



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA



David Maykon Krepsky Silva

Aumento da BER em sistemas PAM utilizando codificação Gray

Data de realização do experimento:

27 de outubro de 2015

Série/Turma:

1000/1011

Prof. Jaime Laelson Jacob

10 de novembro de 2015

Resumo

Nos sistemas de telecomunicações reais, sempre há a presença de ruído na recepção de um sinal. Um dos modelos utilizado para simular a presença de ruído em uma transmissão é o AWGN (*aditive white Gaussian noise*), o qual representa o ruído térmico. Esse ruído perturba o sinal de forma a prejudicar a recuperação da informação, sendo que quanto maior a potência do ruído, maior a dificuldade em recuperar a informação original. Neste trabalho é analisado a eficiência na transmissão de dados utilizando um sistema PAM M-ário em um canal com ruído do tipo AWGN. Foram realizados estudos para transmissões com e sem o uso da codificação Gray, que é uma técnica utilizada para melhorar a BER nos sistemas de telecomunicações. O critério de avaliação adotado para determinar o desempenho do sistema foi a taxa de erro de bit (BER - *Bit Error Rate*). Foi possível observar que conforme a quantidade de ruído aumenta, a taxa de erro de bit também aumenta. Outro fato constatado é que a codificação Gray melhora o desempenho do sistema.

Sumário

Resumo	1
1 Introdução	3
2 Revisão da Teoria	4
2.1 Modulação PAM	4
2.2 Codificação Gray	4
3 Metodologia Experimental	5
3.1 Materiais	5
3.2 4-PAM com codificação banária	5
3.3 4-PAM com codificação Gray	6
4 Resultados	8
4.1 4-PAM com codificação binária	8
4.2 4-PAM com codificação Gray	9
5 Discussão e Conclusão	12

1 Introdução

Atualmente, os principais sistemas de comunicação utilizam modulação digital. A internet, os celulares e até mesmo a TV necessitam de modems digitais para seu funcionamento. Isso se deve ao grande número de vantagens das técnicas de transmissão digital em relação as analógicas. Embora bastante robustas contra ruídos, as modulações digitais também perdem informação quando a quantidade de ruído é alta. Para minimizar o efeito do ruído é utilizada a codificação Gray, que facilita a recuperação da informação original, resultando em uma maior BER.

2 Revisão da Teoria

2.1 Modulação PAM

Modulação por amplitude de pulso (*Pulse Amplitude Modulation* - PAM) é a maneira mais simples de modulação digital. Essa técnica consiste em transmitir dados através da variação da amplitude da tensão (ou potência) de um sinal pulsado, ou seja, a informação a ser transmitida é inserida na amplitude de uma sequência de pulsos elétricos, como mostra a figura 1.

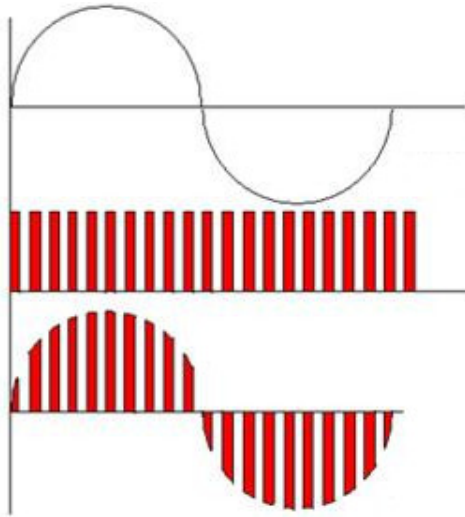


Figura 1: Modulação PAM de um sinal senoidal.

Ao olhar para a figura 1, podemos dizer que a modulação PAM possui um número infinito de níveis de amplitude possíveis. Porém, nos sistemas de telecomunicações reais são utilizados somente alguns níveis para descrever a informação a ser transmitidas. Tais sistemas são chamados de PAM multinível e podem ter 4, 8, 16 ou mais níveis.

2.2 Codificação Gray

3 Metodologia Experimental

3.1 Materiais

Para a realização do experimento foi utilizado o software Simulink do pacote Matlab.

O experimento foi realizado em duas partes. Na primeira foi feito com o transmissor/receptor 4-PAM com codificação binária e na segunda parte foi utilizado o mesmo circuito, porém, com codificação Gray.

3.2 4-PAM com codificação binária

Na primeira atividade, foi montado o circuito da figura 2 com ajuda do roteiro que continha todos os parâmetros necessários para configurar os blocos.

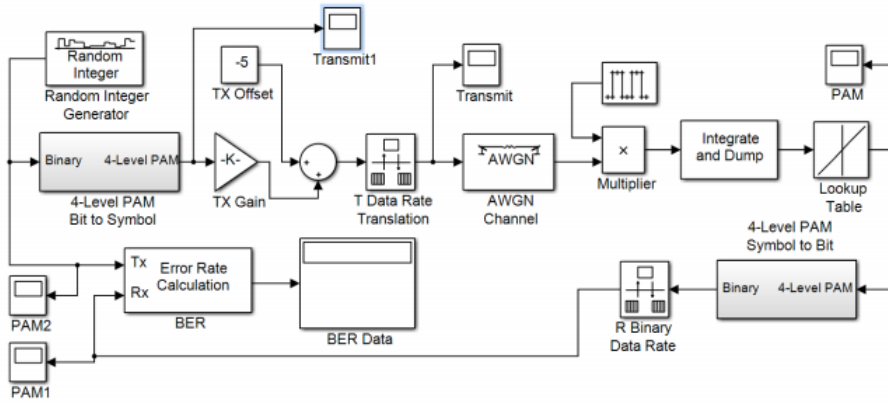


Figura 2: Diagrama do sistema PAM.

Um sistema de comunicação digital PAM retangular M-ário com AWGN e um receptor ótimo implementado como um correlacionador é mostrado na figura 2. Os pulsos 4-PAM retangular tem igual probabilidades a de ocorrências.

O próximo passo é montar um conversor binário de símbolos retangular conforme a figura 3. E também deve-se montar um conversor símbolos retangular para binário, conforme a figura 4.

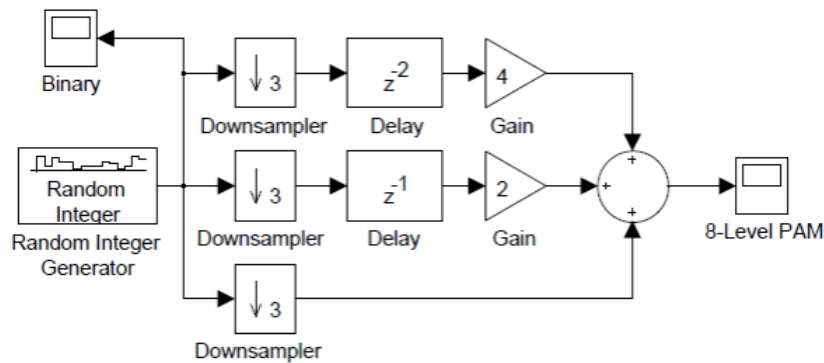


Figura 3: Conversor de símbolos.

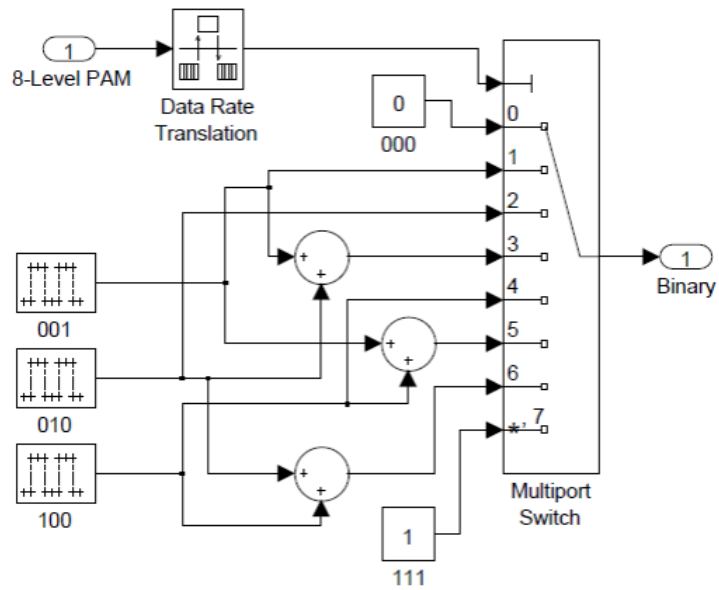


Figura 4: Conversor de símbolos.

Em seguida, obter os gráficos nos pontos onde há osciloscópio para o 4-PAM e também verificar o atraso no sinal recebido em relação ao transmitido. Plotar o gráfico BER x E_b/N_o (semilogy).

Em seguida, montar uma tabela de acordo com a tabela 2.

Tabela 1: Tabela BER x E_b/N_o

$\frac{E_b}{N_o}$ [dB]	BER	P_b
∞	0	0
10		2.4×10^{-3}
8	1.28×10^{-3}	
6		
4		
2		
0		

3.3 4-PAM com codificação Gray

Como próxima atividade, simular o circuito 4-PAM com código Gray.

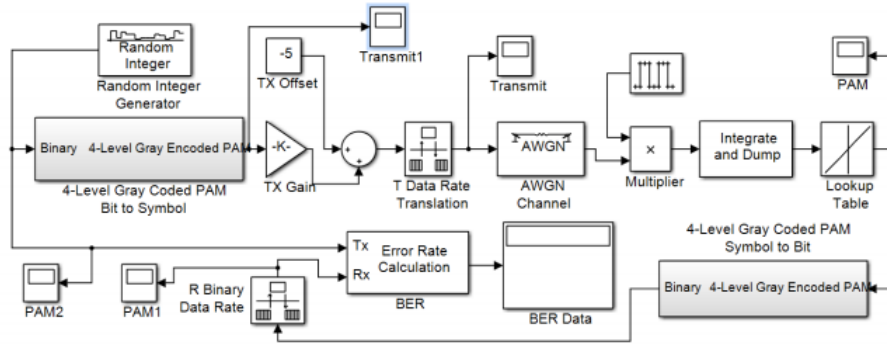


Figura 5: PAM com código Gray.

O sistema de comunicação 4-PAM retangular e código Gray de 2 bits é similar ao sistema 4-PAM retangular não codificado. O código Gray atribuiá entrada de di-bits 00, 01, 10 e 11 como os quatro níveis de saída 0, 1, 3 e 2 respectivamente. Os parâmetros de simulação devem ser ajustados de acordo com o roteiro.

Por conseguinte, gerar os gráficos nos pontos onde possui o osciloscópio BER. Verificar o atraso no sinal recebido em relação ao transmitido e plotar o gráfico BER x E_b/N_o (semilogy). A tabela ?? deverá ser preenchida com os dados encontrados. *Obs. A potência do sinal é 13,9 W.

Tabela 2: Tabela BER x E_b/N_o para PAM com codificação Gray.

$\frac{E_b}{N_o}$ [dB]	BER	P_b
∞	0	0
10		1.8×10^{-3}
8	8.6×10^{-3}	
6		
4		
2		
0		

E para finalizar, é necessário plotar em um mesmo gráfico as BER x E_b/N_o dos itens 2 e 4 do roteiro.

4 Resultados

4.1 4-PAM com codificação binária

Na figura 6, são mostrados os sinais do sistema PAM com codificação binária. Como pode-se notar na legenda observa-se os pontos onde ocorreu a leitura de sinal. Como nota-se quando comprara-se o sinal transmitido ao recebido, percebe-se um atraso de aproximadamente 6 bits.

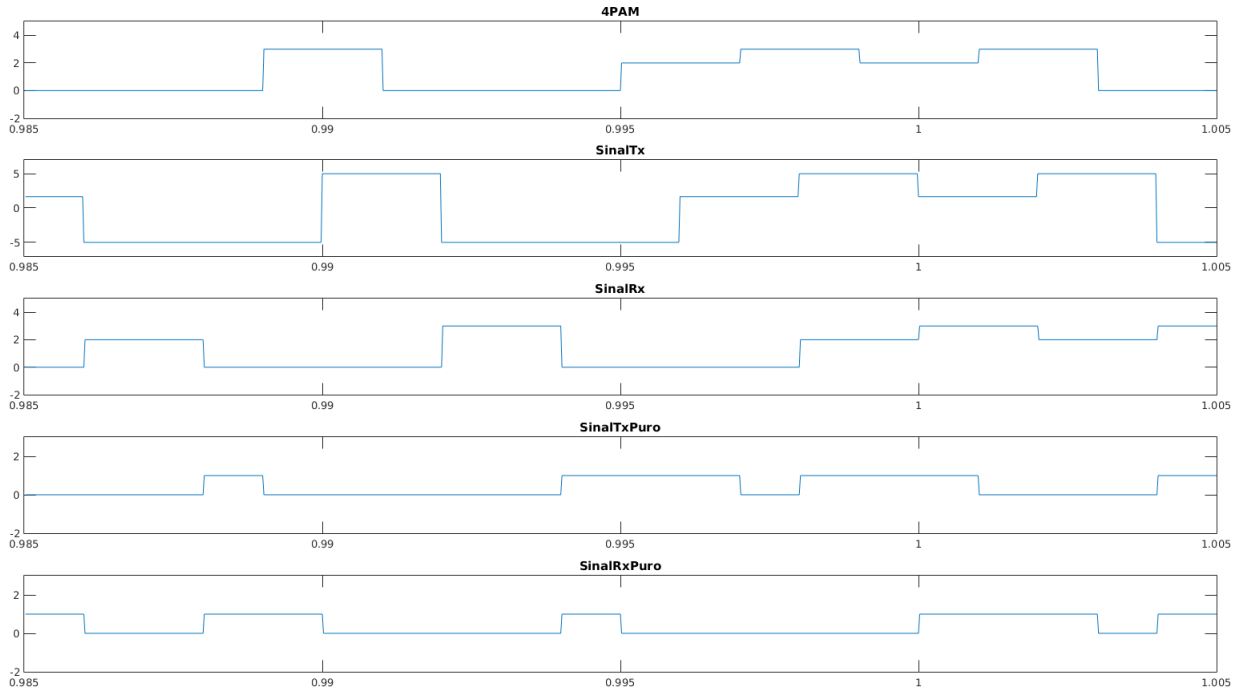


Figura 6: Sinais obtidos.

Quanto ao desempenho do sistema, a tabela 3 mostra a taxa de erro de bit e a probabilidade de erro em função da razão energia de bit e potência do ruído, sendo que a figura 7 mostra a representação gráfica da $BER_{\frac{Eb}{No}}$.

Tabela 3: Tabela BER x E_b/N_o

$\frac{Eb}{No}$ [dB]	BER	P_b
∞	0	0
10	0.0031	2.4×10^{-3}
8	1.28×10^{-3}	0.0123
6	0.0396	0.0372
4	0.077	0.0782
2	0.1311	0.1301
0	0.1821	0.1855

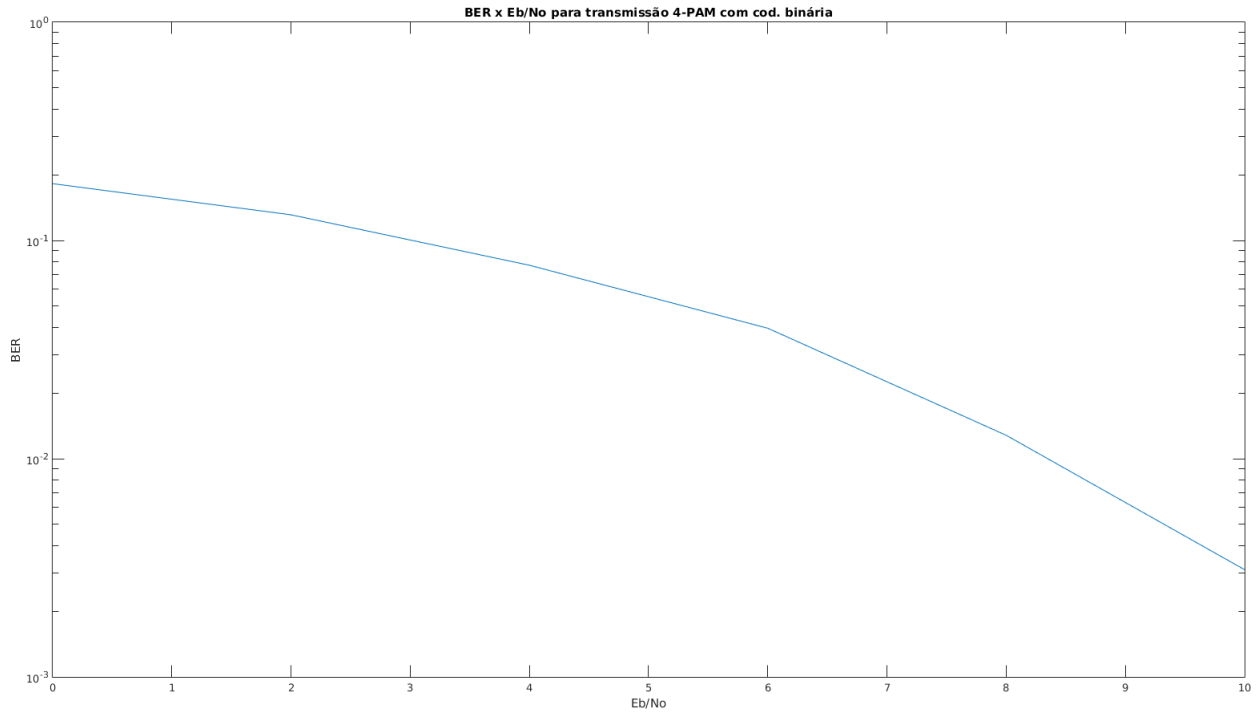


Figura 7: BER com código binário.

4.2 4-PAM com codificação Gray

Na figura 8, são mostrados os sinais do sistema PAM com codificação gray. Como pode-se notar na legenda observa-se os pontos onde ocorreu a leitura de sinal. Como nota-se quando comprara-se o sinal transmitido ao recebido, percebe-se um atraso de aproximadamente 6 bits.

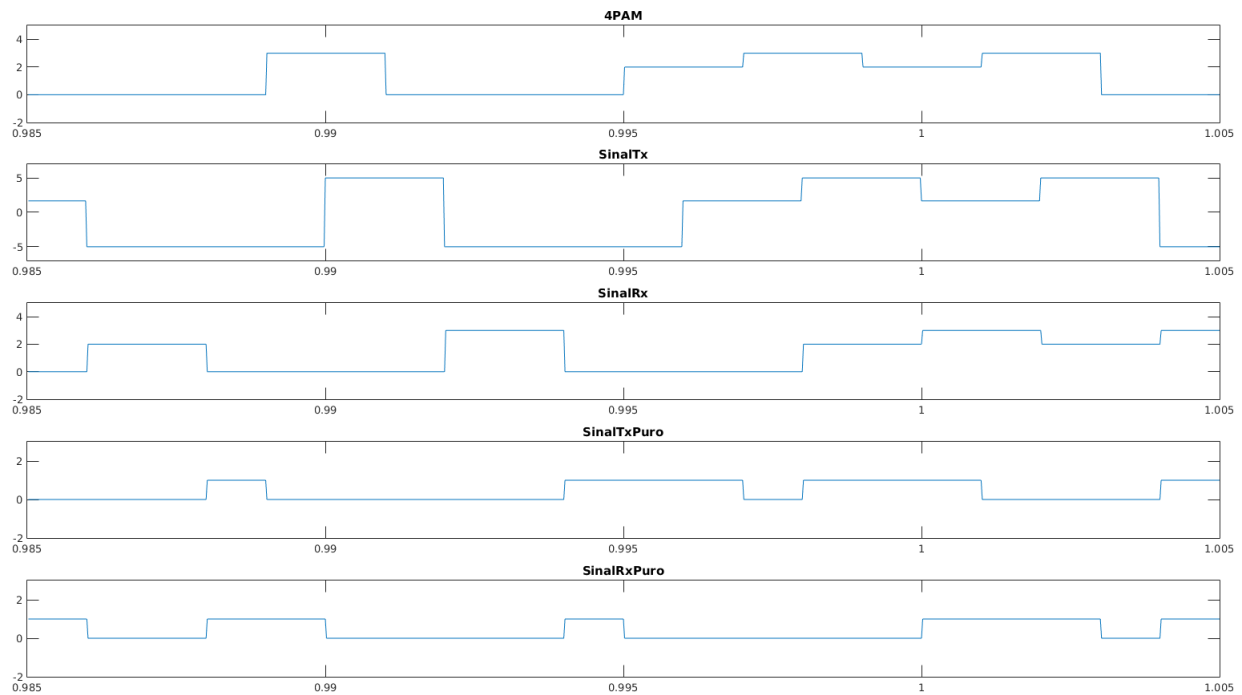


Figura 8: Sinais obtidos.

Quanto ao desempenho do sistema, a tabela 4 mostra a taxa de erro de bit e a probabilidade

de erro em função da razão energia de bit e potência do ruído, sendo que a figura 9 mostra a representação gráfica da $\text{BER} \times \frac{E_b}{N_o}$.

Tabela 4: Tabela BER x E_b/N_o

$\frac{E_b}{N_o}$ [dB]	BER	P_b
∞	0	0
10	0.0019	1.8×10^{-3}
8	8.6×10^{-3}	0.0092
6	0.0274	0.0279
4	0.0595	0.0586
2	0.0954	0.0976
0	0.1463	0.1392

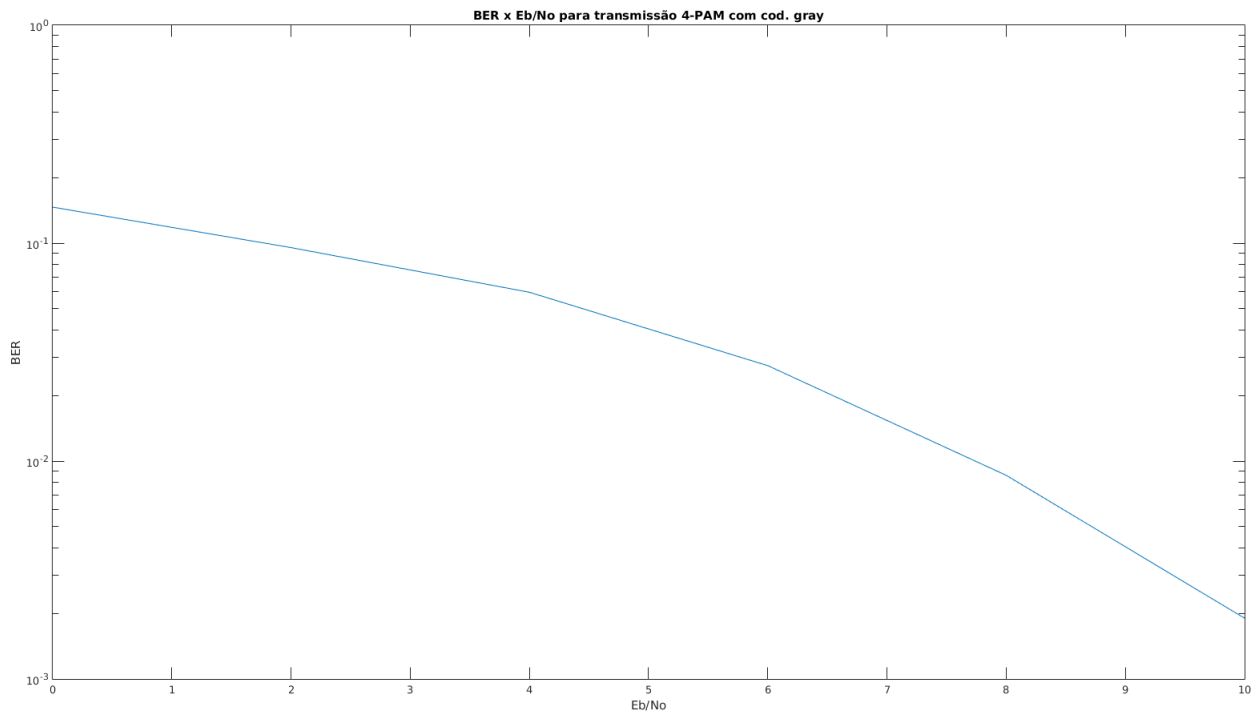


Figura 9: BER com código Gray.

Para finalizar, a figura 10 mostra o gráfico de desempenho para as duas codificações, onde nota-se claramente a vantagem da codificação gray em relação a codificação binária.

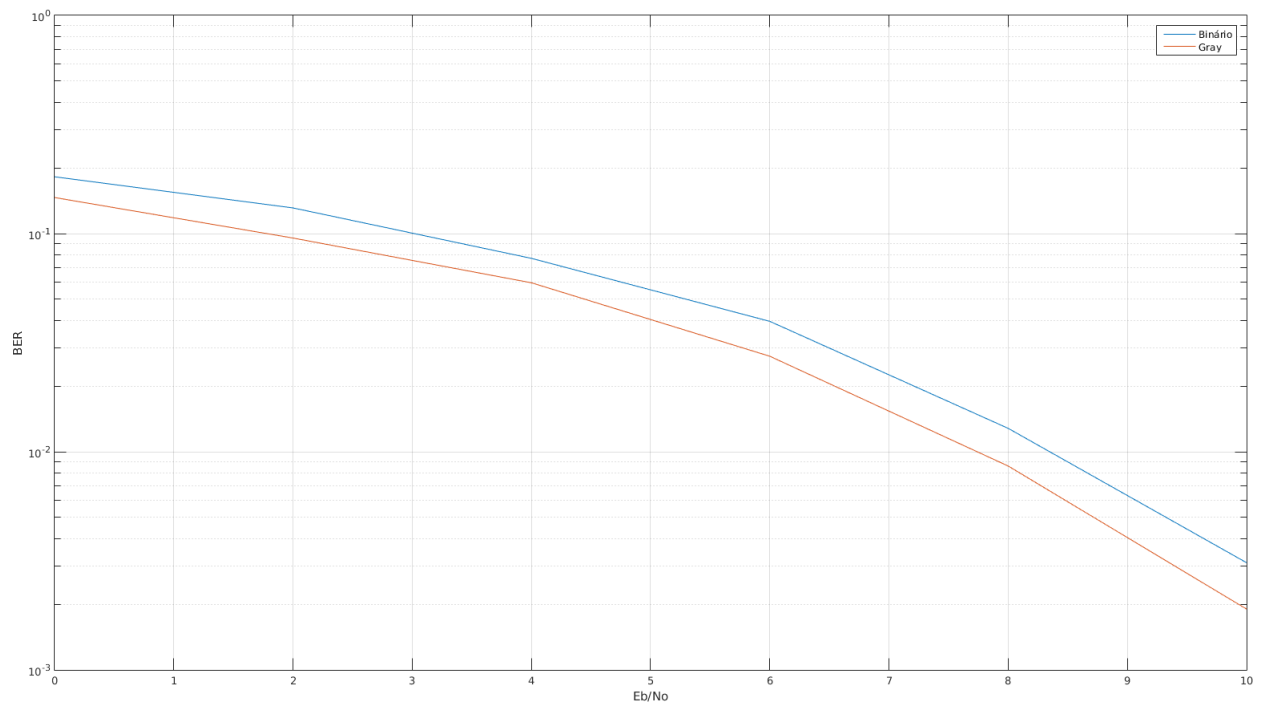


Figura 10: Exemplo de figura

5 Discussão e Conclusão

Durante o experimento foi possível verificar como ocorre a modulação em um sistema PAM, bem como a maneira que ocorrem os multiníveis para uma entrada binária. Sendo assim, as simulações obtiveram um resultado satisfatório apesar do atraso na saída. Foi possível observar a maior eficiência da codificação do tipo Gray através da análise da taxa de erro de bit (BER) e que com o aumento da SNR, a BER também aumenta.