



# **Experimento 09**

## Laboratório de Princípios de Comunicação

<b>Autoria</b>	<b>Matrícula</b>
Pedro Henrique Dornelas Almeida	18/0108140

Engenharia de Redes de Comunicação  
Universidade de Brasília

29 de abril de 2021

Versão do GNU Radio Companion: 3.8.1.0 (Python 3.8.5).

## 1 Introdução

Este experimento tem como objetivo estudar a modulação do tipo OFDM, buscando entender como o sinal pode ser visto no canal de comunicação, implementando um transmissor para esse sinal será possível ver como esse sinal se comporta, no domínio do tempo e da frequência. Também devemos ver os diversos efeitos que um canal de comunicação pode causar em um sinal, como os efeitos de multi-percurso, e o efeito Doppler por exemplo.

## 2 Desenvolvimento

### AR 01

Nesta parte do experimento devemos implementar um transmissor do tipo OFDM, e então foi possível obter a seguinte estrutura de blocos:

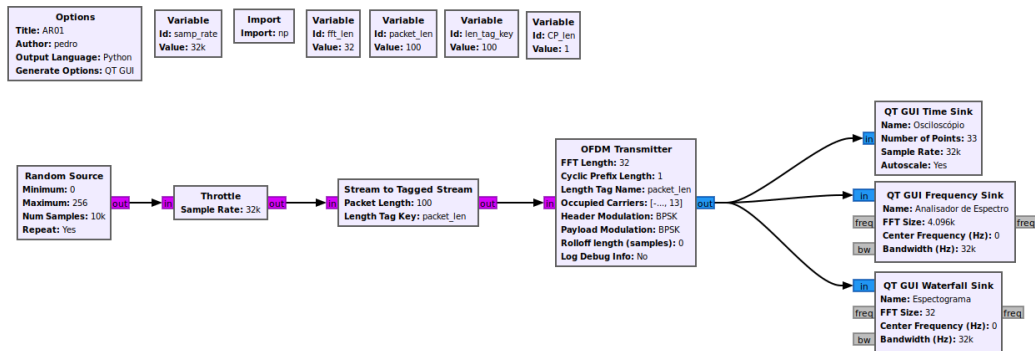


Figura 1.1: Diagrama de Blocos

E então foi possível visualizar três curvas nas saídas, elas foram da seguinte maneira:

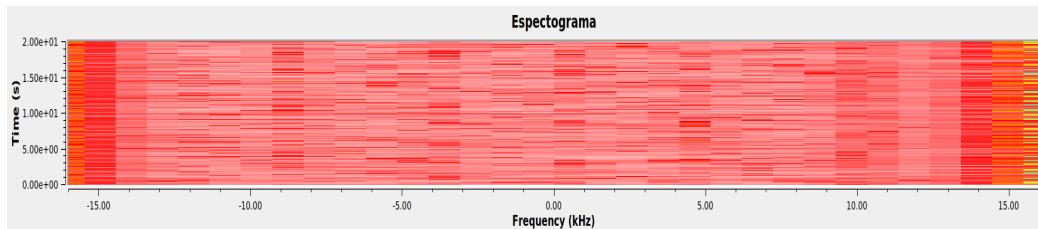


Figura 1.2: Espectrograma

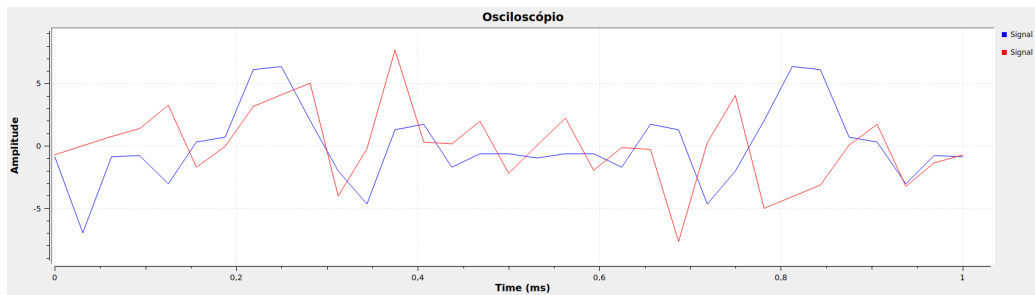


Figura 1.3: Osciloscópio

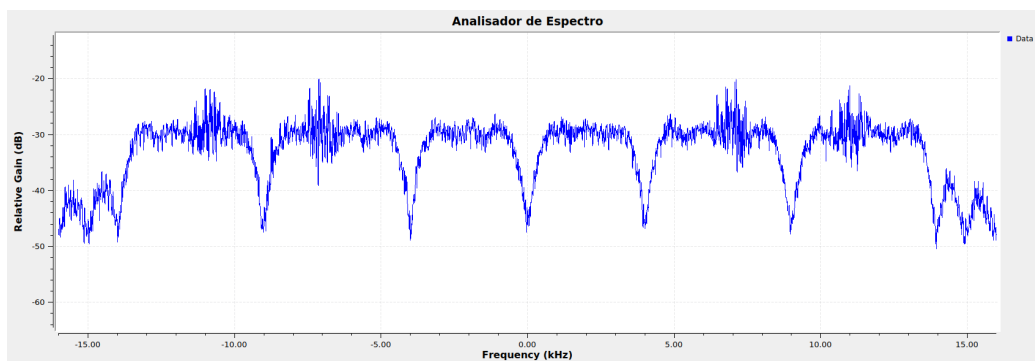


Figura 1.4: Analizador de Espectro

### A1a)

Uma boa maneira de transmitir este sinal seria transmiti-lo em uma modulação QAM, em que poderíamos fazer que a parte real seja transmitida em fase e a parte imaginária em quadratura por exemplo, também poderia ser feito da maneira inversa.

Continuando o experimento, após ajustar os parâmetros e realizando a modulação QAM para deixar o sinal OFDM centrado em 62,5kHz, também ajustando o `samp_rate` e `fft_len` foi possível obter o seguinte esquemático:

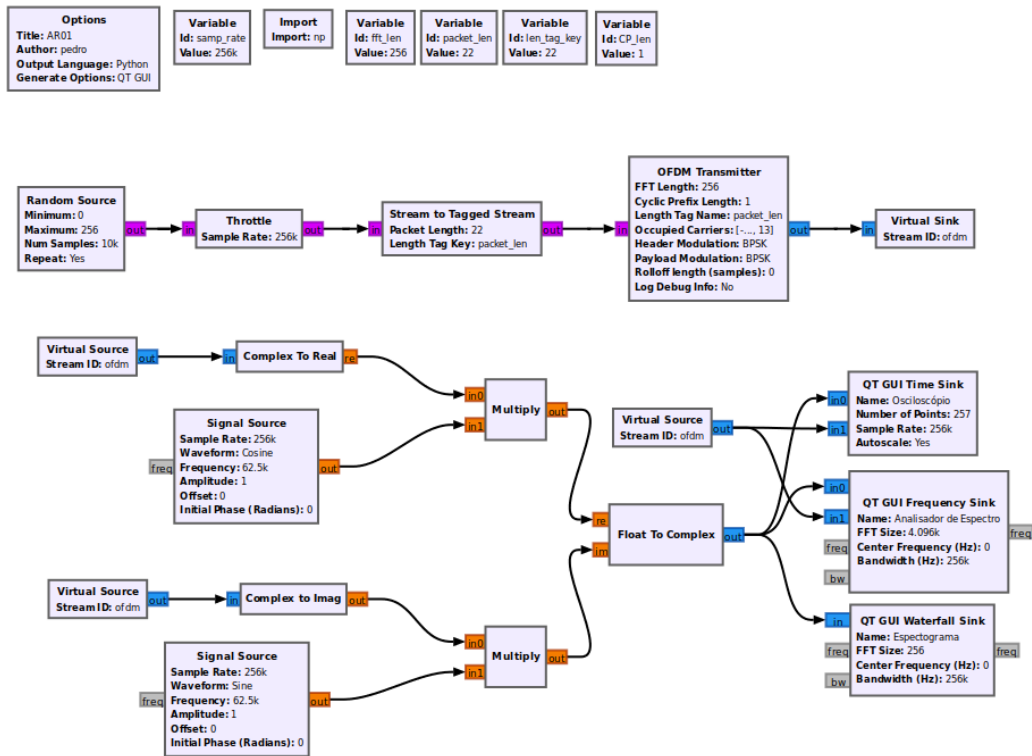


Figura 1.5: Diagrama de blocos

E então, ajustando os parâmetros para visualização foi possível obter as seguintes curvas:

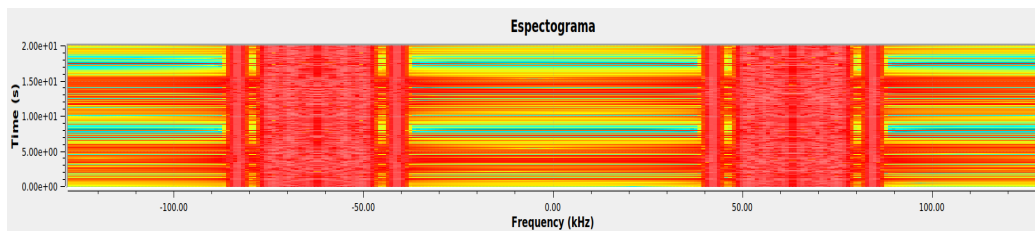


Figura 1.6: Espectrograma

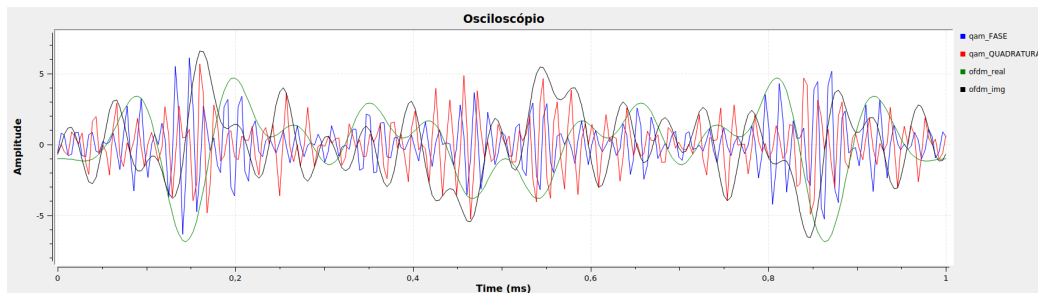


Figura 1.7: Osciloscópio

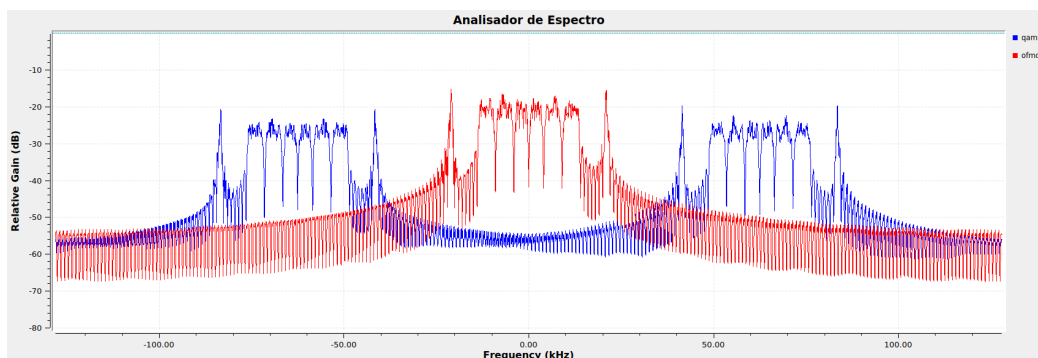


Figura 1.8: Analizador de Espectro

### A1b)

Neste momento é possível comentar algumas impressões sobre os resultados obtidos.

Começando pela **figura 1.6** que é o espectrograma obtido, note que ele está bem condensado na faixa onde o sinal está modulado, então, é possível verificar que o sinal realmente foi modulado, diferente da **figura 1.2**, o espectrograma em que o sinal OFDM estava em banda-base, então o espectrograma ficou bem distribuído, diferente do que vemos agora.

Já analisando os sinais no domínio do tempo, na **figura 1.7** é possível ver que os sinais em fase e em quadratura são um pouco diferentes do sinal OFDM, porém, isto se deve aos deslocamento destas frequência. Porém, também é possível observar o sinal OFDM em banda base e notar que suas senóides são mais bem definidas que na parte anterior. Isto se deve ao fato de que ao aumentar o `samp_rate` e a `fft_len`, era de se esperar que as senóides estivessem mais bem definidas de fato.

Seguindo, na **figura 1.8** é possível ver que realmente o espectro do sinal obtido por QAM é muito semelhante ao sinal OFDM, a não ser do seu des-

locamento e da sua menor amplitude, devido ao fato do deslocamento, fatos que também eram de se esperar.

## AR 02

Nesta parte do experimento foi necessário simular um canal de comunicação e verificar como o ruído pode alterar o sinal. Para isso, foi necessário montar o seguinte diagrama de blocos:

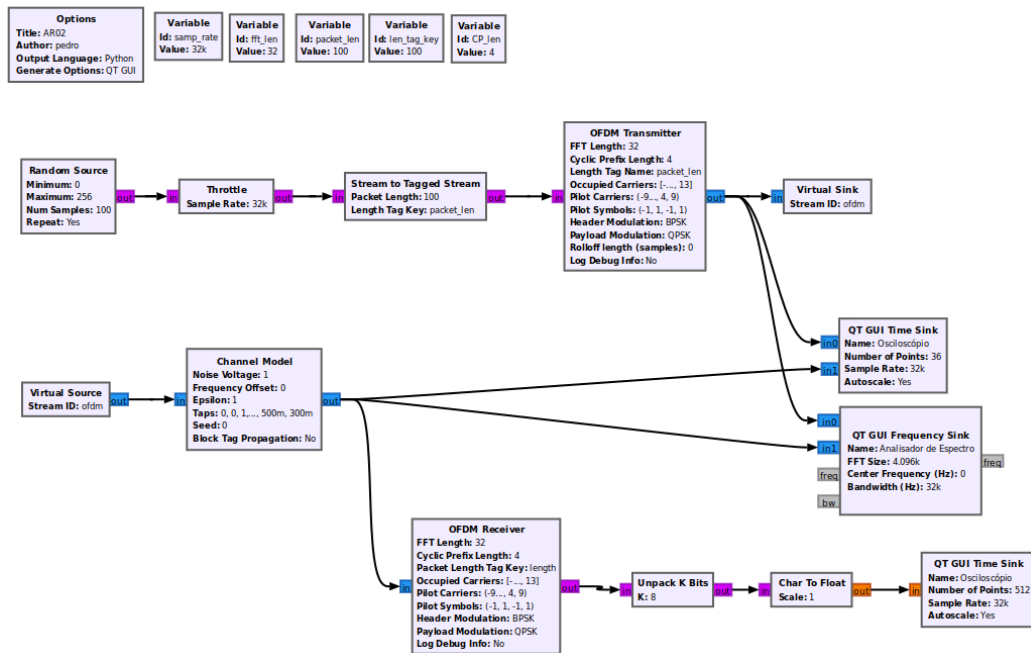


Figura 2.1: Diagrama de Blocos

Para a combinação de Ruído com 1V e Taps=[0,0,0,1], foi possível ver:

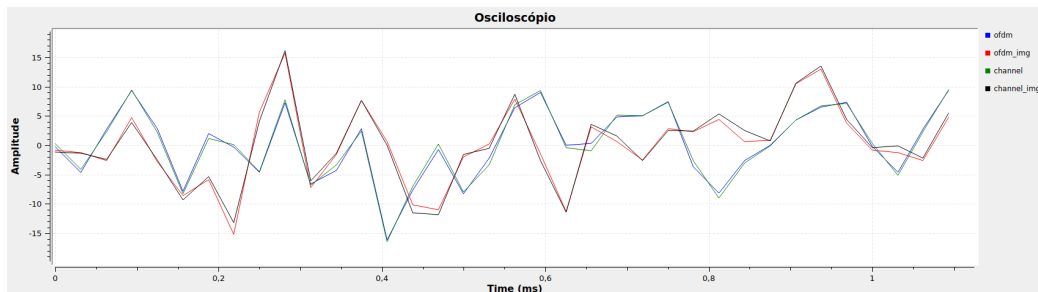


Figura 2.2a: Osciloscópio

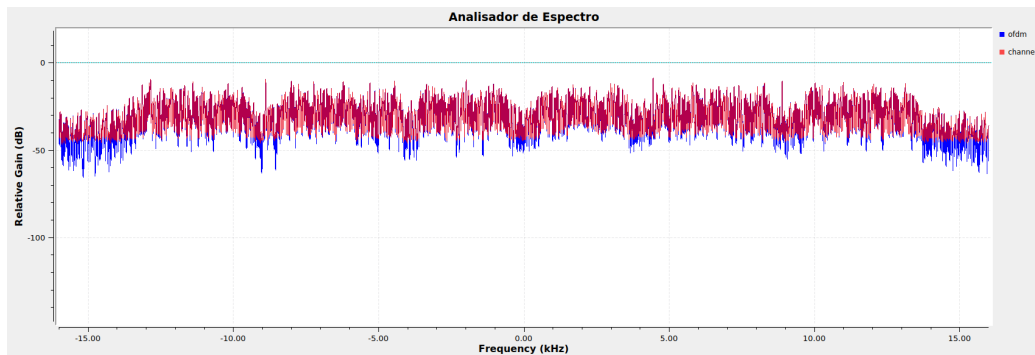


Figura 2.3a: Analisador de Espectro

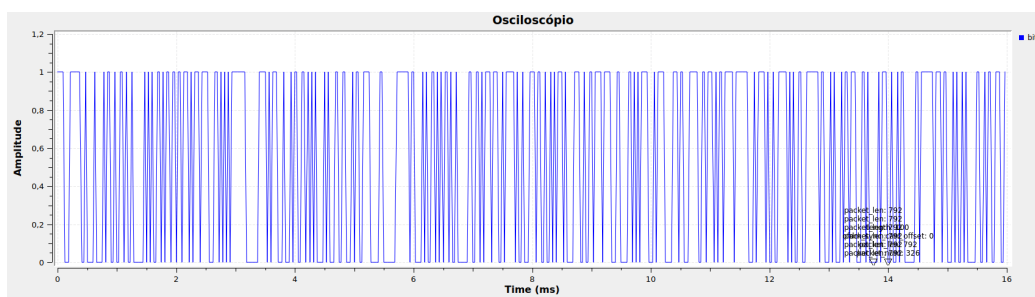


Figura 2.4a: Bits

Para a combinação de Ruído com 1V e Taps=[0,0,0,1,0.71], foi possível ver:

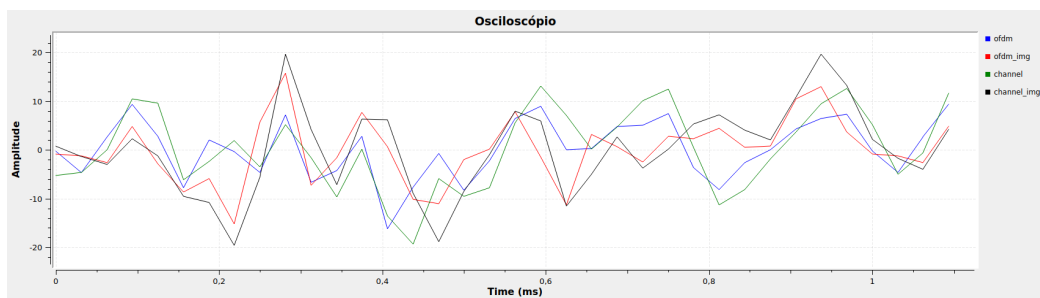
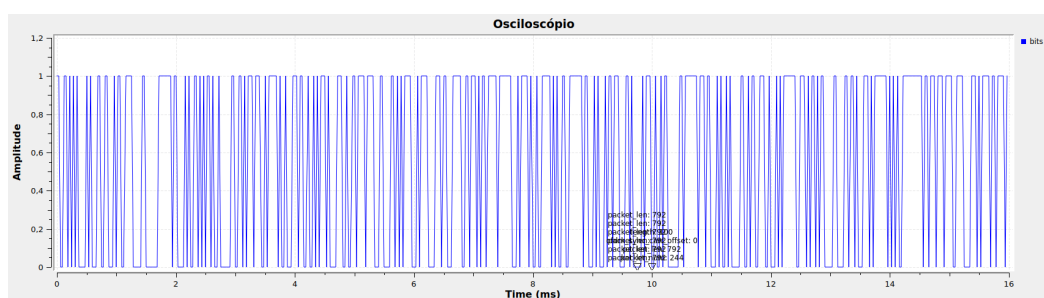
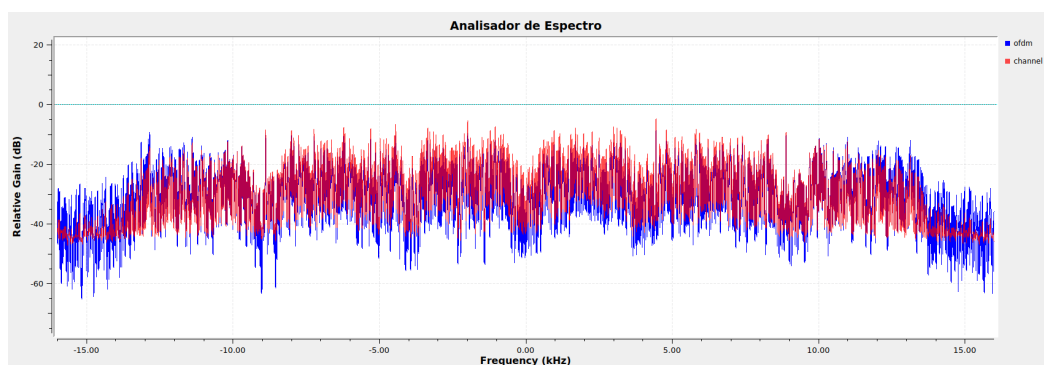
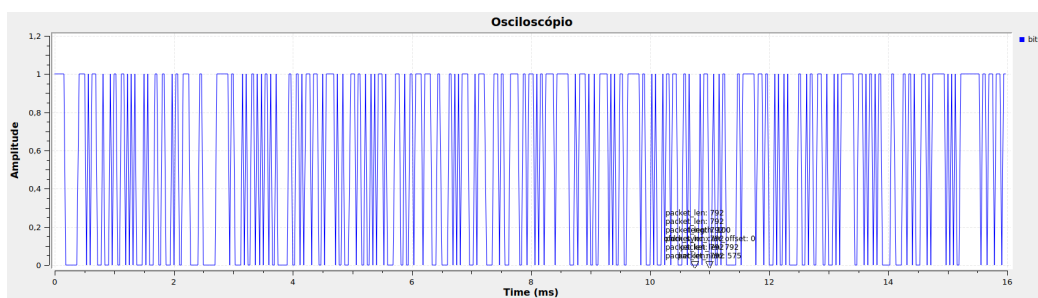
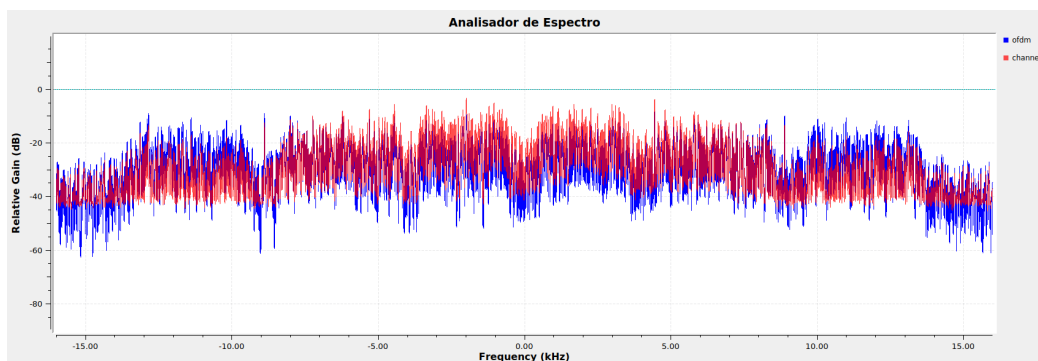


Figura 2.2b: Osciloscópio

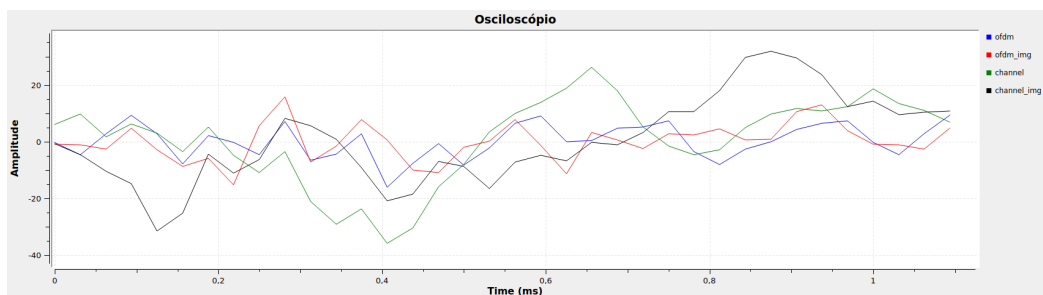


Para a combinação de Ruído com 1V e Taps=[0,0,0,1,0.71,0.5], foi possível ver:





Para a combinação de Ruído com 1V e Taps=[1,1,1,1,0.71,0.5,0.5], foi possível ver:



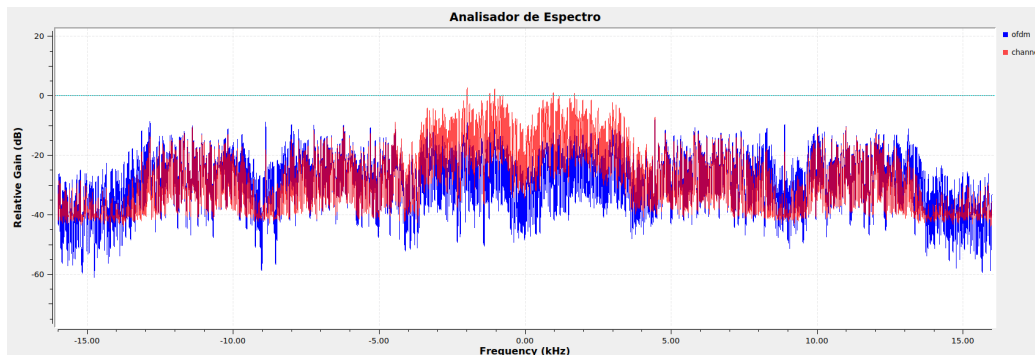


Figura 2.3d: Analisador de Espectro

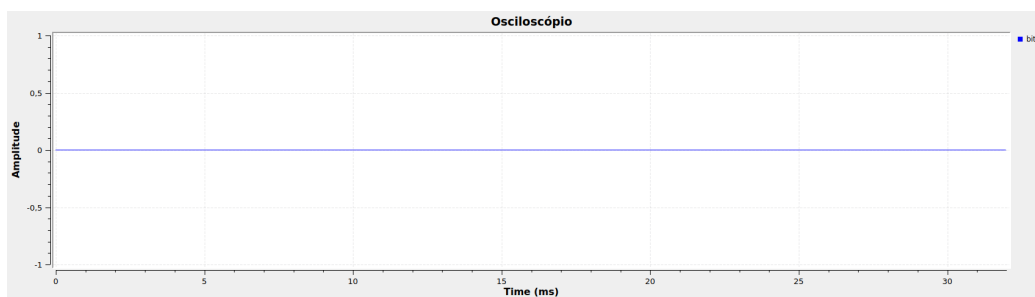


Figura 2.4d: Bits

**A2a)**

**A2b) O que ocorre com os símbolos no tempo conforme os TAPs mais distantes (últimos) ganham mais peso? Pesquise sobre o efeito de multi-percursos e a estrutura dos TAPs.**

Para o caso do bloco Channel Model feito, as taps são o delay do efeito de multi-percursos do canal.

Logo, esse efeito provocado por multi-percurso faz com que os blocos de frequência se sobreponham, o que causa interferência entre os símbolos (ISI).

Foi possível ver o sinal na saída do canal foi ficando cada vez mais contaminado, pela evolução das figuras, e na última combinação não foi mais possível capturar bits, devido ao tamanho delay ser maior que o CP.

**A2c) Por último, compare os espectros do sinal OFDM na saída do transmissor com daquele da primeira parte da AR1. Como explicar essa diferença em função do número de amostras que se repetem no bloco <Random Source>?**

Como no AR1 o bloco Random Source atua com 10000 amostras já nesta atividade o bloco atua com 100 amostras, logo, assim parece que o espectro no AR1 se parece ter uma melhor resolução quando comparamos ao espectro do AR2.

### **3 Conclusão**

Pode-se concluir então que o experimento foi feito com sucesso, e foi possível aprender os conceitos de modulação OFDM, bem como sobre como o canal pode modificar o sinal de uma maneira que ainda é possível recuperar o sinal e de uma maneira em que não era mais possível obter os bits do sinal.