

Relatório V - Laboratório V

Schaiana Sonaglio

Sistemas de Comunicação I

<schaiana.s@aluno.ifsc.edu.br>

1 Introdução

Neste relatório, serão apresentadas as soluções para seis questões propostas no quinto laboratório da disciplina Sistemas de Comunicação I (COM1), além de uma breve explicação sobre os conceitos teóricos necessários para a resolução de cada questão, análise dos resultados e considerações finais sobre o conteúdo revisado ou aprendido. Todas as questões foram resolvidas utilizando o software Matlab.

2 Conceitos Teóricos

2.1 Modulações Digitais

2.1.1 PSK (do inglês Phase Shift Keying)

É a modulação digital onde somente a fase da portadora é variada, para representar os níveis 0 e 1, permanecendo, a cada intervalo de bit, constante. A amplitude e a frequência não são alteradas. É a modulação com melhor imunidade a ruídos e significativa velocidade de transmissão.

2.1.2 FSK (do inglês Frequency Shift Keying)

É a modulação digital onde somente a frequência da portadora é variada, para representar os níveis 0 e 1.

A principal característica dessa modulação é a boa imunidade a ruídos, mas necessita de uma maior largura de banda.

2.1.3 ASK (do inglês Amplitude Shift Keying)

É a modulação digital onde somente a amplitude da portadora é variada, para representar os níveis 0 e 1.

Esta modulação possui facilidade de modulação e demodulação, pequena largura de faixa e baixa imunidade a ruídos.

2.1.4 QAM (do inglês Quadrature Amplitude Modulation)

É a modulação digital que combina as modulações ASK e PSK, pois há variação de fase e amplitude na onda portadora, de acordo com a informação digital a ser transmitida.

3 Apresentação das questões e dos Resultados

3.1 Exercício 1

Utilizando uma sequência de informação com 10 bits, gere as formas dos sinais modulados para as modulações PSK, FSK e ASK.

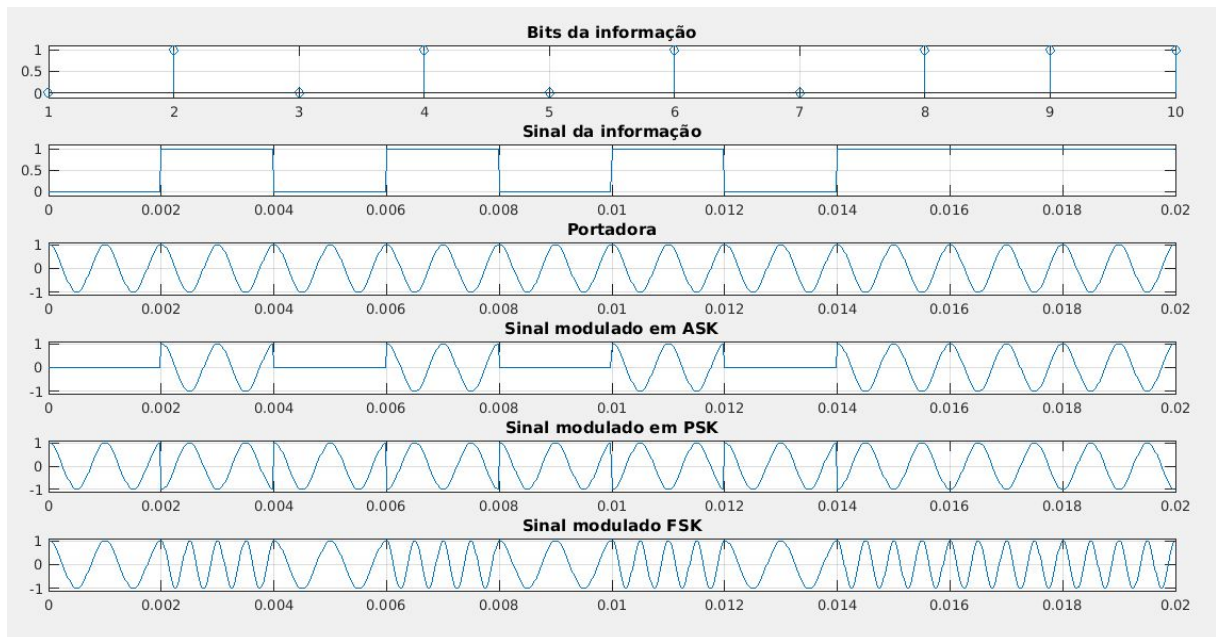


Figura 1 - Exercício 1: Resultados

Conforme ilustrado na Figura 1, a informação foi gerada através de mudanças na portadora. Para o sinal modulado em ASK, houve alteração na amplitude do sinal da portadora, para o sinal modulado em PSK, houve mudança na fase da portadora, para o sinal FSK, houve mudança na frequência da portadora, a fim de transmitir o sinal de informação gerado.

3.2 Exercício 2

Utilizando uma sequência de informação com 10 símbolos, em que cada símbolo possui 4 bits, gere as formas de onda dos sinais modulados para as modulações PSK, ASK e QAM (APK).

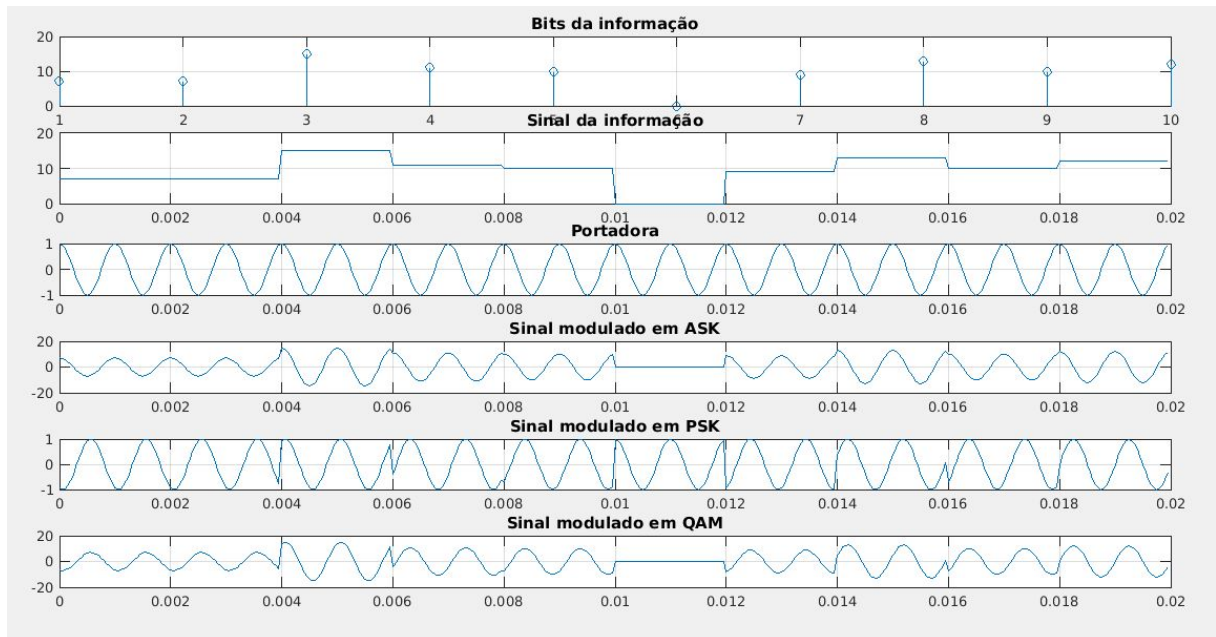


Figura 2 - Exercício 2: Resultados

Conforme ilustrado na Figura 2, este exercício também mostra os conceitos descritos na primeira etapa do relatório, porém, a informação gerada possui 4 bits para cada símbolo, ou seja, a portadora pode assumir 16 variações diferentes. Além desta diferença, foi ilustrada a modulação QAM, onde a fase e a amplitude da portadora são alteradas.

3.3 Exercício 3

Faça uma comparação entre o desempenho das modulações MPSK, para $M = 2, 4, 8$ e 16 . Utilize a probabilidade de erro de símbolo e a SNR como parâmetros para esta comparação.

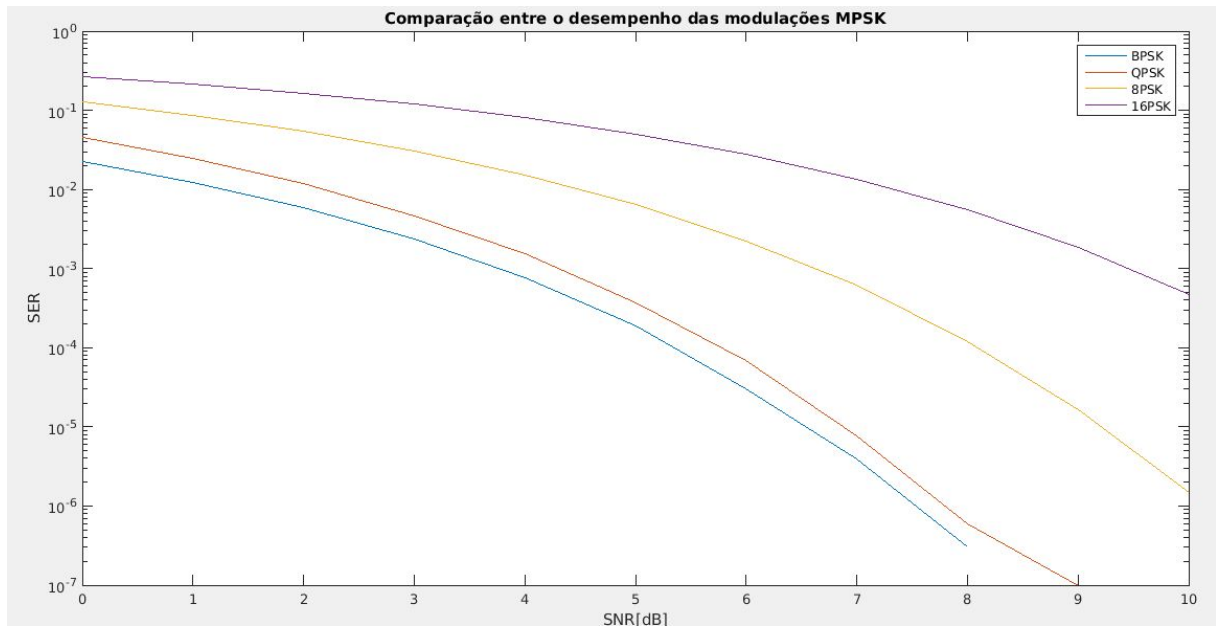


Figura 3 - Exercício 3: Resultados

Conforme ilustrado na Figura 3, o desempenho da modulação BPSK é o melhor, pois, como há menos pontos na constelação, há menos chance de um símbolo ser representado errado, o vetor que sinaliza o esforço para que um símbolo seja representado errado é o maior para o BPSK. Como a probabilidade de erro de bit do BPSK e do QPSK é igual, o QPSK também possui o melhor desempenho. A probabilidade dessas duas modulações é igual devido às explicações das Figuras 4 e 5, onde mostra a distância d na modulação QPSK, que é equivalente à distância dos símbolos da constelação BPSK.

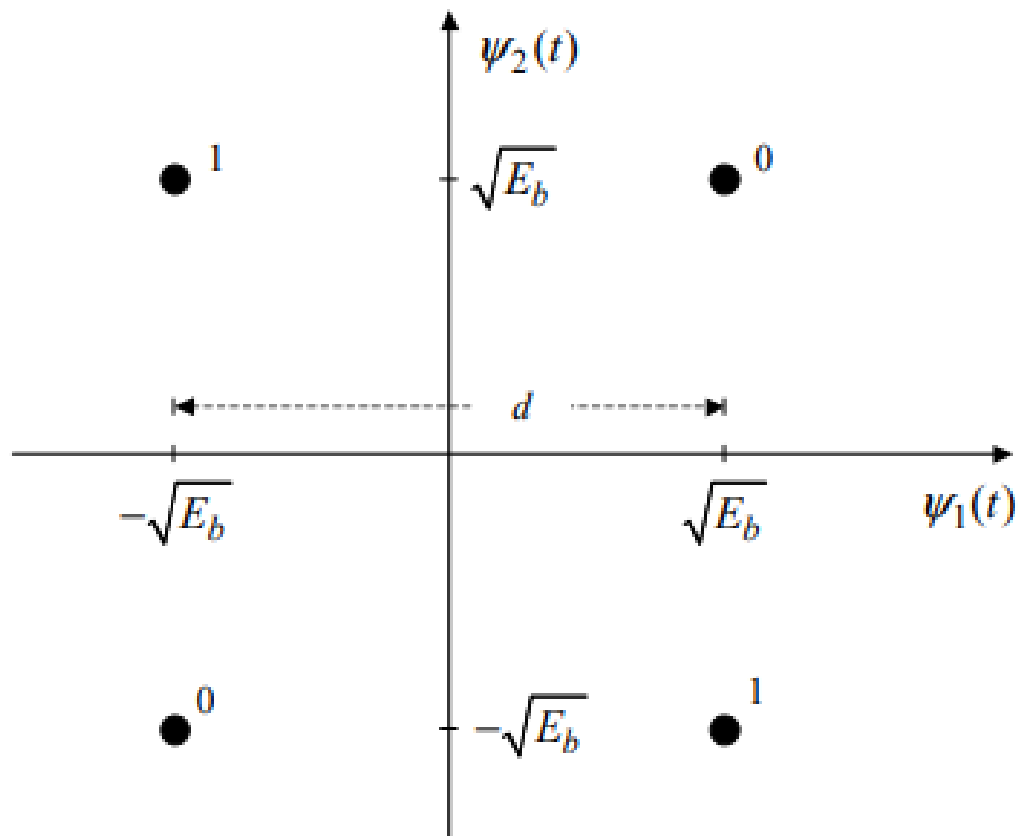


Figura 4 - Exercício 3: Probabilidade de erro de bit em BPSK e QPSK

- Distância entre pontos mais próximos: $d = 2\sqrt{E_b}$

$$\Rightarrow P_B = Q\left(\frac{d}{\sqrt{2N_0}}\right) = Q\left(\sqrt{\frac{2E_b}{N_0}}\right)$$

Figura 5 - Exercício 3: Probabilidade de erro de bit em BPSK e QPSK

3.4 Exercício 4

Faça uma comparação entre o desempenho das modulações MQAM, para $M = 4, 16$ e 64 . Utilize a probabilidade de erro de símbolo e a SNR como parâmetros para esta comparação.

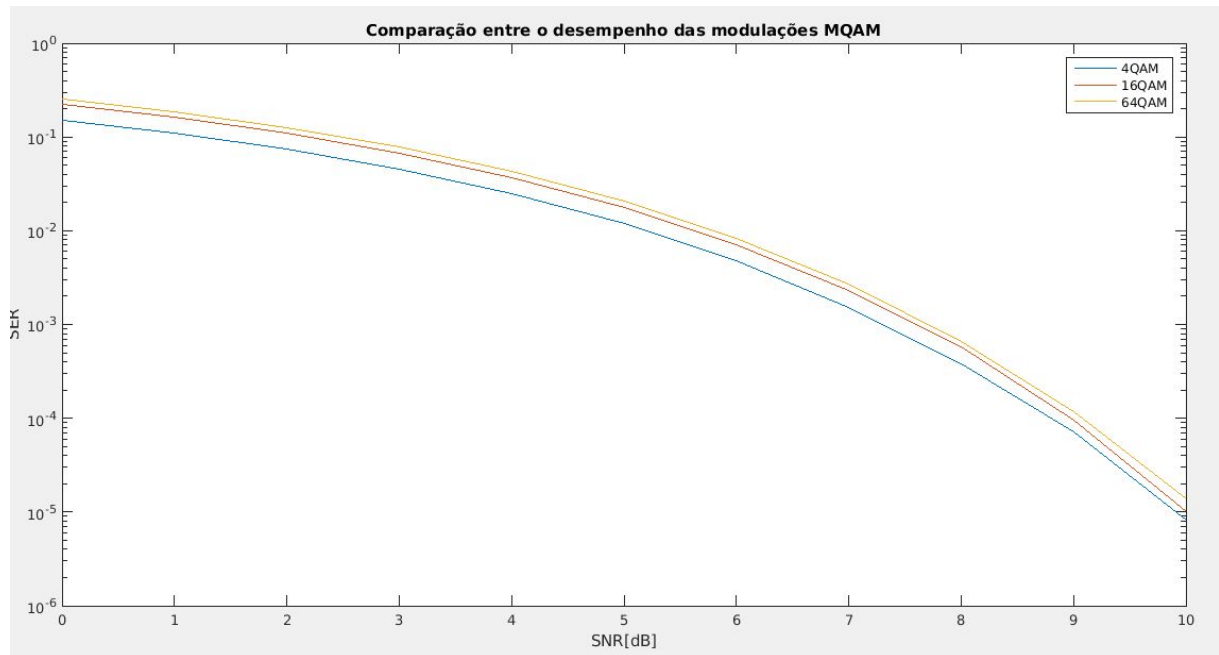


Figura 6 - Exercício 4: Resultados

Conforme observado na Figura 6, o desempenho da modulação 4QAM foi o melhor, pois, como há menos símbolos, há menos chance de algum deles transmitir a informação errada.

3.5 Exercício 5

Faça uma comparação entre o desempenho de uma modulação 16-PSK e 16-QAM. Utilize a probabilidade de erro de símbolo e a SNR como parâmetros para esta comparação.

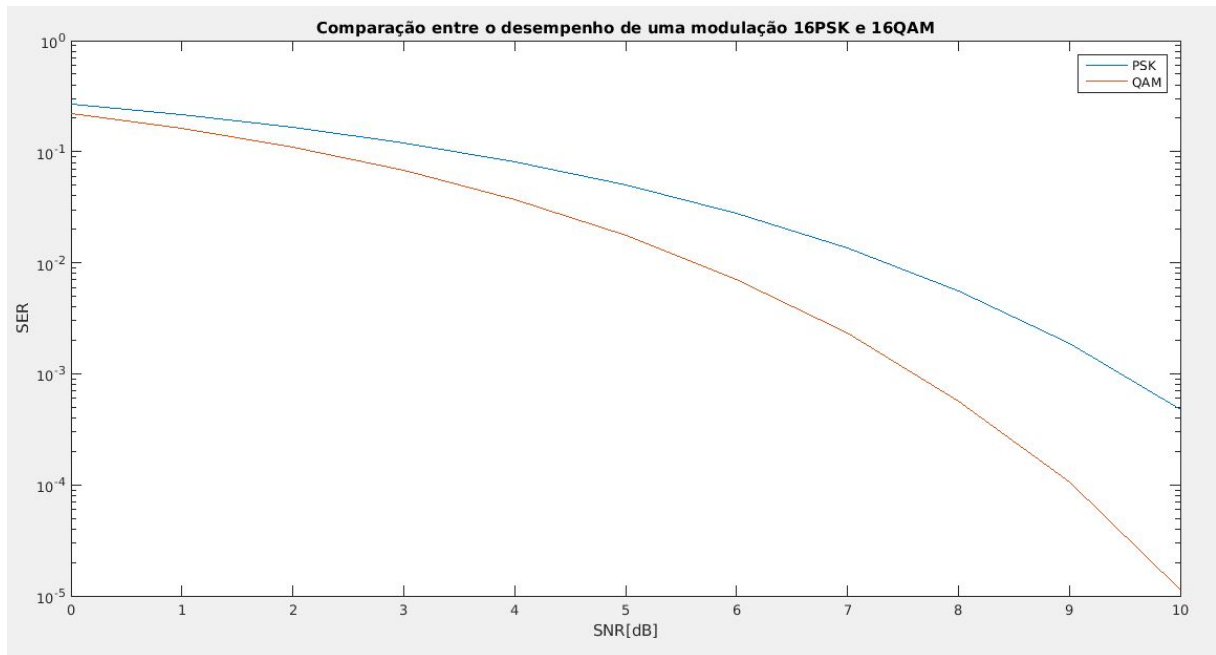


Figura 7 - Exercício 5: Resultados

Conforme observado na Figura 7, o desempenho da modulação 16AQM foi o melhor, pois, devido à disposição da sua constelação, a probabilidade de um símbolo representar uma informação errada é menor, pois eles estão mais distantes entre si, ou seja, quanto maior for o M do M-QAM ou M-PSK, pior vai ser o desempenho do PSK, caso o raio seja o mesmo, pois os símbolos estarão cada vez mais próximos, havendo mais erros.

3.6 Exercício 6

Desenvolva em matlab um script para simular um modulador/demodulador em Quadratura utilizando: (i) Arquitetura QAM e (ii) Representação complexa do sinal. Utilize a modulação 16-QAM como base.

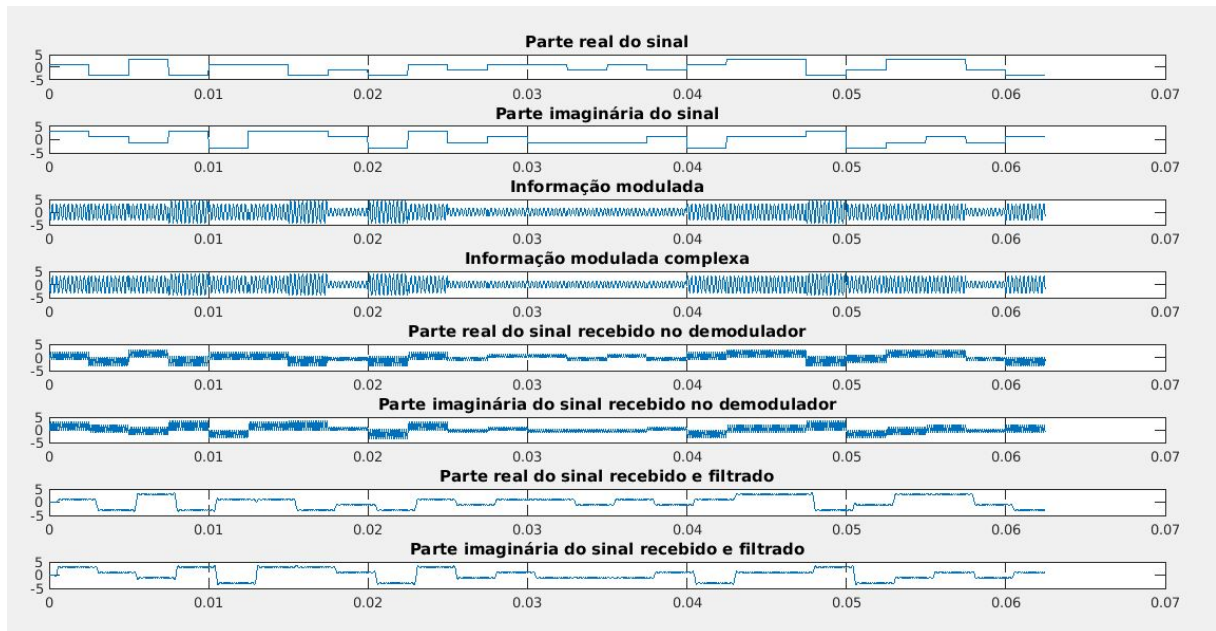


Figura 8 - Exercício 6: Resultados - parte 1

Na Figura 8, observa-se o sinal recebido sendo dividido em parte real e imaginária, depois sendo modulado em 16-QAM, depois transformado para números complexos, sendo enviado ao demodulador para ser decodificado e filtrado em parte real e imaginária novamente.

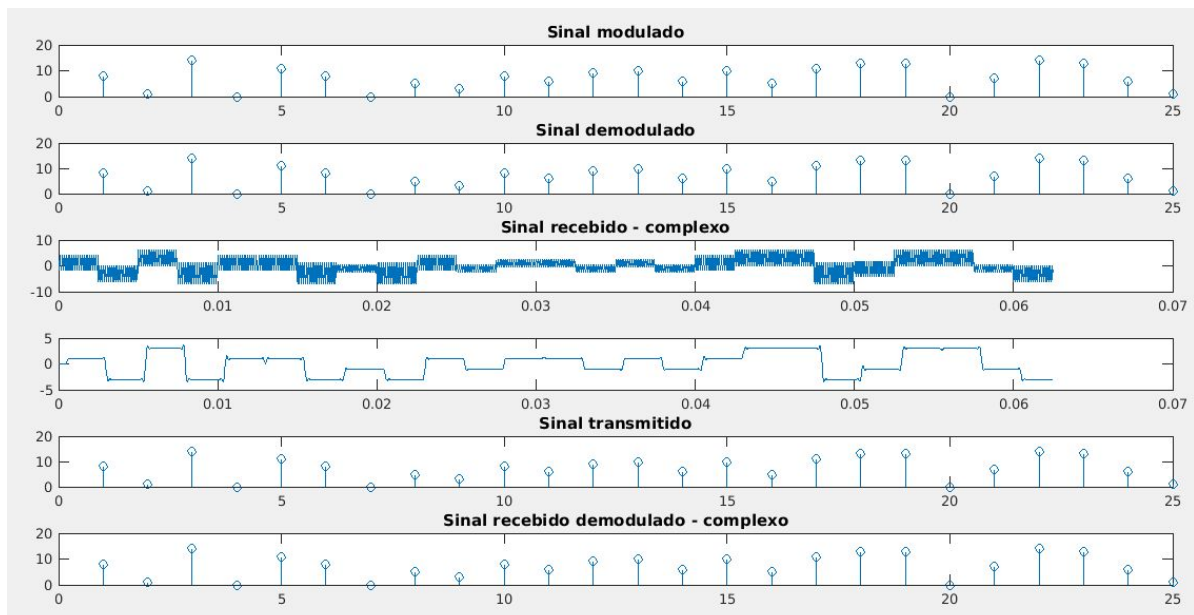


Figura 9 - Exercício 6: Resultados - parte 2

Na Figura 9, observa-se o sinal modulado e depois demodulado, o sinal recebido em forma complexa e depois uma comparação entre o sinal transmitido e o sinal demodulado no final, mostrando que a implementação ocorreu de forma correta.

4 Considerações Finais

Neste laboratório, foi possível ver na prática os conceitos de modulação digital, assim como exemplificar a análise de desempenho de erros comparando algumas das modulações.