**Relatório 6 – Comunicações Digitais – 2019/2**

Adriano Ricardo de Abreu Gamba

Davi Wei Tokikawa

# Descrição das Atividades

Na presente atividade prática foram feitas simulações a respeito da modulação FSK. Primeiramente, foram geradas curvas características do M-FSK para diversos valores de M e curvas com modulação coerente e não coerente para o 2-FSK. Após isso, foram gerados sinais no tempo e na frequência referentes à transmissão do 2-FSK e do 4-FSK. Por fim, foram feitas comparações entre o M-PSK, M-QAM e M-FSK em termos de BER e de eficiência espectral.

As curvas de BER foram geradas a partir da ferramenta bertool do MATLAB. Os sinais 2-FSK e 4-FSK foram gerados com frequências múltiplas de 1000 Hz, Rs = 2000 símbolos/s e Fs = 17600Hz.

**Resultados**

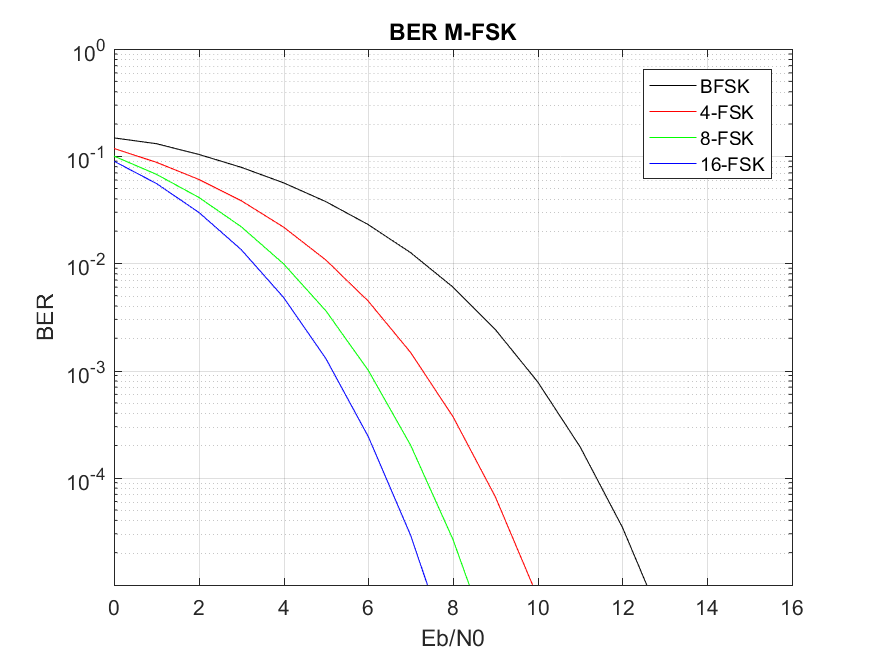


Figura 1: BER do M-FSK para diversos valores de M.

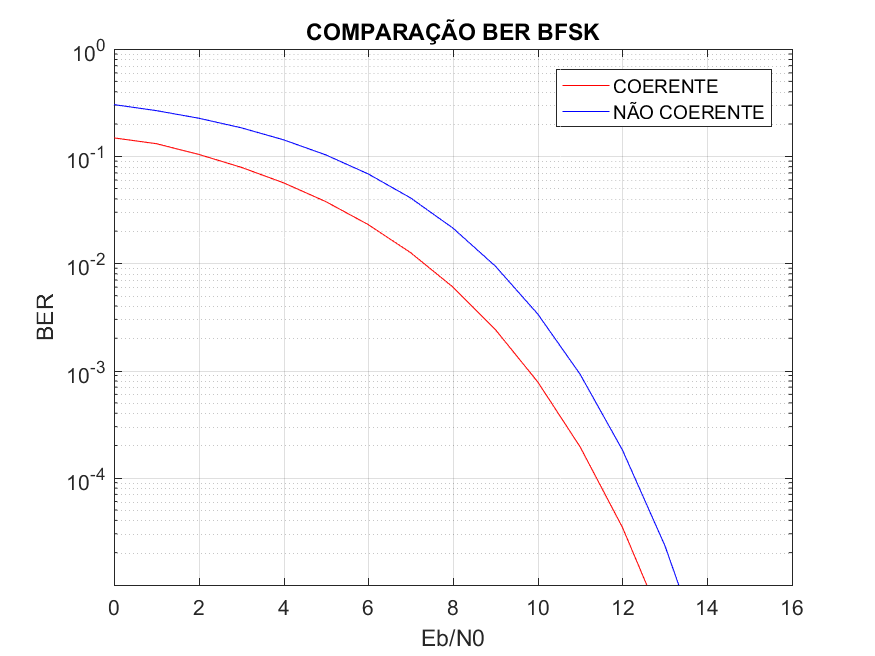


Figura 2: BER do BFSK coerente e não coerente.

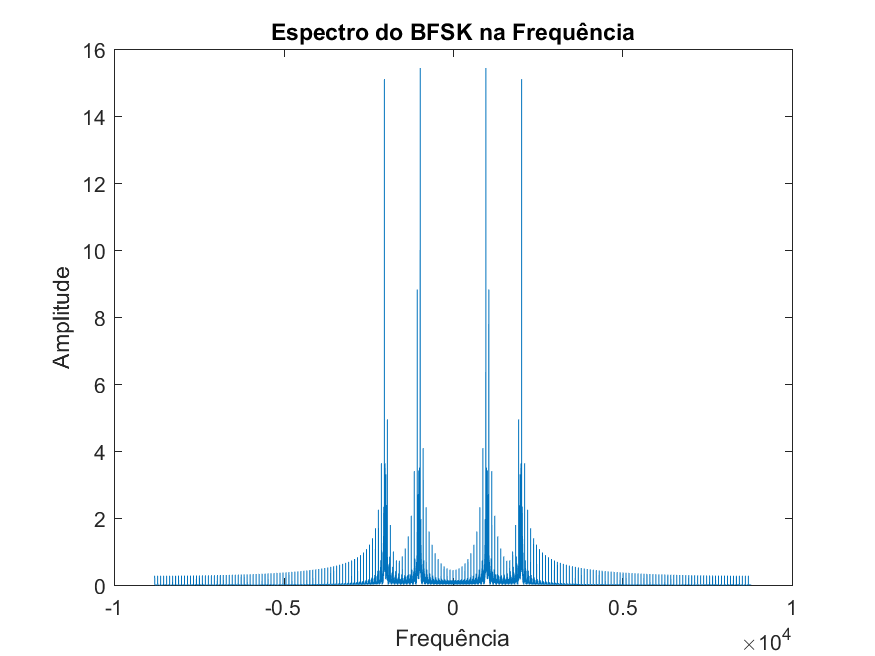
****

Figura 3: Espectro de frequência do sinal BFSK.

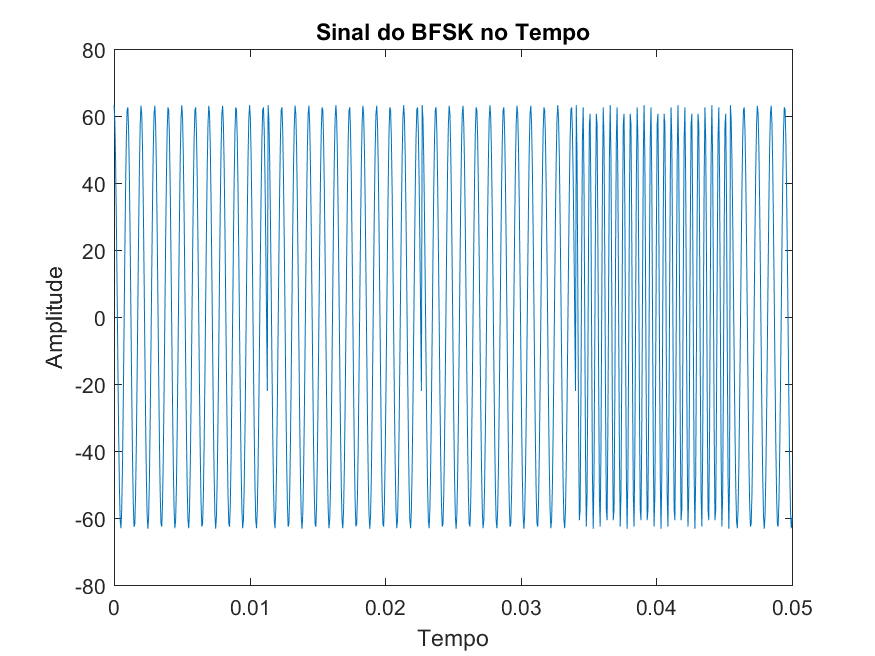


Figura 4: Sinal BFSK no tempo.

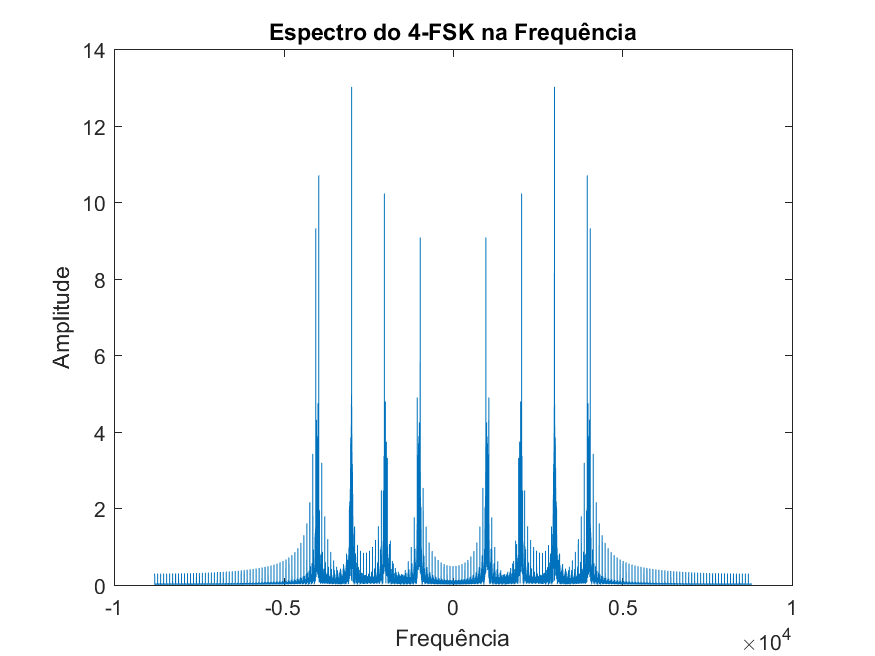


Figura 5: Espectro de frequência do sinal 4-FSK

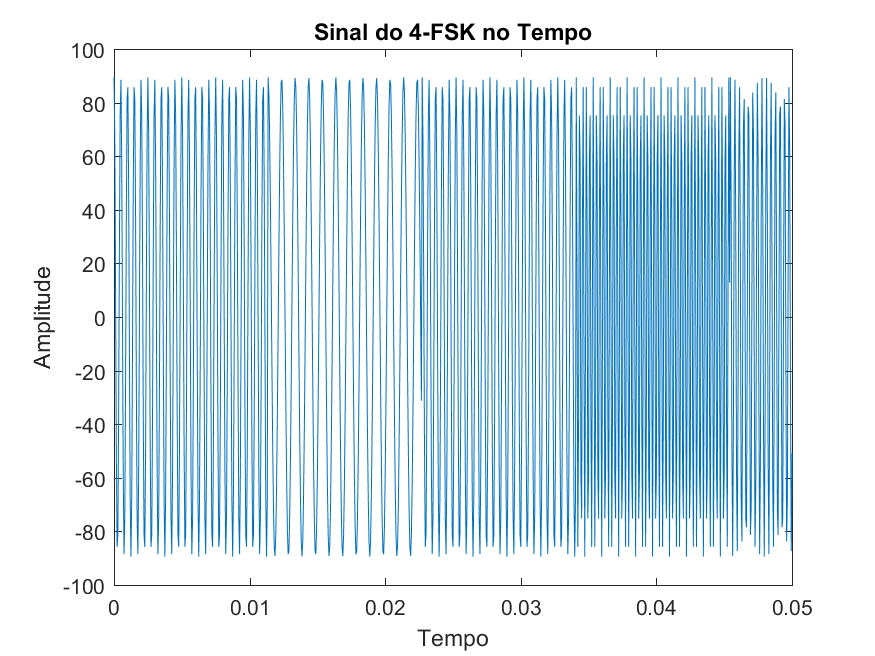


Figura 6: Sinal 4-FSK no tempo.

**Análise dos resultados e comparações**

A figura 1 mostra que conforme o M aumenta, o BER melhora, ou seja, é necessária uma energia de bit (Eb) menor para ter uma mesma taxa de erro de bit. Já a figura 2 mostra que BFSK coerente apresenta uma BER melhor que o não coerente.

Com relação aos sinais gerados para transmissão, podemos observar que os sinais no tempo apresentam períodos com senoides de frequências diferenciadas e os espectros apresentam picos nessas frequências. Ao se comparar os espectros do BFSK e do 4-FSK é possível observar um aumento da faixa de banda utilizada para realizar a transmissão.

Comparando-se as modulações M-PSK, M-QAM e M-FSK em termos de BER, é possível observar que a principal diferença é que a BER do M-FSK melhora com o aumento de M, enquanto que o M-PSK e o M-QAM pioram. Isso ocorre porque para o M-PSK e o M-QAM, conforme M aumenta, maior a interferência que um símbolo fará no outro devido à presença do ruído gaussiano. Em outras palavras, mais próximos os símbolos estarão no diagrama de constelações. O que não ocorre na modulação M-FSK, pois, por se tratar de uma modulação ortogonal, a distância entre os símbolos não varia com o M.

Em relação à eficiência espectral entre as modulações citadas anteriormente, foi possível obter a tabela abaixo a qual apresenta alguns resultados práticos.

Tabela 1: Eficiência espectral experimental por modulação

|  |  |
| --- | --- |
| **Modulação** | **Eficiência espectral obtida** |
| M-PSK | 1,92 |
| M-QAM | 2,56 |
| M-FSK | 0,5 |

Onde a eficiência espectral foi calculada como a taxa de transmissão de bits (Rb) divida pela banda (B) utilizada na transmissão.

Os resultados obtidos foram coerentes com o que era esperado, de acordo com a teoria. A modulação FSK apresenta baixa eficiência espectral, sendo um dos grandes desafios para a utilização da mesma comercialmente. As modulações PSK e QAM apresentaram boa eficiência, com ligeira vantagem para a QAM.

Os valores absolutos obtidos na tabela 1 podem não representar corretamente o que a literatura indica, visto que a análise da banda utilizada nas transmissões para cada modulação foi feita visualmente, podendo variar com outros métodos de decisão mais analíticos. No entanto, como o mesmo critério de decisão foi utilizado para todas as modulações, a análise qualitativa da comparação entre as mesmas pode ser realizada.