

## Lista de Exercícios

1. Projete um enlace de transmissão digital via rádio operando na frequência de 2 GHz. A distância entre transmissor e receptor é de 1 km. Considere o modelo de propagação em espaço livre. O enlace deve transmitir simultaneamente 10 canais de áudio digital e 10 canais de dados. Cada canal de áudio é amostrado a 44,1 kHz e quantizado com 16 bits. Cada canal de dado é de 1 Mbps. A densidade espectral de potência unilateral do ruído é  $N_0 = 10^{-20}$  W/Hz.
  - (a) Considerando a utilização de modulação M-PSK, determine o menor valor de M a ser utilizado, bem como a potência do transmissor em dBm para este caso, para  $\text{BER} < 10^{-5}$ . A largura de banda disponível para transmissão é de  $B = 4,264$  MHz. Considere que a largura de banda deve ser pelo menos igual à taxa de símbolos.
  - (b) E se fosse M-QAM? E usando o modelo log-distância, com  $n = 3$ ?

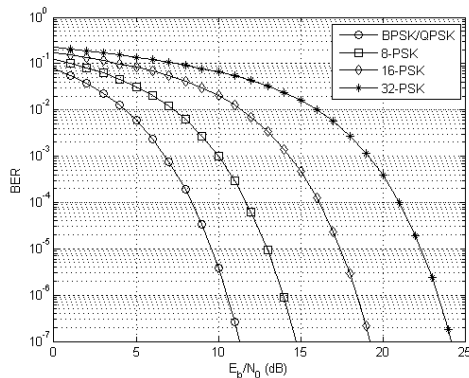


Figura 1: BER versus  $E_b/N_0$  para M-PSK.

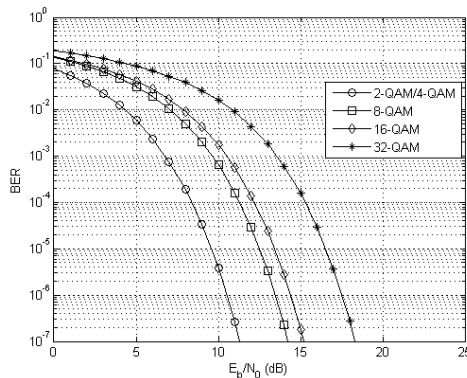


Figura 2: BER versus  $E_b/N_0$  para M-QAM.

2. Um sistema de comunicação sem fio está sujeito a um *path-loss* do tipo:

$$\text{PL(dB)} = -50 + 10 \log_{10} f_c + 30 \log_{10} d$$

onde  $d$  é a distância entre TX e RX e  $f_c = 1$  GHz. Os ganhos das antenas são  $G_t = G_r = 0$  dB, a figura de ruído é  $F = 4$  dB,  $N_0 = -174$  dBm/Hz, a banda é  $B = 1$  MHz, e o valor de SNR requerido é de  $\frac{E_s}{N_0} = 10$  dB. Determine:

- (a) A sensibilidade do receptor (mínima potência recebida requerida).
- (b) Assumindo que a potência de transmissão é  $P_T = 1$  W, qual é o alcance ( $d$ ) do sistema?
- (c) Qual o valor de  $P_T$  que seria necessário se o alcance desejado fosse de  $d = 2$  km?
- (d) Para um dado valor de  $P_T$ , de quanto o alcance aumenta se a taxa de símbolos é reduzida para  $R_s = 100$  k símbolos/s?

3. Qual dos dois sistemas abaixo requer mais potência de transmissão?

Dados	Sistema A	Sistema B
Ganho Antena TX	0 dB	0 dB
Perda de Percurso	110 dB	110 dB
Taxa	10 kbps	1 Mbps
Ganho Antena RX	2,3 dB	2,3 dB
$N_0$	-195 dB/Hz	-195 dB/Hz
Modulação	8-PSK	QPSK
BER Máxima	0,001	0,01
Margem	10 dB	10 dB

4. Neste exercício vamos comparar dois rádios compatíveis com o padrão IEEE 802.15.4 (base do protocolo Zigbee), um da Texas Instruments – CC2420 – e outro da Atmel – AT86RF231. O CC2420 tem máxima potência de transmissão de 0 dBm, sensibilidade de -95 dBm e taxa de 250 kbps. O AT86RF231 tem máxima potência de transmissão de 3 dBm, sensibilidade de -101 dBm a uma taxa de 250 kbps. A frequência de portadora em ambos é de 2,4 GHz.

- (a) Compare o alcance dos dois rádios considerando o espaço livre.
- (b) Compare o alcance dos dois rádios considerando o modelo log-distância com expoente de perda de percurso  $n = 4$  e  $d_0 = 1$  m.
- (c) Como dois rádios que seguem o mesmo padrão podem ter alcances tão diferentes?
- (d) Procure nos datasheets dos dois rádios outras diferenças relevantes entre eles.
- (e) Ambas as empresas (além de outras empresas) possuem outros rádios no padrão 802.15.4. Como escolher o rádio mais apropriado?