

Introdução à Tecnologia Celular de 5ª Geração

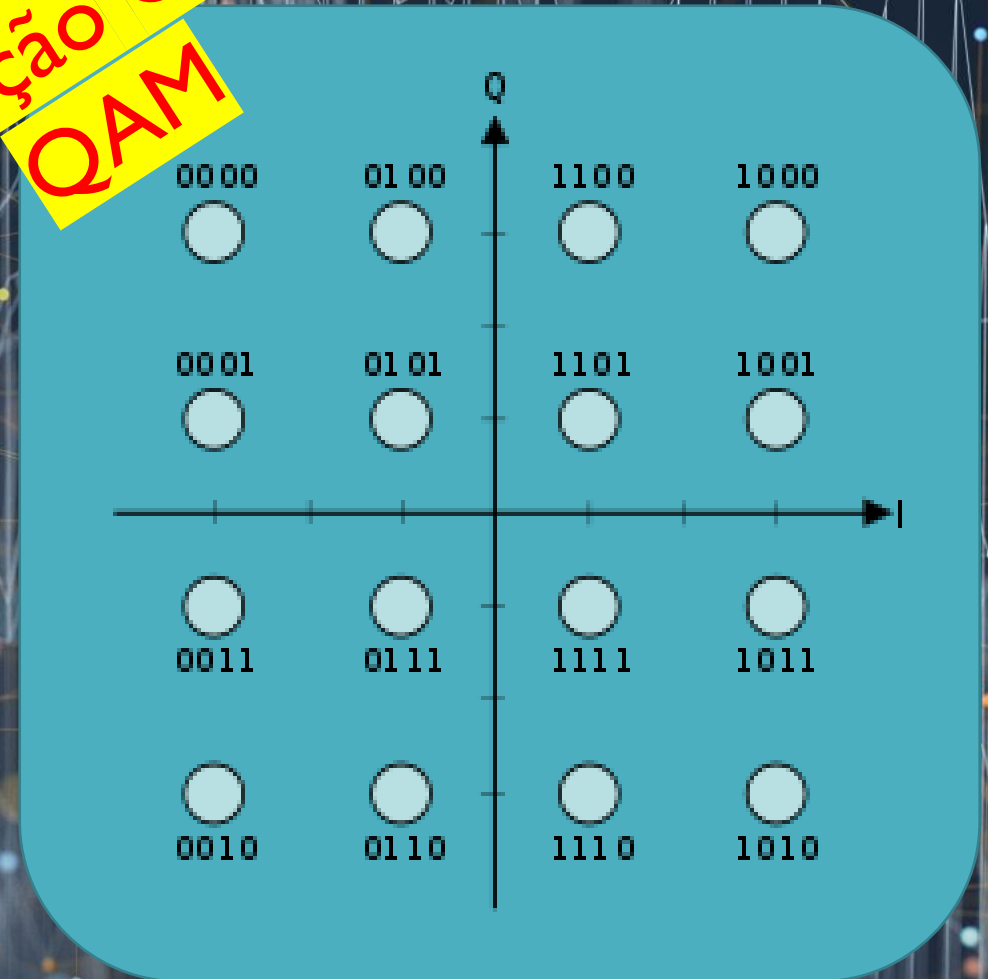
3ª parte

N5GG

Colin Buckup

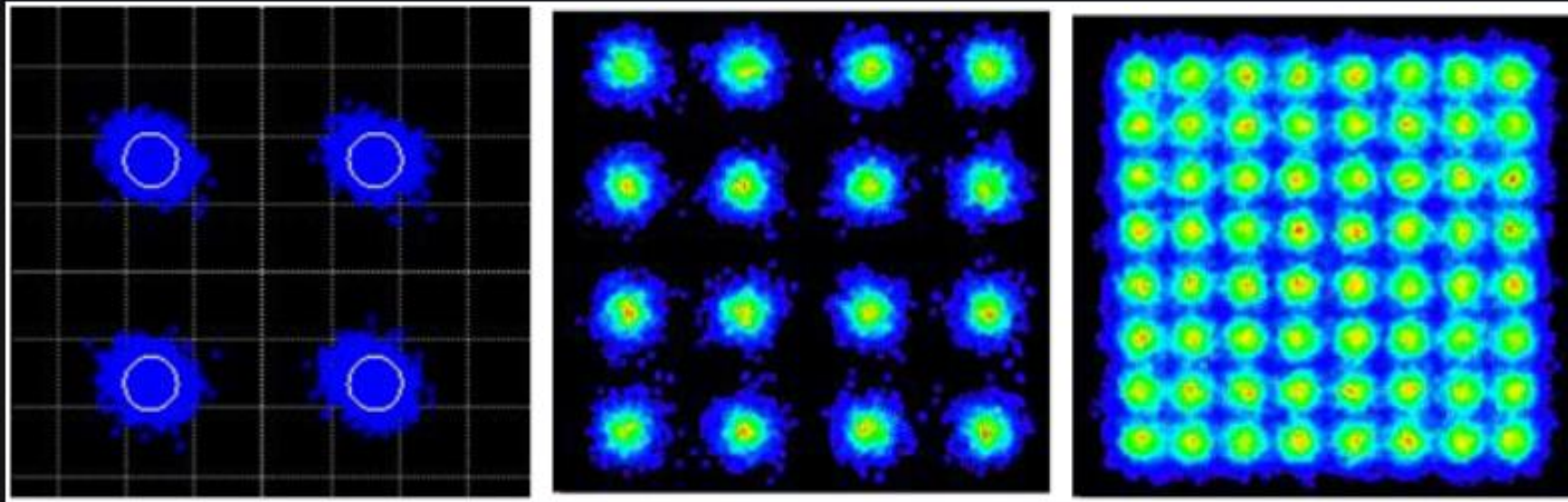
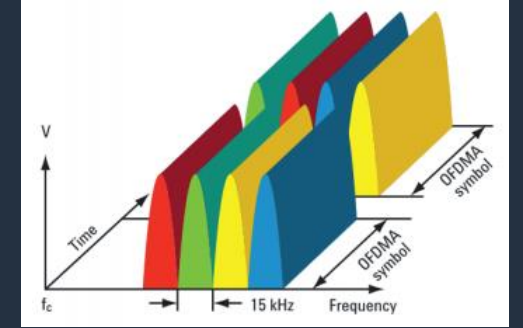
Julho 2020

Modulação QPSK e
QAM

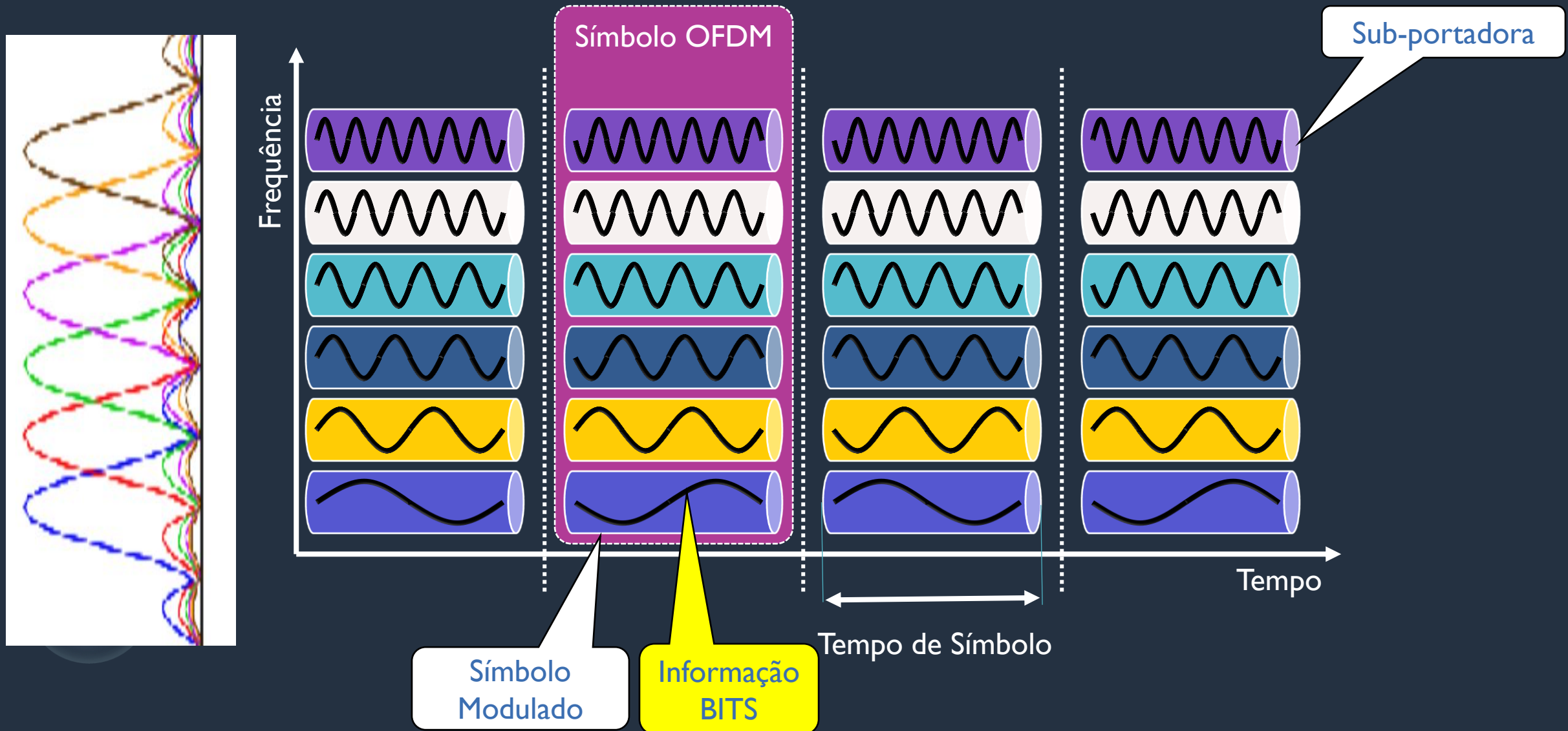


Pontos de Discussão 3ª Parte

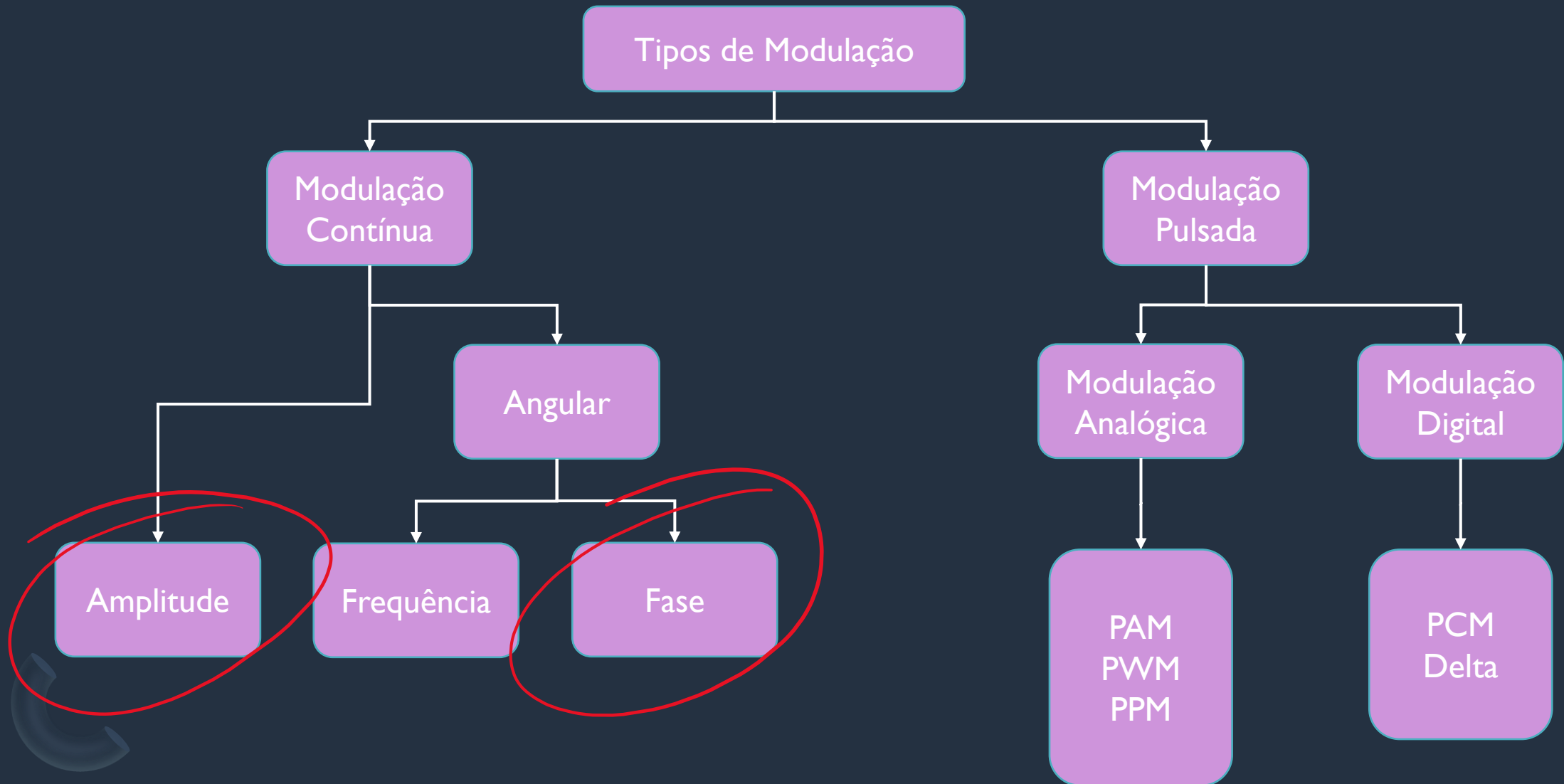
- Modulação QPSK, 16QAM, 64QAM, 256QAM



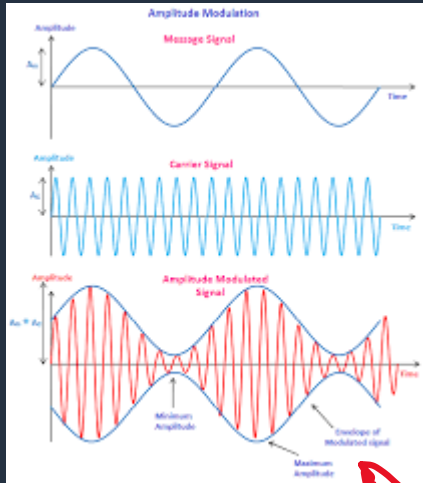
Símbolos OFDM



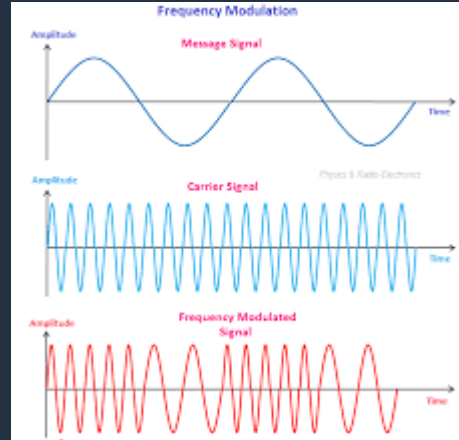
Técnicas de Modulação



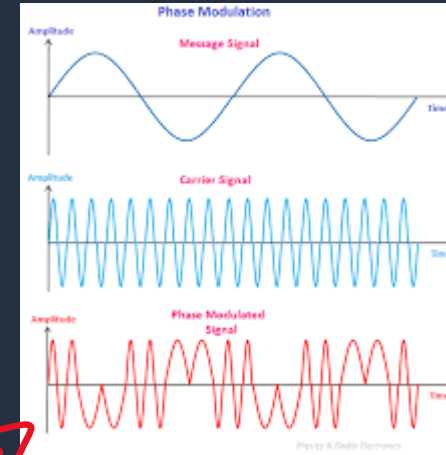
Técnicas de Modulação Contínua



Amplitude



Frequência



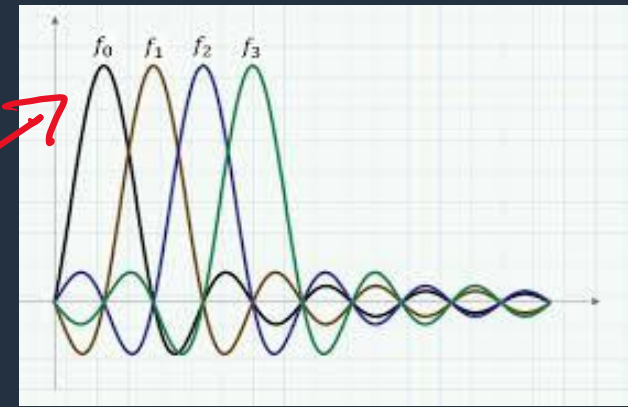
Fase (tempo)

$$A_c \cos(2\pi f_c t + \phi)$$

Amplitude Frequency Phase

Modulação em OFDMA

A **Frequência** de uma sub-portadora em **OFDM** é necessariamente **FIXA**.



Isto é uma condição necessária, senão o espaçamento entre sub-portadoras não seria constante e a ortogonalidade (que evita a interferência) seria quebrada.

Portanto, em **OFDM** só é possível modular um sinal em Amplitude ou em Fase ou uma combinação de ambas.

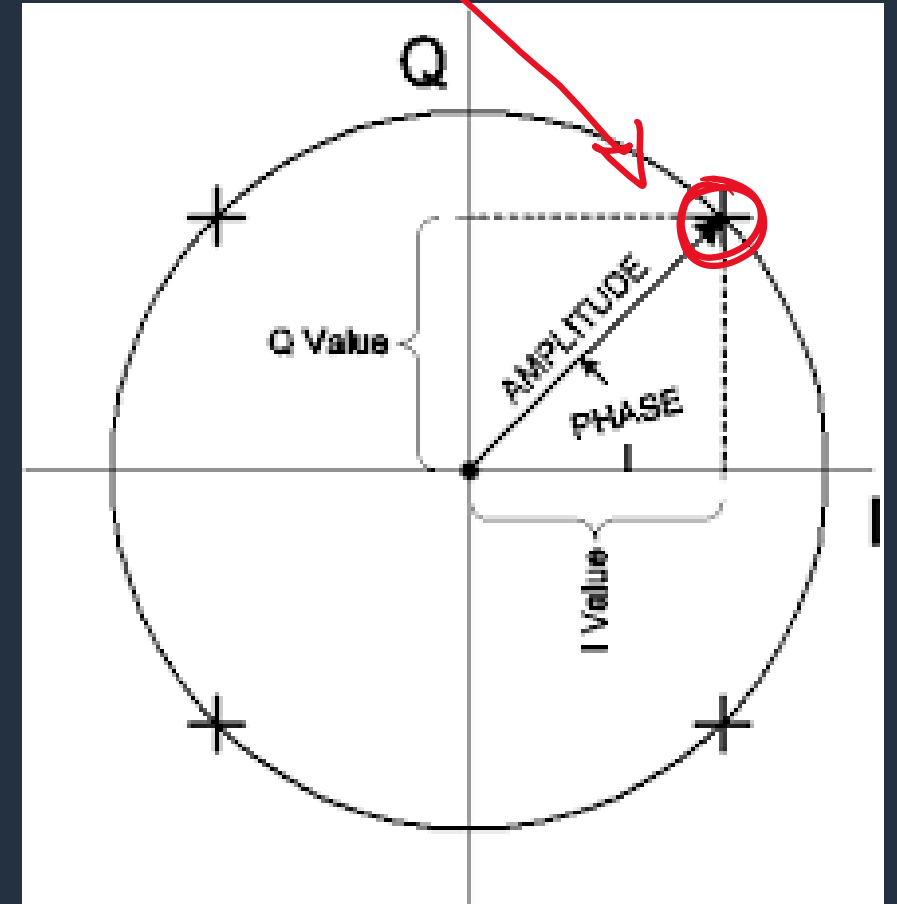
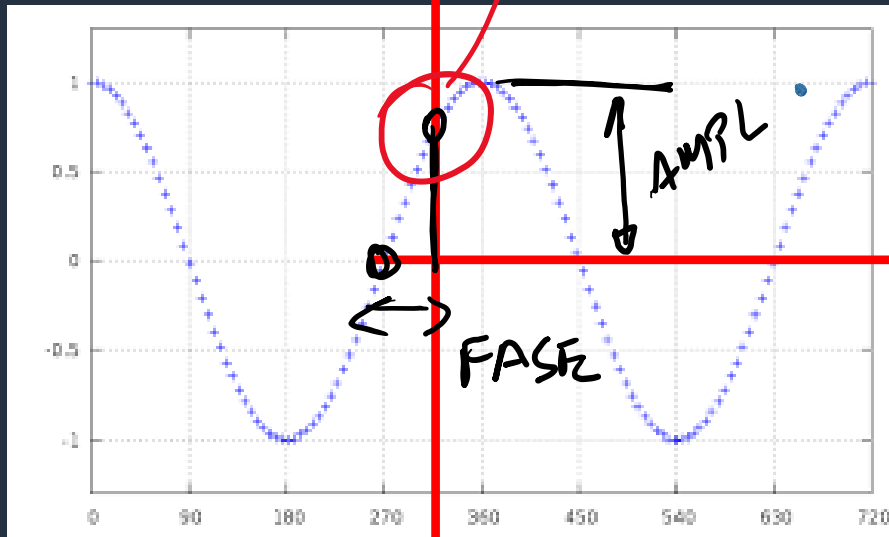
Foram adotados os seguintes esquemas de modulação para sistemas 4G e 5G:

- **QPSK** – Quadrature Phase Shift Keying – Modulação em FASE
- **16QAM** – Quadrature and Amplitude Modulation 16 elements – Modulação em FASE e AMPLITUDE
- **64QAM** – Quadrature and Amplitude Modulation 64 elements – Modulação em FASE e AMPLITUDE
- **256QAM** – Quadrature and Amplitude Modulation 256 elements – Modulação em FASE e AMPLITUDE

Representação Gráfica de Modulação em Fase e Amplitude

Quando a frequência de um sinal é **CONSTANTE** (no caso das sub-portadoras em OFDM) podemos representar o sinal de forma gráfica no plano imaginário.

- **comprimento do vetor** (flecha) representa a **amplitude**.
- **ângulo** formado com o eixo horizontal representa a **fase**.



Modulação QPSK

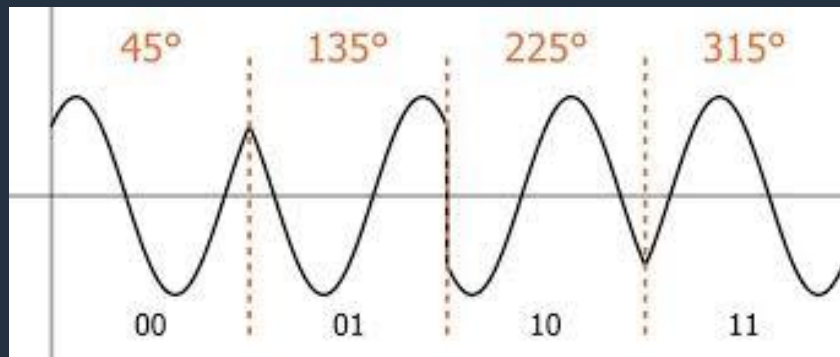
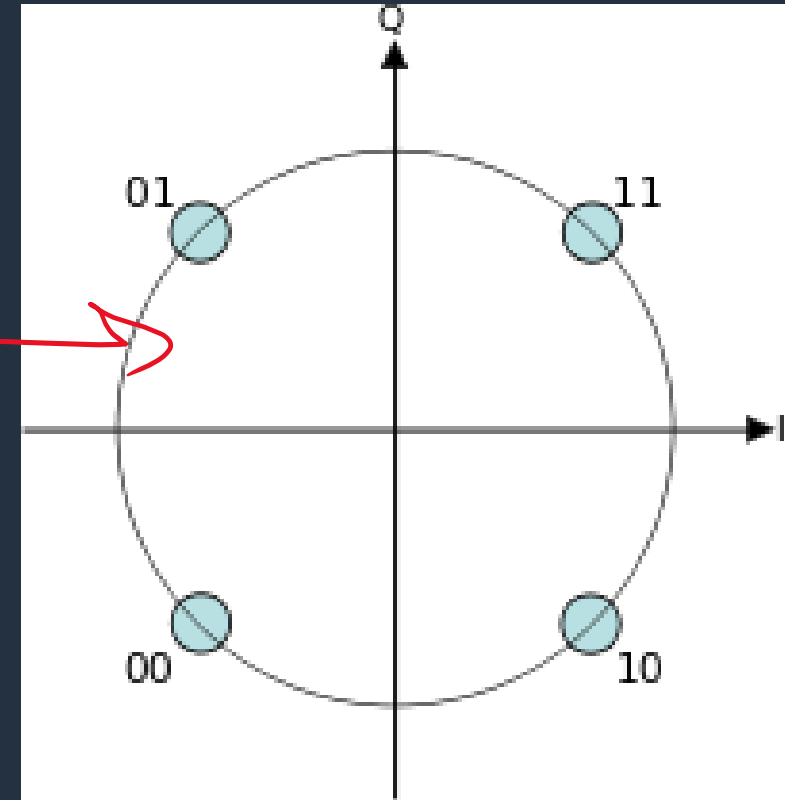
QPSK – Quadrature Phase Shift Keying – Modulação em FASE

Existem 4 posições possíveis para o sinal, uma posição em cada quadrante.

A amplitude do sinal é constante, só é alterada a fase (45, 135, 225, 315 graus)

Como existem 4 posições possíveis, cada posição carrega 2 bits de informação, veja a figura.

QPSK = 2 bits/símbolo



Modulação 16QAM

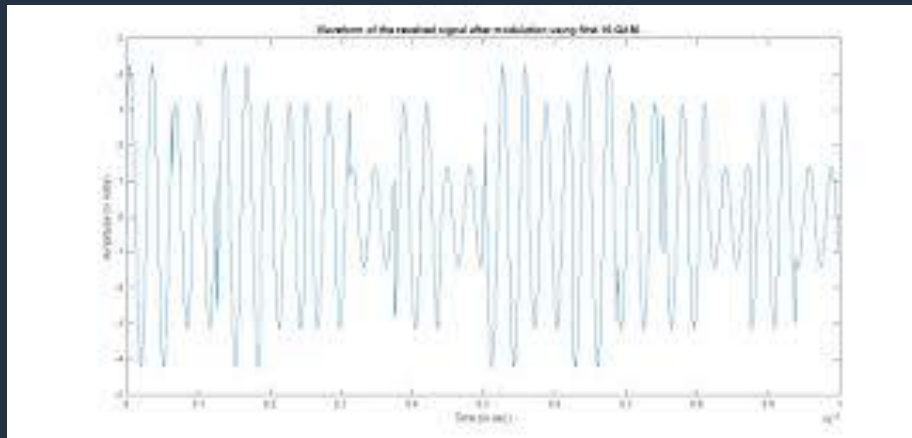
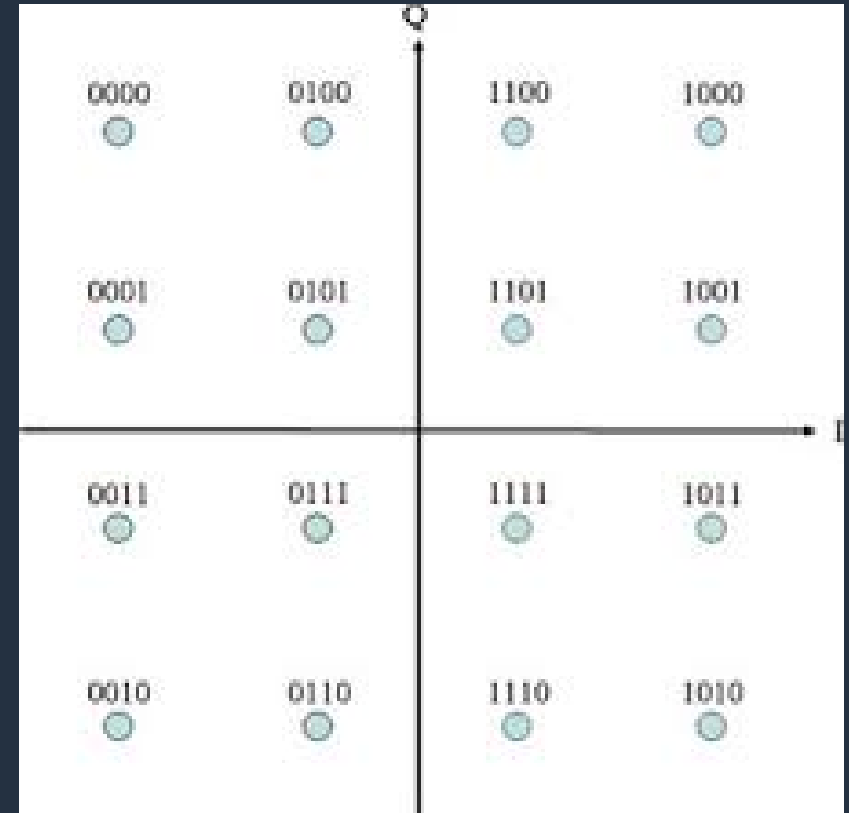
16QAM – Quadrature and Amplitude Modulation 16 elements –
Modulação em FASE e AMPLITUDE

Existem 16 posições possíveis para o sinal, 4 em cada quadrante.

Fase e Amplitude do sinal são alterados

Como existem 16 posições possíveis, cada posição carrega 4 bits de informação, veja a figura.

16QAM = 4 bits/símbolo



Modulação 64QAM

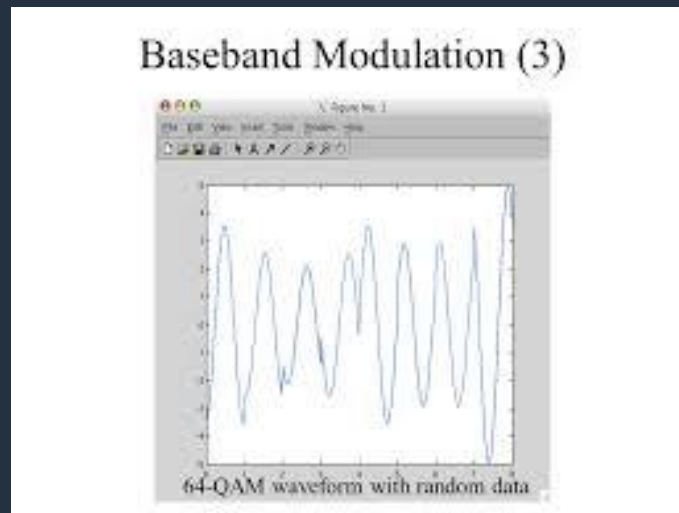
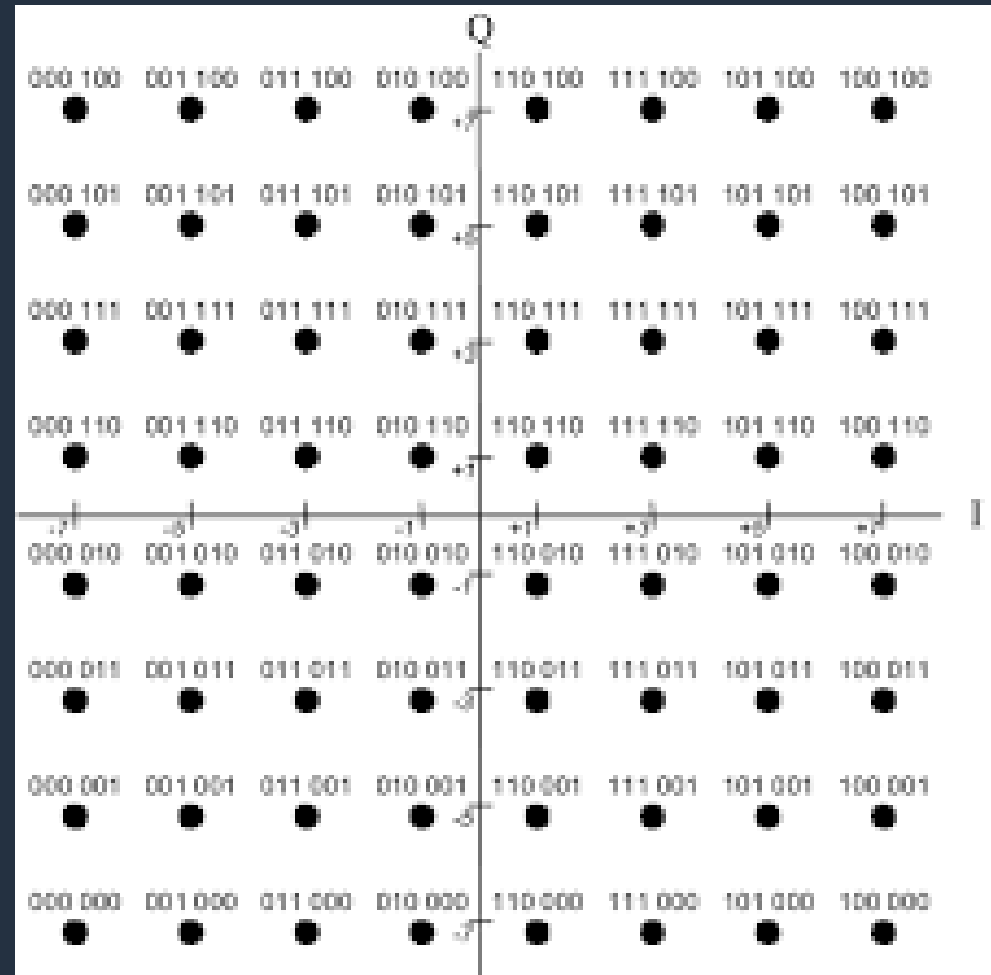
64QAM – Quadrature and Amplitude Modulation 64 elements –
Modulação em FASE e AMPLITUDE

Existem 64 posições possíveis para o sinal, 16 em cada quadrante.

Fase e Amplitude do sinal são alterados

Como existem 64 posições possíveis, cada posição carrega 6 bits de informação, veja a figura.

64QAM = 6 bits/símbolo



Modulação 256QAM

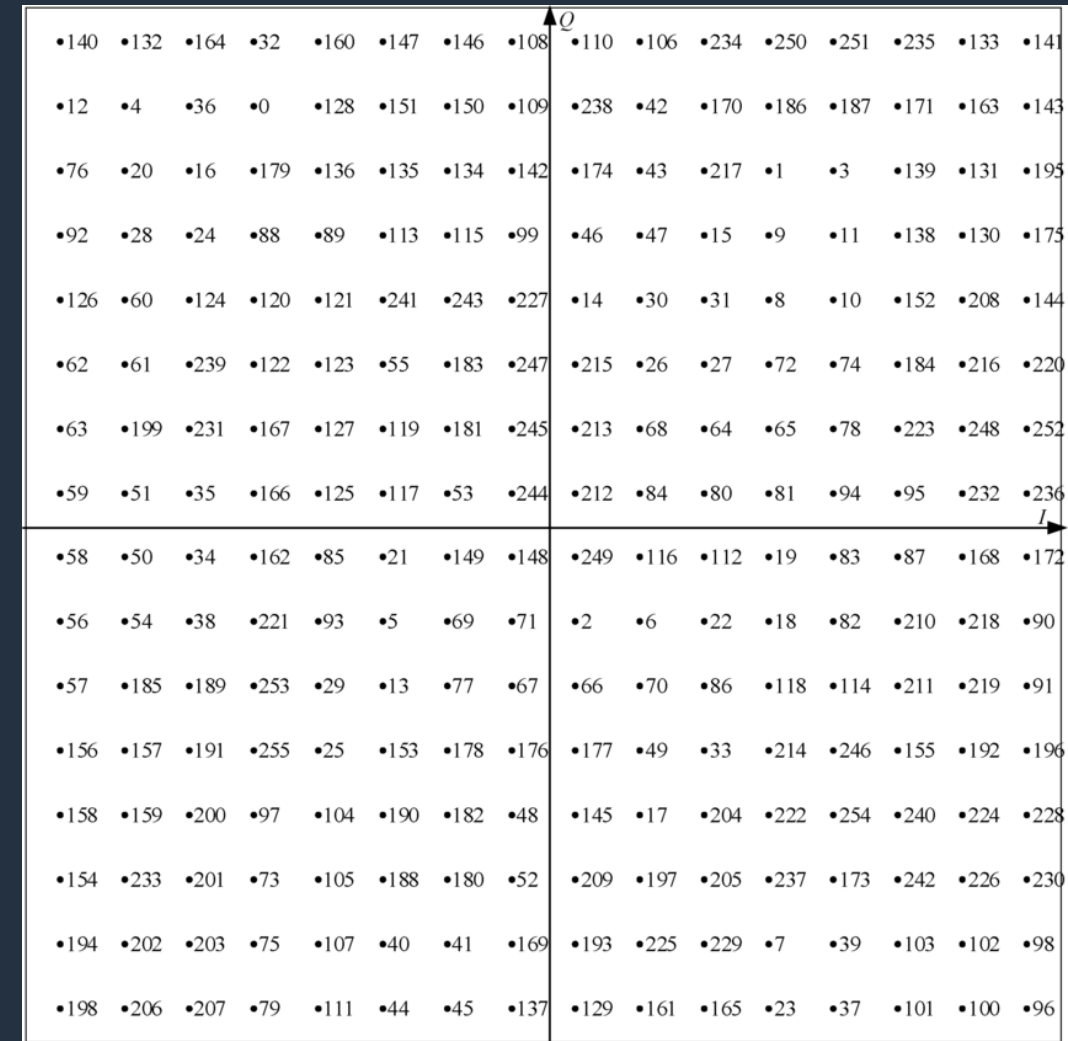
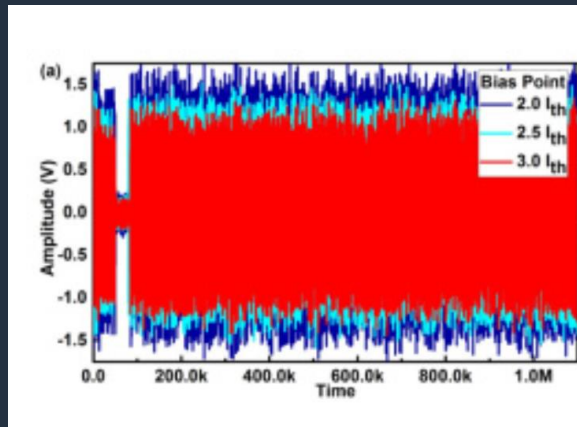
256QAM – Quadrature and Amplitude Modulation 256 elements –
Modulação em FASE e AMPLITUDE

Existem 256 posições possíveis para o sinal, 64 em cada quadrante.

Fase e Amplitude do sinal são alterados

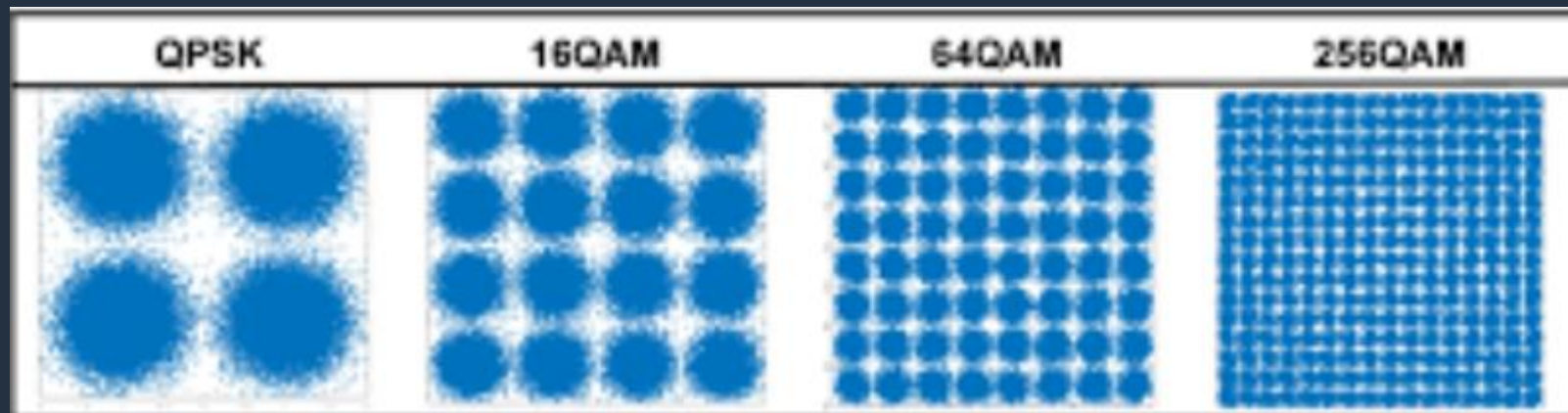
Como existem 256 posições possíveis, cada posição carrega 8 bits de informação, veja a figura.

256QAM = 8 bits/símbolo

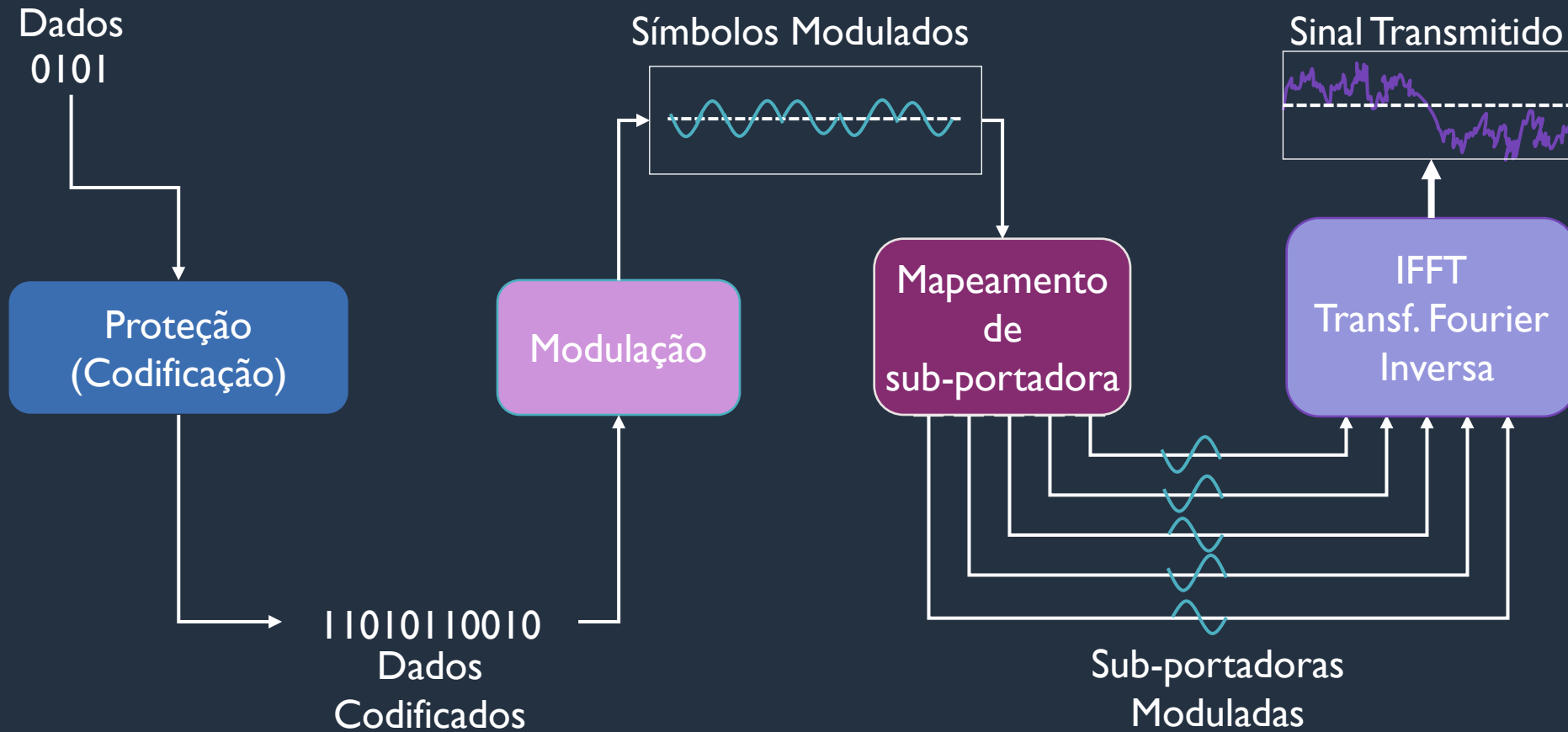


Comparação

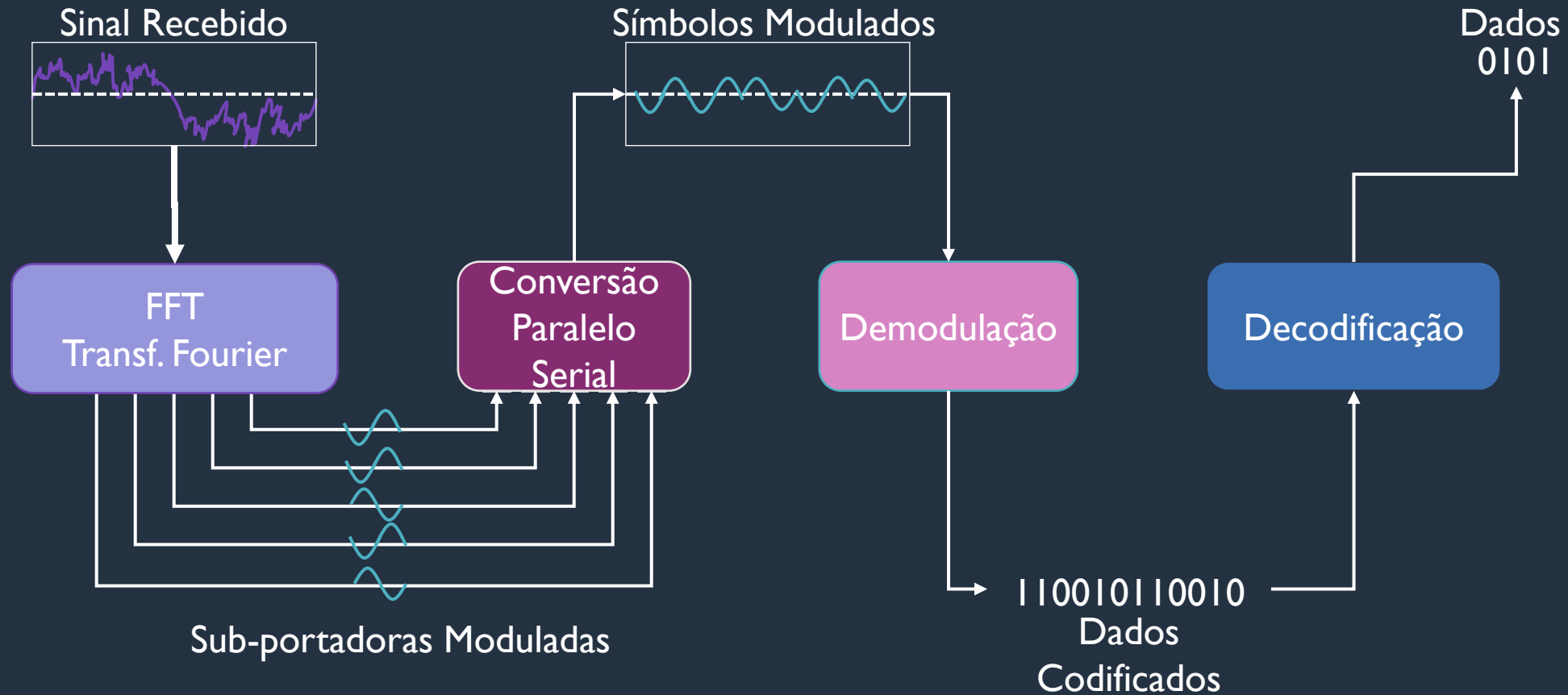
Modulação	Constelação	Bits/Símbolo	Robustez	SINR
QPSK	4	2	Alta	Baixo
16QAM	16	4	Boa	Médio
64QAM	64	6	Média	Alto
256QAM	256	8	Baixa	Muito Alto



Transmissor OFDMA simplificado



Receptor OFDMA Simplificado



O que aprendemos nesta apresentação

Para **transmitirmos informação** em uma portadora precisamos **modular** essa portadora

Existem 3 tipos básicos de modulação: **Amplitude, Frequência, Fase**

Todos os demais tipos de modulação são variantes dos tipos básicos.

Em 4G e 5G a tecnologia rádio utilizada é OFDMA – Orthogonal Frequency Division Multiple Access

Em **OFDMA** utilizamos modulação em **fase** e em **amplitude**

Não é utilizada modulação em frequência pois a frequência de sub-portadora é sempre fixa.

Os tipos de **modulação escolhidos para OFDMA** são QPSK, 16QAM, 64QAM, 256QAM

QPSK carrega **2 bits** de informação por símbolo OFDM

16QAM carrega **4 bits** de informação por símbolo OFDM

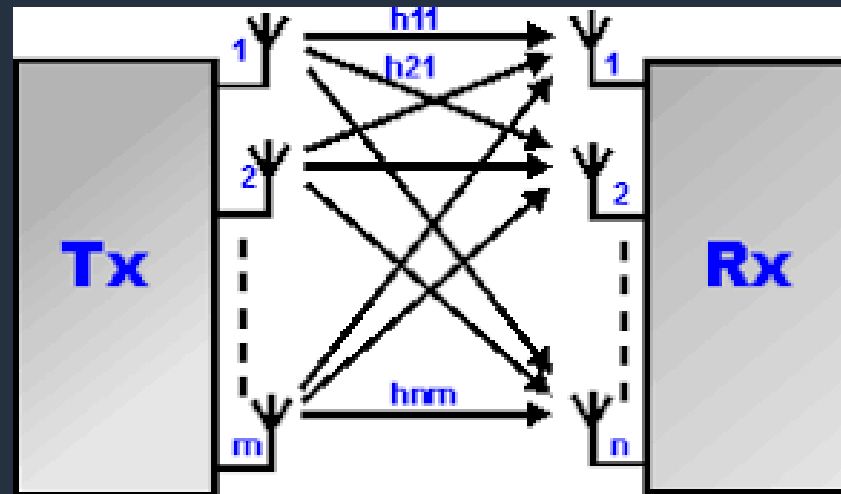
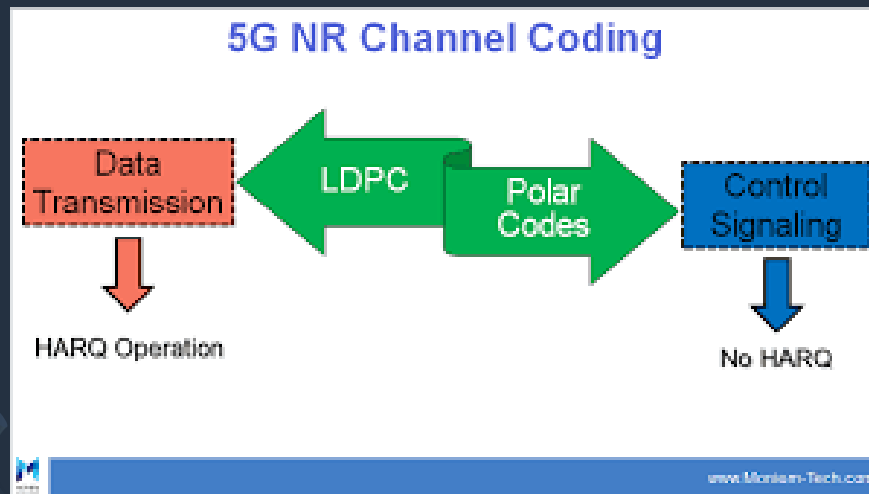
64QAM carrega **6 bits** de informação por símbolo OFDM

256QAM carrega **8 bits** de informação por símbolo OFDM



Próxima Apresentação – 4ª parte

- Codificação de Canal
- Sistemas MIMO de Múltiplas Antenas



Perguntas e Respostas



Muito Obrigado!

73 de N5GG

Colin