

# lab2

September 11, 2025

## 1 Experimento 1

```
[1]: import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
from scipy.fft import fft, fftshift, fftfreq
```

### 1.1 Definição de parâmetros

```
[48]: fs = 5000    # taxa de amostragem (Hz)
t_final = 0.15    # tempo de simulação (s)
t = np.arange(0, t_final, 1/fs) # vetor de tempo
```

### 1.2 Definindo Sinal da Mensagem

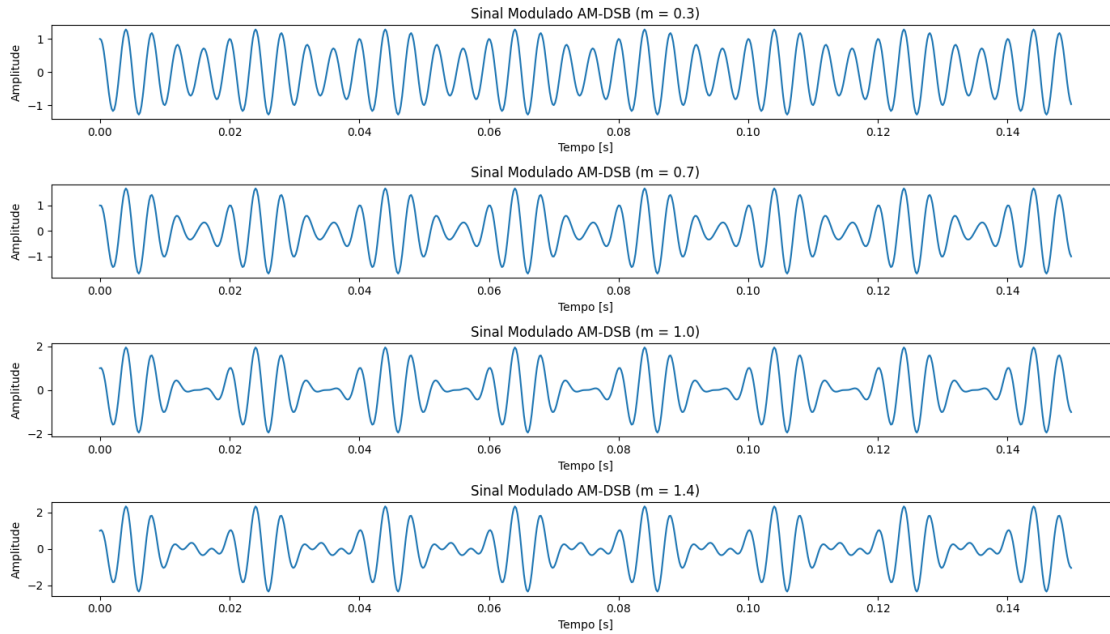
```
[50]: fm = 50      # Hz (bem menor que a portadora)
Am = 1           # amplitude da mensagem
m_t = Am * np.sin(2*np.pi*fm*t) # sinal da mensagem
```

### 1.3 Definindo Sinal da Portadora

```
[52]: fc = 250     # Hz
Ac = 1           # amplitude da portadora
c_t = Ac * np.cos(2*np.pi*fc*t) # sinal da portadora
```

```
[54]: modulation_indexes = [0.3, 0.7, 1.0, 1.4]

plt.figure(figsize=(14,8))
for i, m in enumerate(modulation_indexes, 1):
    s_t = Ac*(1 + m*m_t)*np.cos(2*np.pi*fc*t) # sinal modulado AM-DSB
    plt.subplot(len(modulation_indexes), 1, i)
    plt.plot(t, s_t)
    plt.title(f"Sinal Modulado AM-DSB (m = {m})")
    plt.xlabel("Tempo [s]")
    plt.ylabel("Amplitude")
plt.tight_layout()
plt.show()
```



### Descrição:

Foi gerado um sinal de mensagem senoidal, uma portadora e o sinal modulado AM-DSB:

Foram utilizados diferentes índices de modulação:

[  $m = 0.3$ , ;  $0.7$ , ;  $1.0$ , ;  $1.4$  ]

### Análise dos resultados:

- Para (  $m \leq 1.0$  ): a envoltória segue claramente o sinal da mensagem sem apresentar nenhuma distorção.

- Para (  $m > 1$  ): ocorre **sobremodulação**, a envoltória se distorce, não seguindo mais o sinal da mensagem.

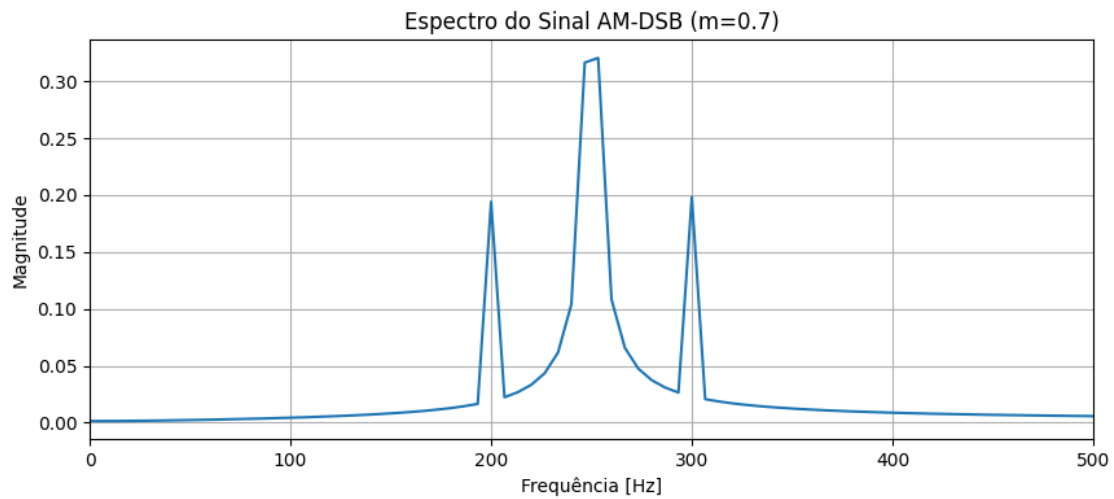
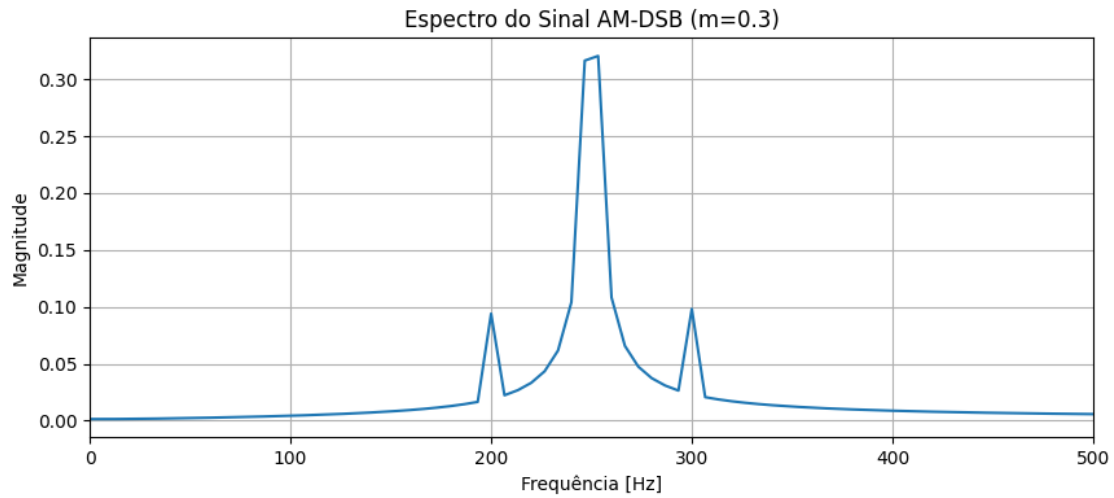
**Conclusão:** A saída está de acordo com a teoria, confirmando o efeito do índice de modulação sobre a forma do sinal.

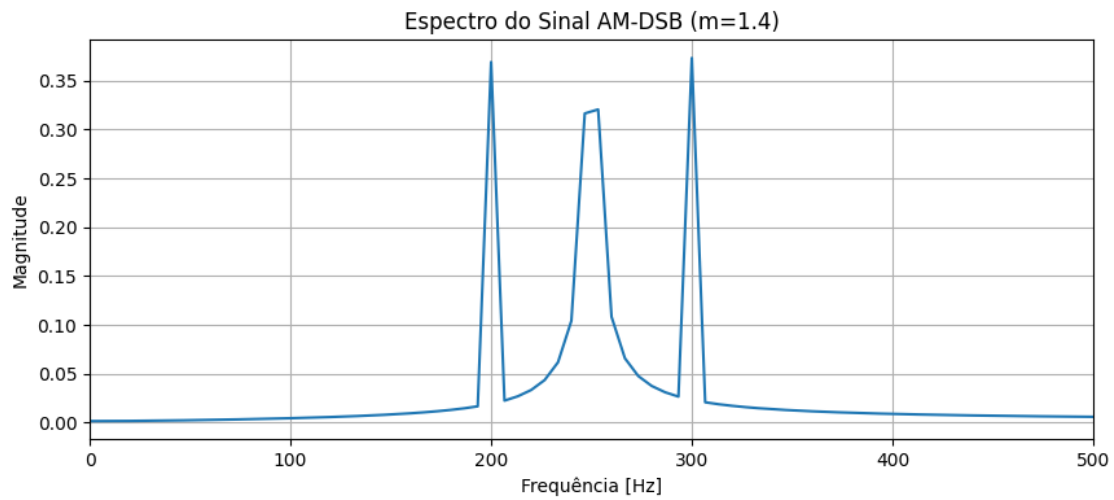
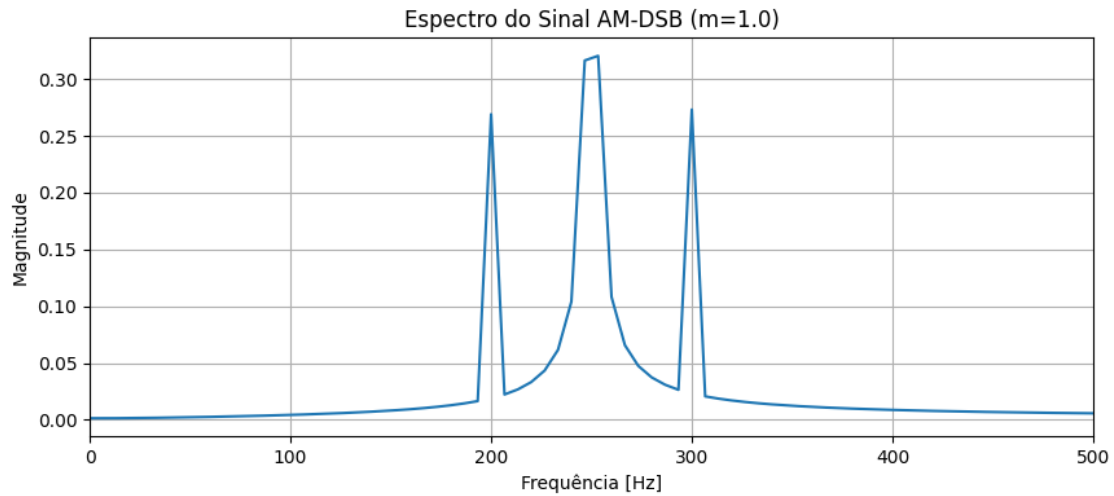
## 2 Experimento 2

```
[6]: def plot_fft(signal, fs, title):
    N = len(signal)
    freq = fftshift(fftfreq(N, 1/fs))
    spectrum = np.abs(fftshift(fft(signal)))/N
    plt.figure(figsize=(10,4))
    plt.plot(freq, spectrum)
    plt.title(title)
    plt.xlabel("Frequência [Hz]")
    plt.ylabel("Magnitude")
    plt.xlim(0, 500) # foco nas frequências até 500 Hz
    plt.grid()
```

```
plt.show()

for m in modulation_indexes:
    s_t = Ac*(1 + m*m_t)*np.cos(2*np.pi*fc*t)
    plot_fft(s_t, fs, f"Espectro do Sinal AM-DSB (m={m})")
```





### Descrição:

Aplicou-se a Transformada de Fourier no sinal modulado, obtendo o espectro:

### Análise dos resultados:

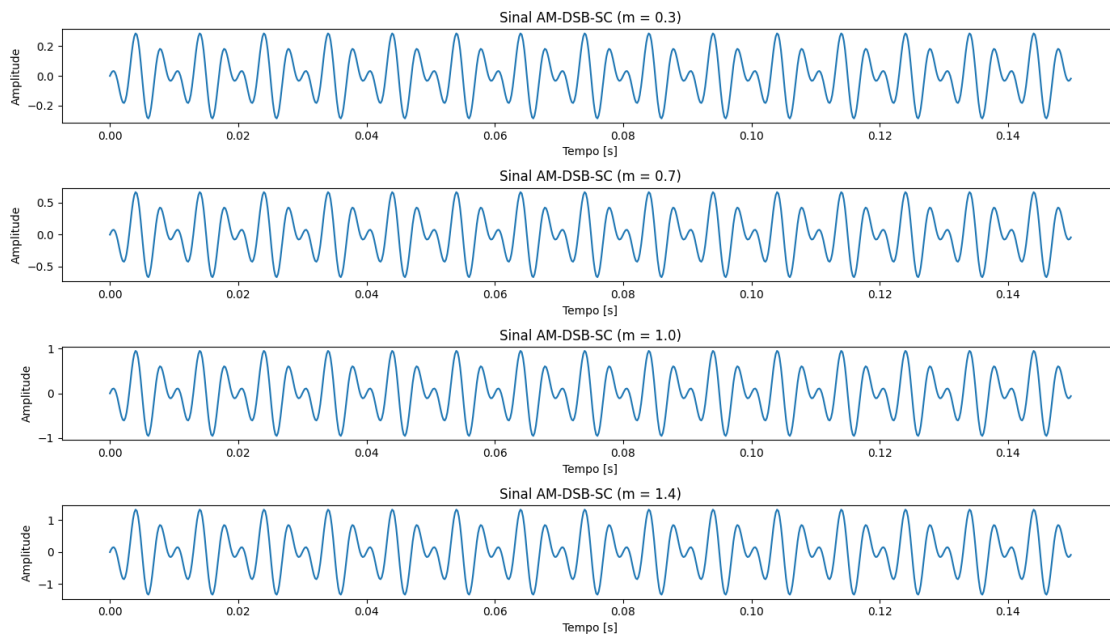
- O espectro apresenta um pico em  $(f_c)$  (portadora).
- Duas bandas laterais surgem em  $(f_c \pm f_m)$ .
- A amplitude das bandas laterais cresce com o aumento de  $(m)$ .

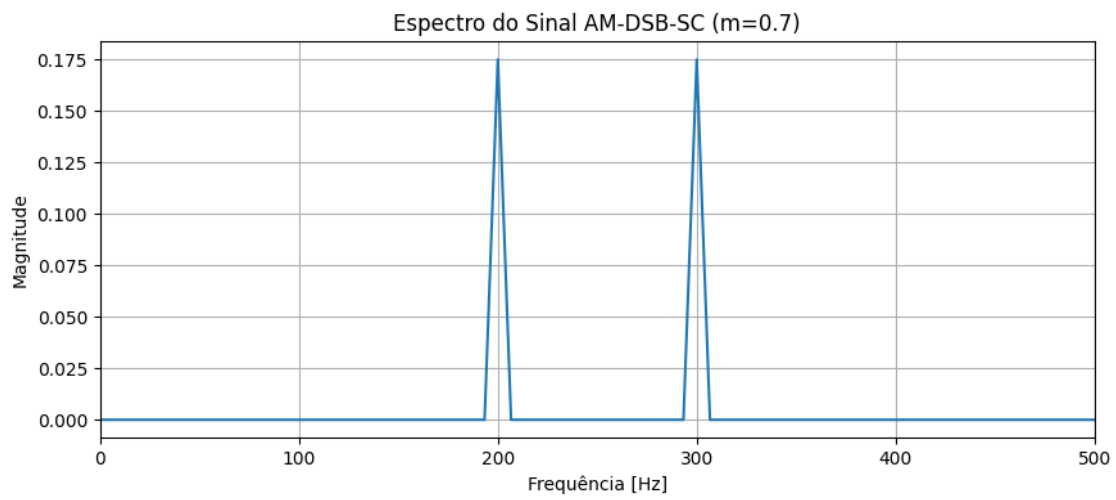
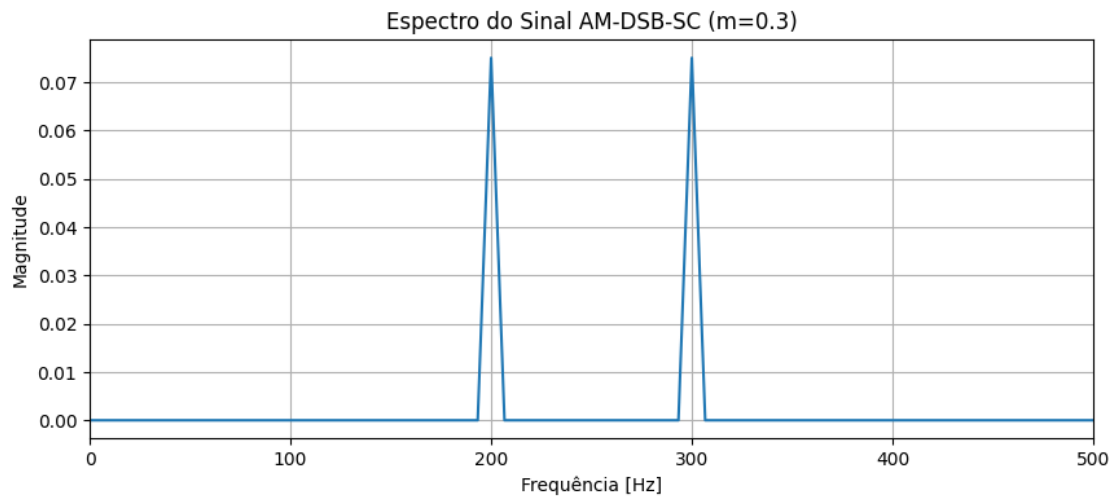
**Conclusão:** Os resultados confirmam o comportamento esperado: presença da portadora e deslocamento do espectro da mensagem em torno de  $(f_c)$ .

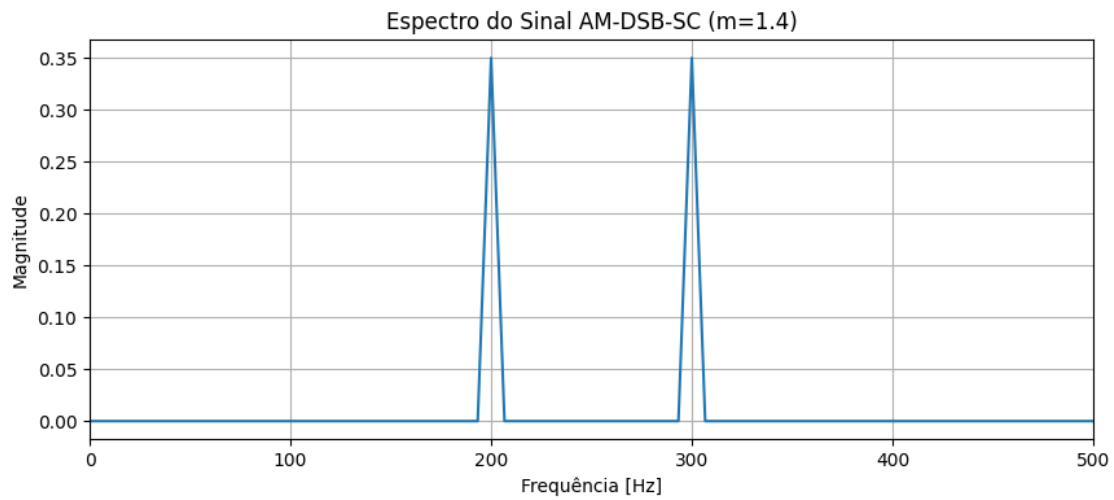
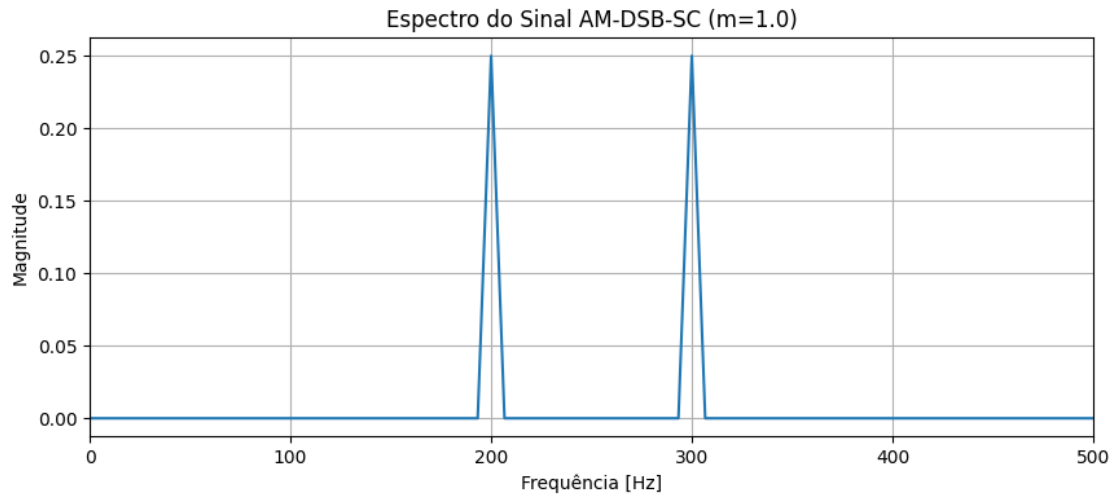
### 3 Experimento 3

```
[7]: plt.figure(figsize=(14,8))
for i, m in enumerate(modulation_indexes, 1):
    s_t = Ac*m*m_t*np.cos(2*np.pi*fc*t) # AM-DSB-SC (portadora suprimida)
    plt.subplot(len(modulation_indexes), 1, i)
    plt.plot(t, s_t)
    plt.title(f"Sinal AM-DSB-SC (m = {m})")
    plt.xlabel("Tempo [s]")
    plt.ylabel("Amplitude")
plt.tight_layout()
plt.show()

for m in modulation_indexes:
    s_t = Ac*m*m_t*np.cos(2*np.pi*fc*t)
    plot_fft(s_t, fs, f"Espectro do Sinal AM-DSB-SC (m={m})")
```







### Descrição:

Neste caso a modulação sem a presença da portadora.

### Análise dos resultados:

- No domínio do tempo: a envoltória não corresponde mais diretamente ao sinal modulante.
- No espectro: não há componente em  $(f_c)$ , apenas as duas bandas laterais em  $(f_c \pm f_m)$ .

**Conclusão:** O resultado corresponde à teoria da **modulação DSB-SC**, em que a portadora é eliminada e restam apenas as bandas laterais.