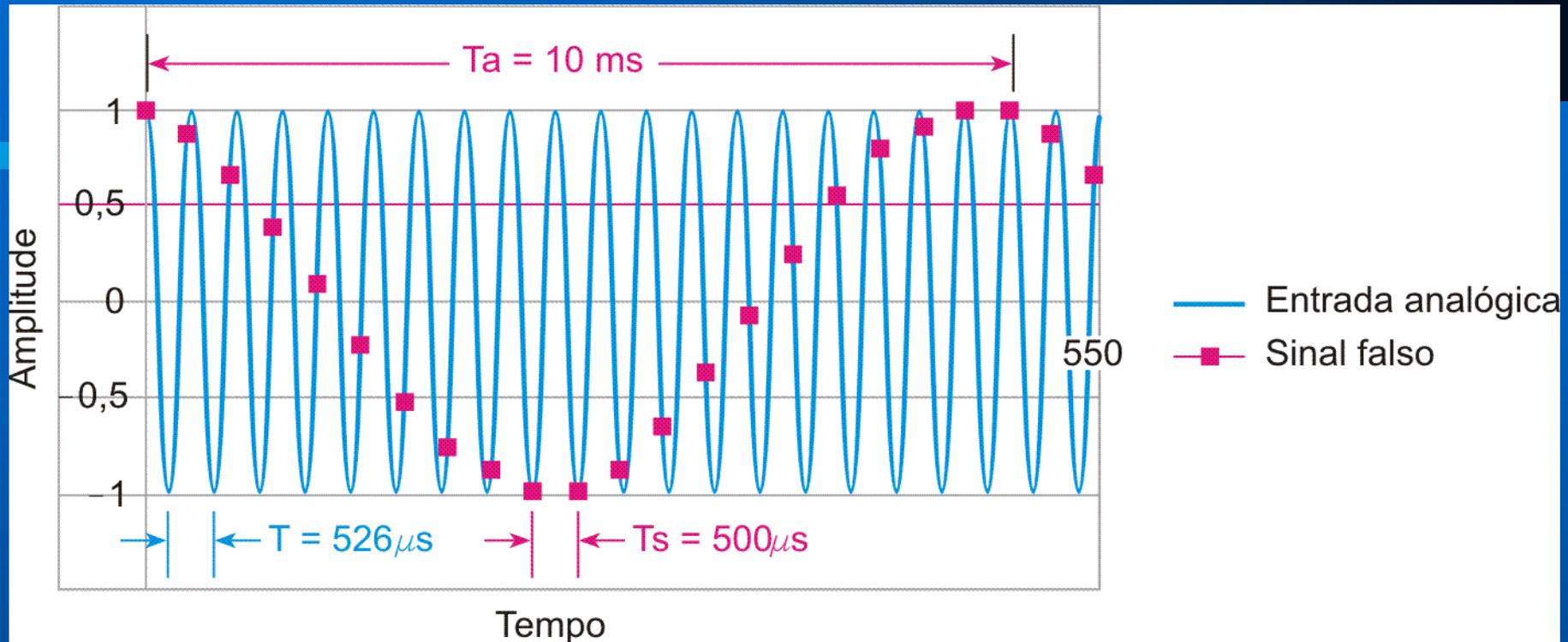
(a) Digitalizando um sinal analógico; (b) Reconstruindo o sinal analógico a partir dos dados digitais.

Aliasing

Um sinal amostrado com uma taxa muito baixa é reconstruído como um sinal de baixa frequência.



Aliasing



$$f_{\text{sinal}} = 1,9 \text{ kHz} \rightarrow T_{\text{sinal}} = 526 \mu\text{s}$$

$$\text{Taxa de amostragem} = 500 \mu\text{s} \rightarrow f_{\text{sampling}} = 2,0 \text{ kHz}$$

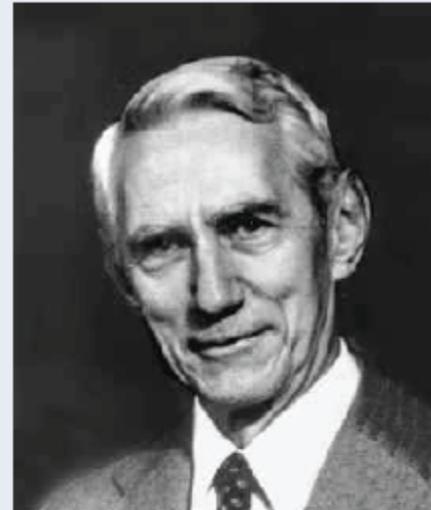
$$\text{Sinal Reconstruído} = 2,0 \text{ kHz} - 1,9 \text{ kHz} = 100 \text{ Hz}$$

($T=10 \text{ ms}$)

3. Teorema da Amostragem (Nyquist / Shannon)



Harry Nyquist (1889-1976)



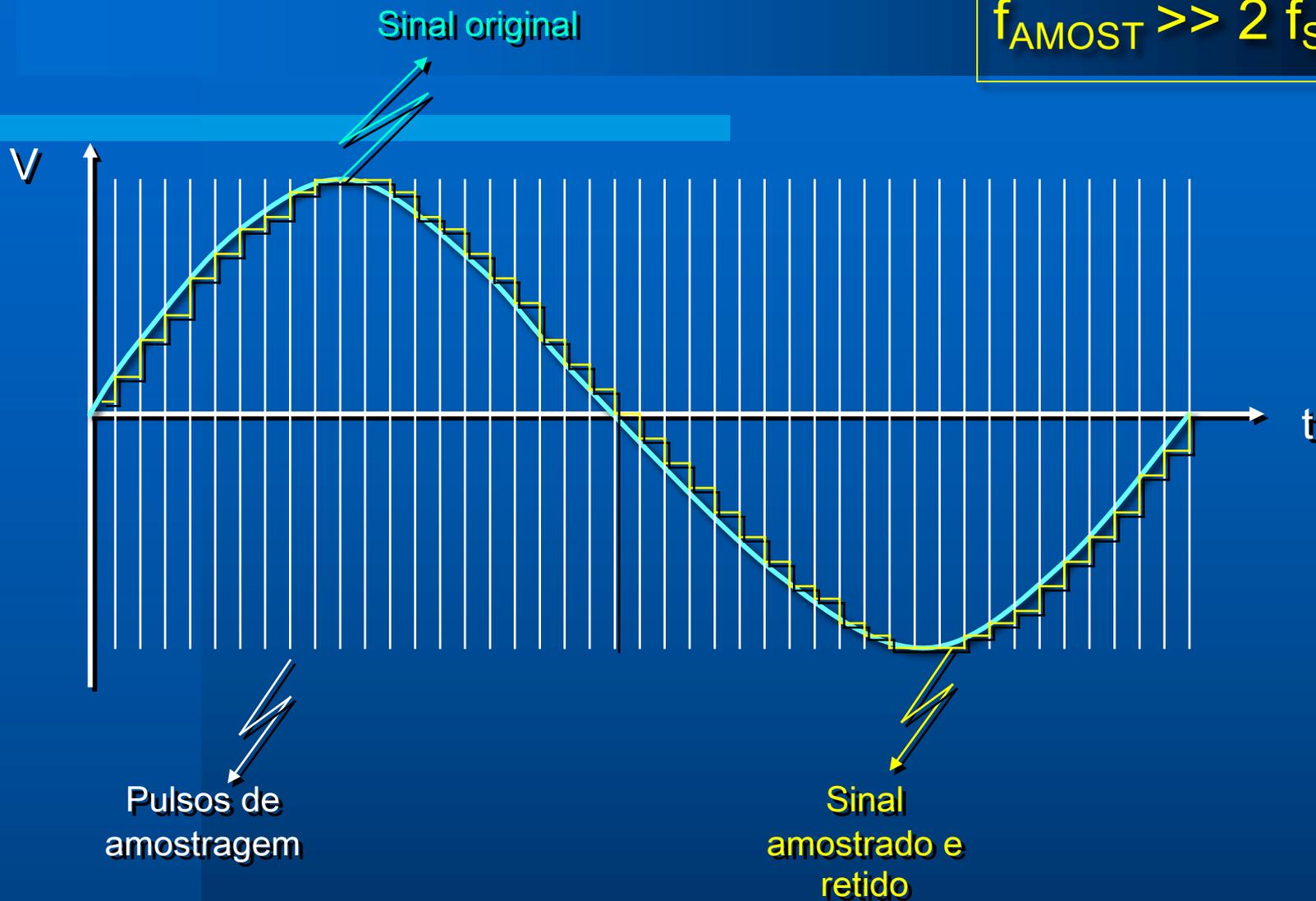
Claude E. Shannon (1916-2001)

Um sinal contínuo pode ser apropriadamente amostrado somente se ele não contiver componentes em frequência acima de metade da frequência de amostragem.

$$f_{max} \leq \frac{f_s}{2}$$

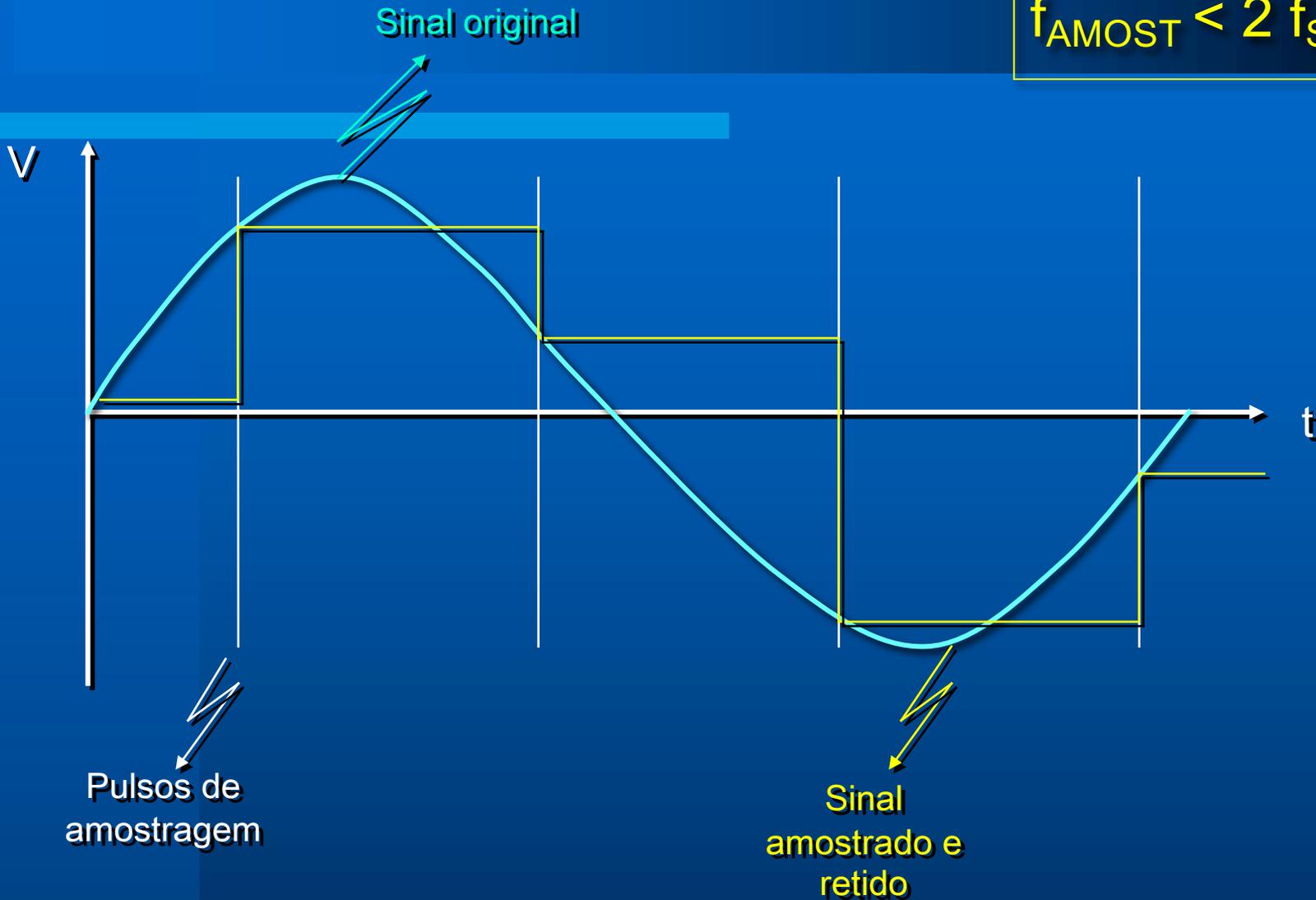
Aplicação do Teorema da Amostragem

$$f_{AMOST} \gg 2 f_{SINAL}$$



Perda de informação por subamostragem

$$f_{AMOST} < 2 f_{SINAL}$$



Amostragem

- Um sinal digital não pode conter frequências acima da frequência de Nyquist ($f_s/2$).
- Quando o sinal analógico tem somente componentes no intervalo $(0, f_s/2)$, não ocorre aliasing.
- Caso contrário, toda frequência acima de $f_s/2$ será mapeada para alguma frequência mais baixa, no intervalo $(0, f_s/2)$.
- Cada frequência contínua acima da taxa de Nyquist tem uma frequência correspondente no intervalo $(0, f_s/2)$. Este sinal “falso” irá se somar ao sinal original, corrompendo o sinal reconstruído.

Filtros Anti-aliasing

- Remover todas as componentes do sinal acima de $f_s/2$ antes da amostragem, através de um filtro analógico passa-baixas.
- Amostrar o sinal a uma taxa ligeiramente superior à taxa de Nyquist.
- Exemplo: em telefonia, os sinais de voz são filtrados por um filtro passa-baixas com frequência de corte igual a 3,4kHz, e a seguir amostrados à taxa de 8 KHz.

FIM