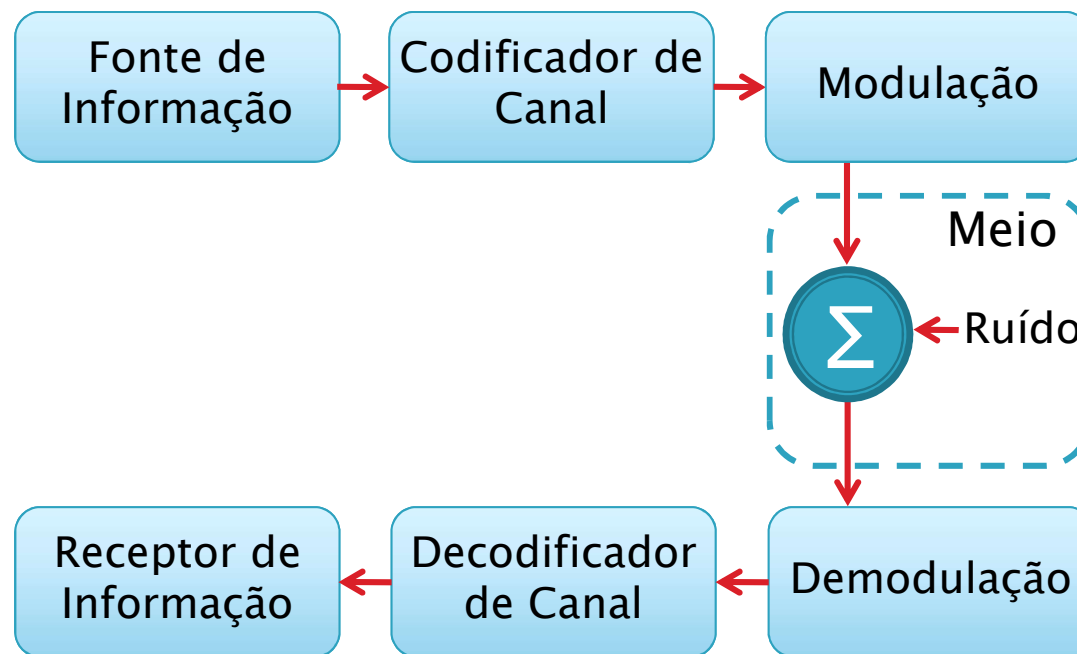


Informações para Trabalho Prático

INF01005 – Comunicação de Dados
Prof. Gabriel Luca Nazar

Proposta

- ▶ Modelar sistema “completo” de comunicação de dados, contendo, no mínimo, os seguintes componentes:

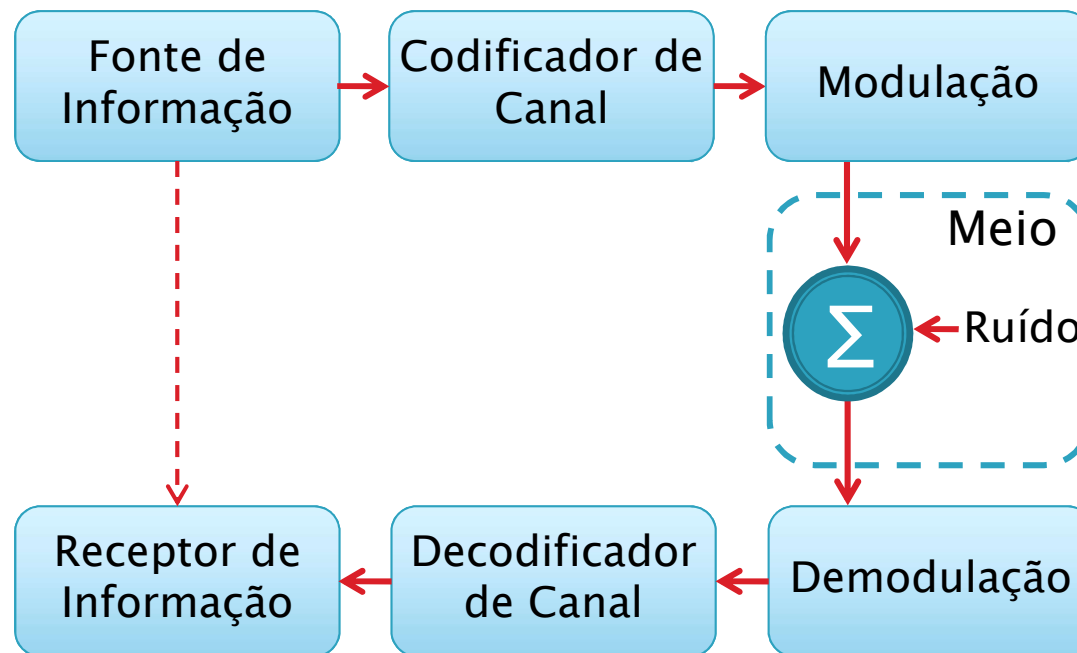


Proposta

- ▶ Objetivo:
 - Avaliar um sistema completo em termos de bit error rate (BER) e/ou frame error rate (FER), variando parâmetros do sistema
 - Avaliação para um intervalo de E_b/N_0 e/ou SNR
 - Baseando-se em um padrão existente de comunicação de dados sem-fios

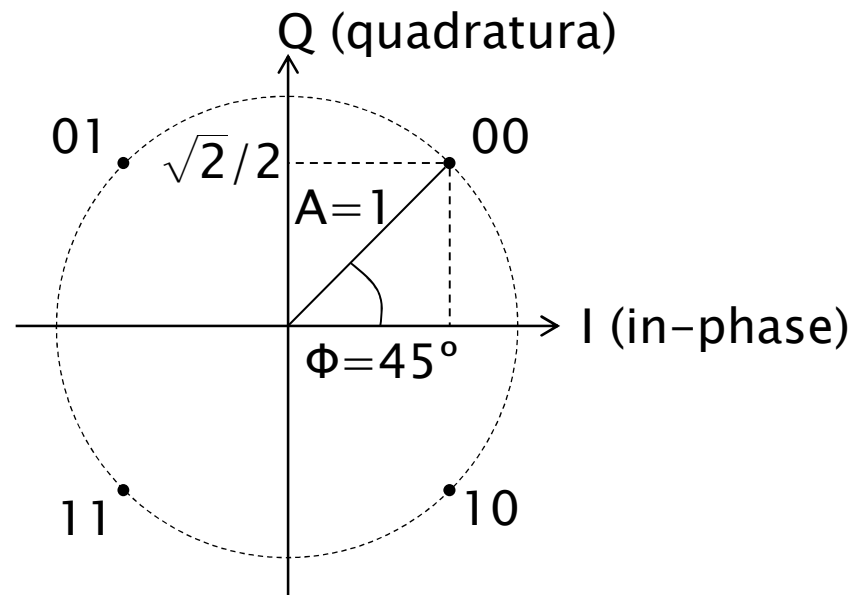
Fonte e Receptor

- ▶ **Fonte** pseudo-aleatória
- ▶ **Receptor** apenas verifica se informação foi recebida corretamente e contabiliza erros
 - Ou seja, receptor “sabe” o que foi enviado



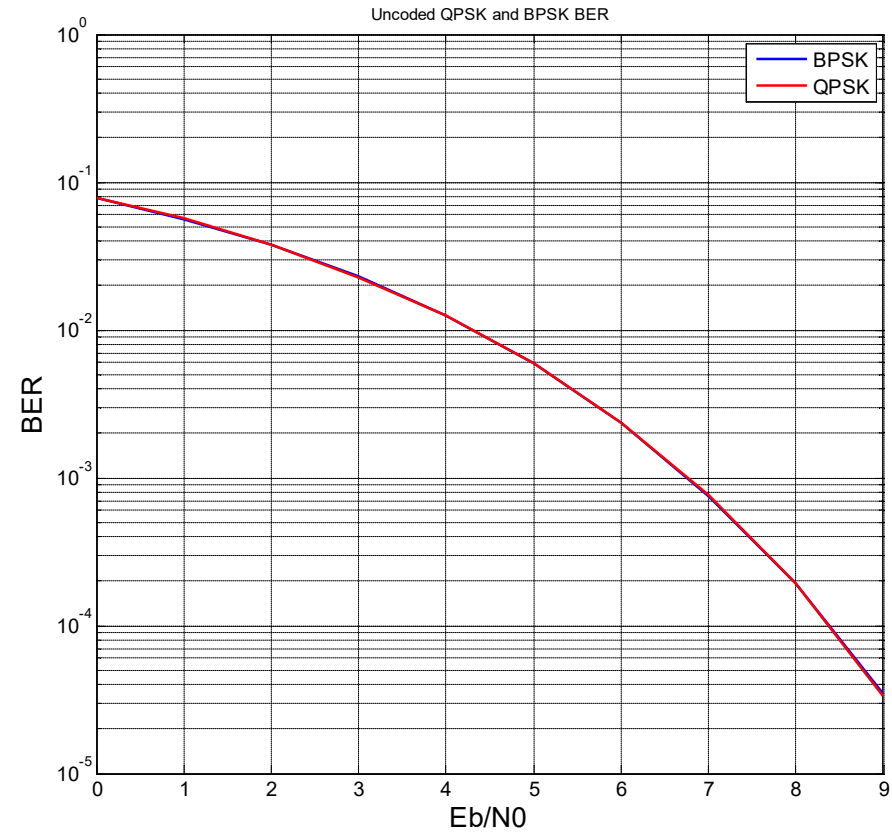
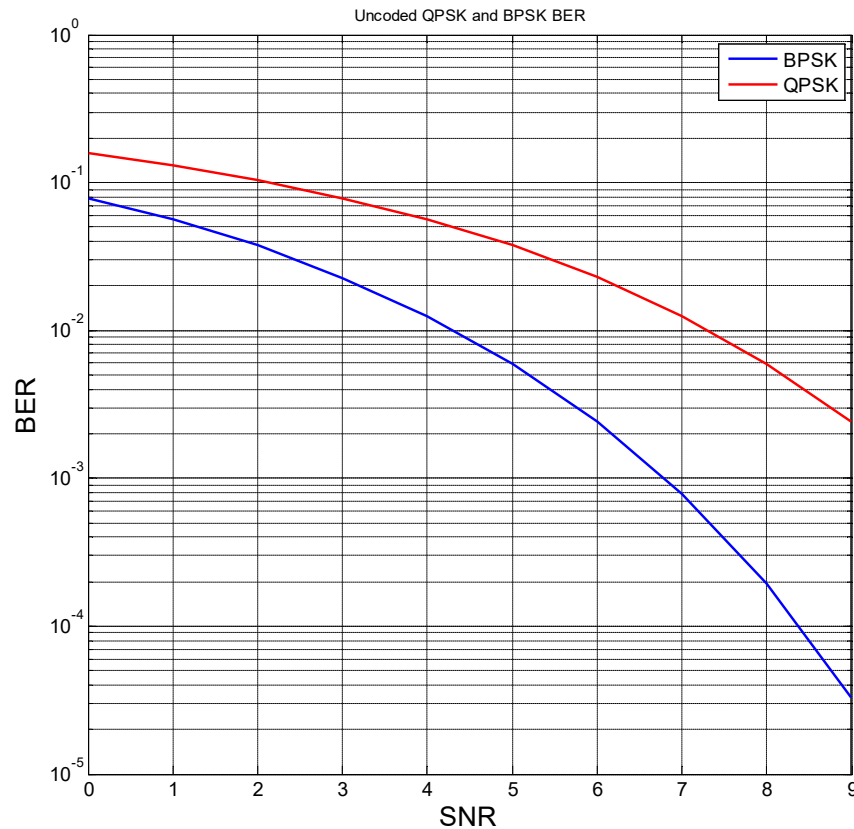
Modulador e demodulador

- ▶ M-PSK ou M-QAM são as mais comuns
- ▶ Importante: para maioria dos trabalhos, simulação dos **símbolos** enviados é suficiente
 - Símbolos complexos são enviados pelo canal ruidoso
 - Não há necessidade de simular portadora no domínio tempo
 - Diferença **enorme** em processamento



As grandezas SNR e E_b/N_0

- ▶ BPSK vs. QPSK
 - O que mudou?



A grandeza E_b/N_0

- ▶ Frequentemente queremos comparar a taxa de erros variando diferentes parâmetros do sistema
 - E isso deve ser feito para um intervalo de SNR
- ▶ Comparar sistemas para diferentes E_b/N_0 é, *em geral*, uma comparação mais **justa**
 - E_b : energia por bit; N_0 : densidade espectral do ruído
 - Normalizada por taxa de bit e banda ocupada

$$\frac{E_b}{N_0} = \frac{S}{N} \cdot \frac{B}{R}$$

← banda
← taxa de transmissão

E_b/N_0 para sistemas codificados

- ▶ Porém: se vamos comparar códigos com **razões** diferentes, isso também deve ser considerado
 - O E_b mais justo é a “energia por bit de informação”
 - Ou seja, a taxa R deve considerar somente a taxa de bits de mensagem

$$\frac{E_b}{N_0} = \frac{S}{N} \cdot \frac{B}{R}$$

← banda
← taxa de transmissão (**bits de mensagem!**)

E_b/N_0 e SNR

- ▶ A razão sinal–ruído não-normalizada (SNR) também pode fazer sentido
 - Exemplo: temos uma potência fixa de transmissão e um ruído desconhecido
 - Um sistema com diversas opções de transmissão pode estar interessado em saber a taxa de erro por razão sinal–ruído
 - Ainda que ao custo de diferentes taxas de transmissão

E_b/N_0 na simulação

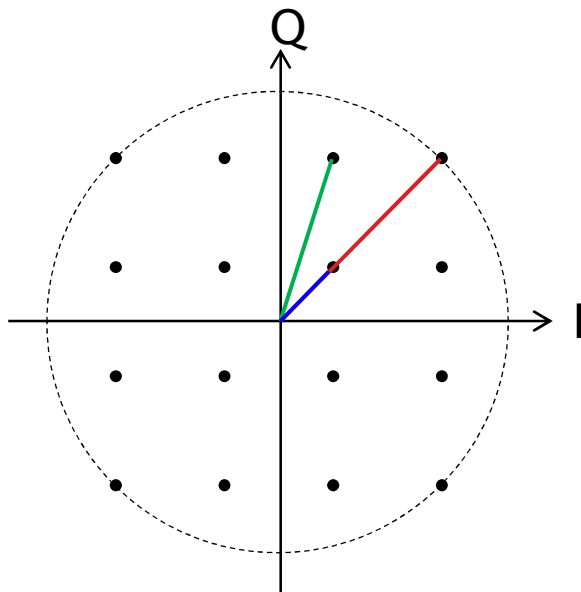
- ▶ O mais fácil é estabelecer valores de E_b/N_0 em um intervalo (em dB)
 - `Eb_N0_dB = -2:1:12; %Exemplo`
- ▶ Não esquecer de linearizar:
 - `Eb_N0_lin = 10 .^ (Eb_N0_dB / 10);`
- ▶ Potência do ruído pode ser inferida:
 - `NP = Eb ./ Eb_N0_lin;`
 - De onde veio E_b ? $E_b = E_s / (M * r)$
 - De onde veio E_s ?
- ▶ Amplitude (desvio padrão) é a raiz da potência (variância)
 - `NA = sqrt(NP);`

E_b/N_0 para diferentes modulações

- ▶ Algumas modulações tem energia variável por símbolo
 - Proporcional ao quadrado da amplitude

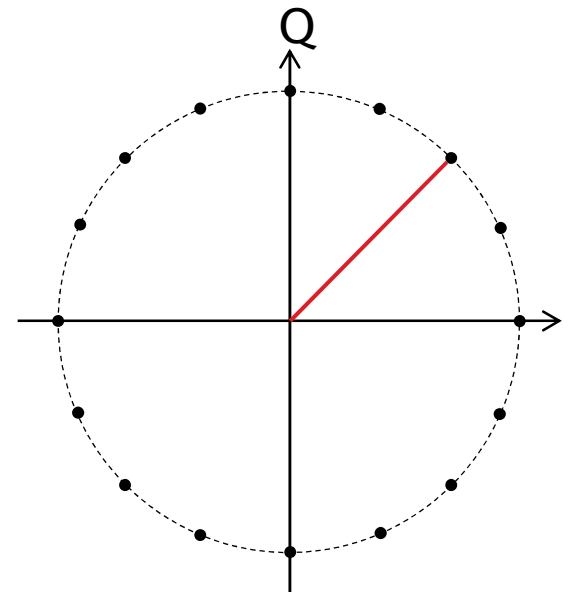
16-QAM

Amplitude variável para cada símbolo



16PSK

Amplitude fixa para cada símbolo



E_b/N_0 para diferentes modulações

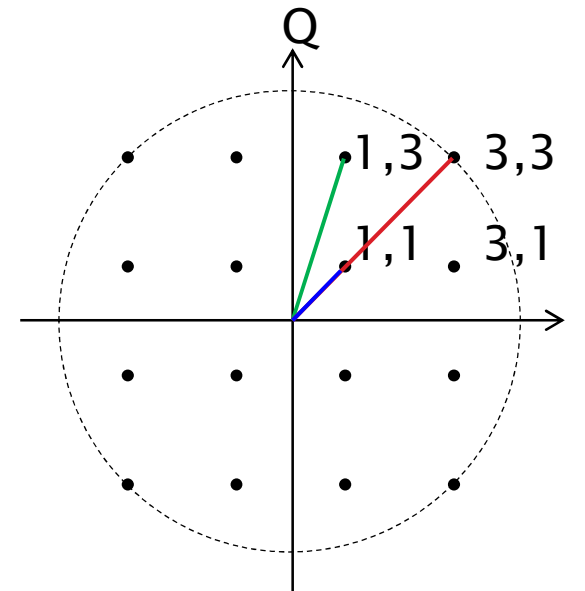
- ▶ Para ajustar: calcular energia média dos símbolos
 - Assumindo equiprobabilidade entre símbolos
 - Exemplo (símbolos do 1 quadrante):

$$(3^2 + 3^2) + (1^2 + 3^2) + (3^2 + 1^2) + (1^2 + 1^2) \\ = 18 + 10 + 10 + 2 = 40$$

Quatro símbolos: $40/4 = 10$

$$E_s = 10 \\ E_b = 10/4$$

16-QAM
Amplitude variável para
cada símbolo



Trabalhos

- ▶ Pesquisar parâmetros de um padrão real e simular seu funcionamento da forma mais fiel possível
 - Modulação, codificação, espalhamento espectral, OFDM, etc., etc.
- ▶ Avaliar o impacto de diferentes parâmetros na qualidade da comunicação
 - E_b/N_0 e/ou SNR
- ▶ Padrões
 - IEEE 802.11b
 - IEEE 802.11g
 - IEEE 802.11n
 - IEEE 802.11ac
 - IEEE 802.11ad
 - IEEE 802.16
 - IEEE 802.16.1
 - IEEE 802.22
 - UMTS
 - HSPA
 - HSPA+
 - LTE
 - LTE-Advanced