

## Lista de Exercícios 05 – Modulações Analógicas

- 7) Defina a largura de banda de um sinal modulado utilizando modulação AM-DSB. Se um sinal de áudio em banda base (largura de banda base  $B_s = 20$  kHz) for modulado utilizando AM-DSB em uma frequência de 1420 kHz, qual faixa de frequências e largura do canal necessário para transmitir esse sinal?

$$B_{\text{canal}} = 40 \text{ kHz}$$

$$\text{faixa: } 1400 \text{ kHz} < f < 1440 \text{ kHz}$$

- 8) Defina a largura de banda de um sinal modulado utilizando modulação FM. Se um sinal de áudio em banda base (largura de banda base  $B_s = 20$  kHz) for modulado utilizando FM em uma frequência de 100.9 MHz e com um índice de modulação  $\beta = \frac{1}{3}$ , qual faixa de frequências e largura do canal necessário para transmitir esse sinal? Quais seriam as próximas duas estações de rádio FM possíveis antes/depois da 100.9 MHz?

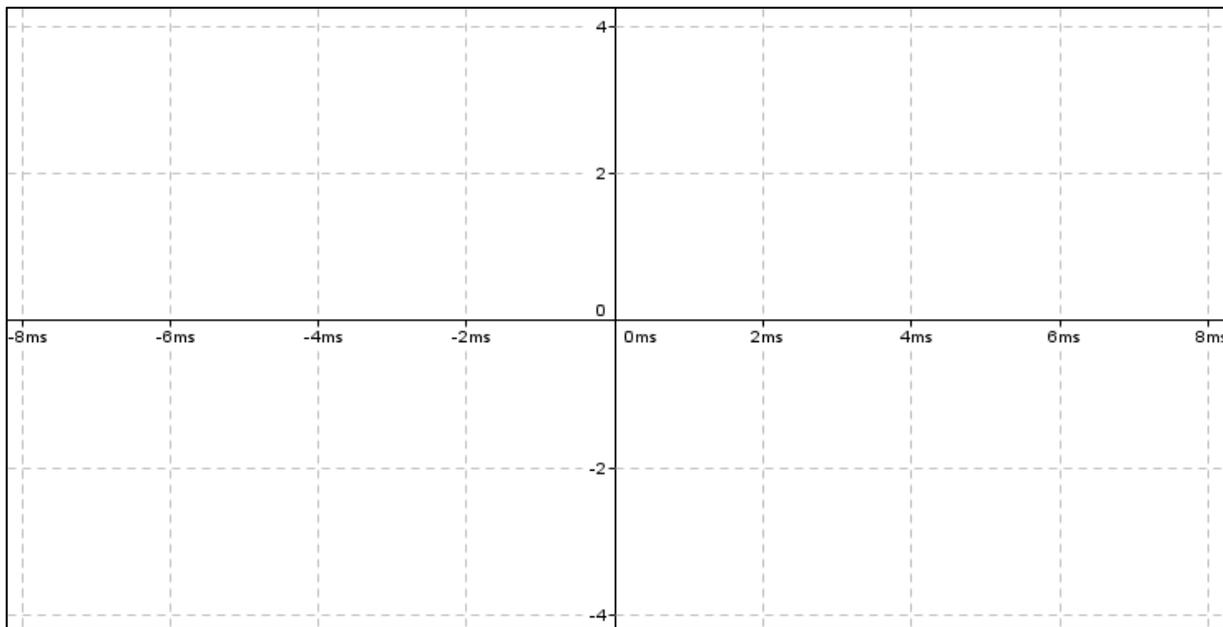
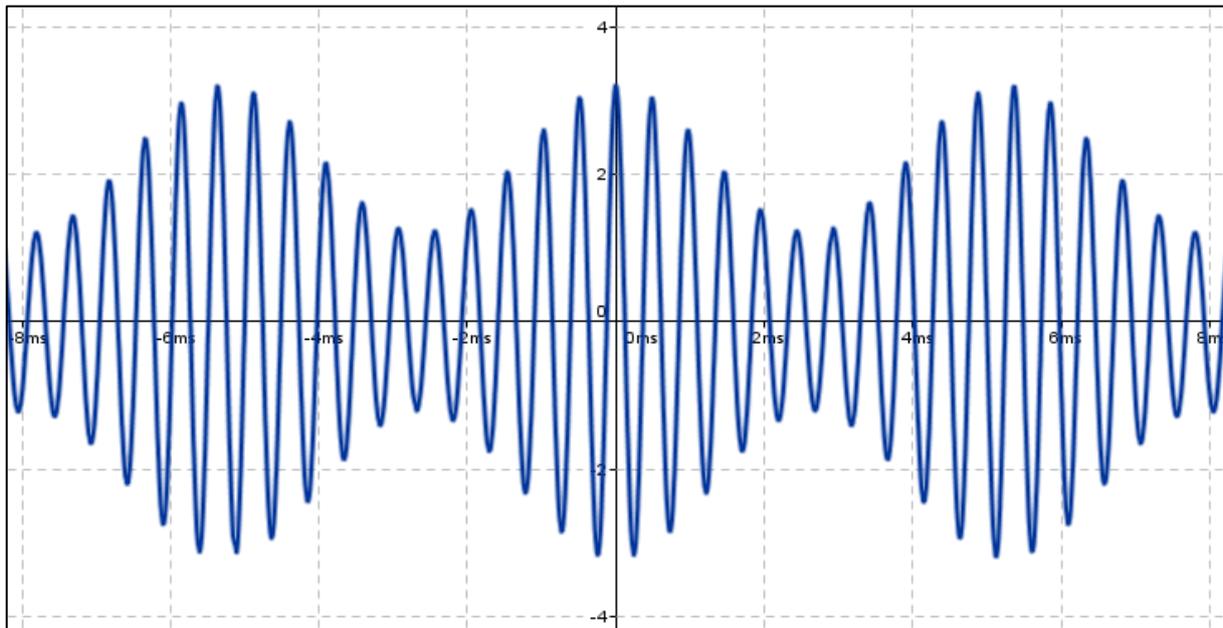
$$\Delta f = \beta B_s = \frac{20k}{3}$$

$$B_{FM} = 2\Delta f + 2B_s = \frac{40k}{3} + 40k = \frac{160k}{3} = 53.333 \text{ kHz}$$

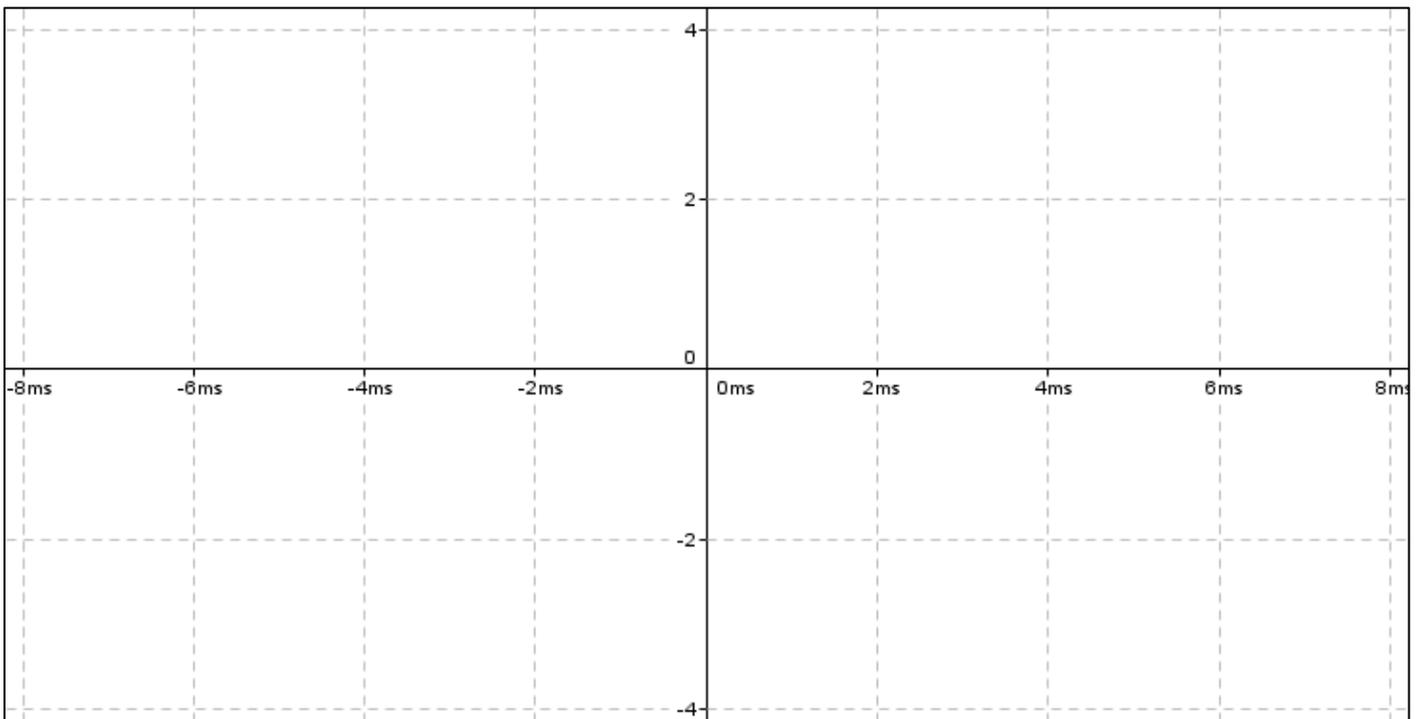
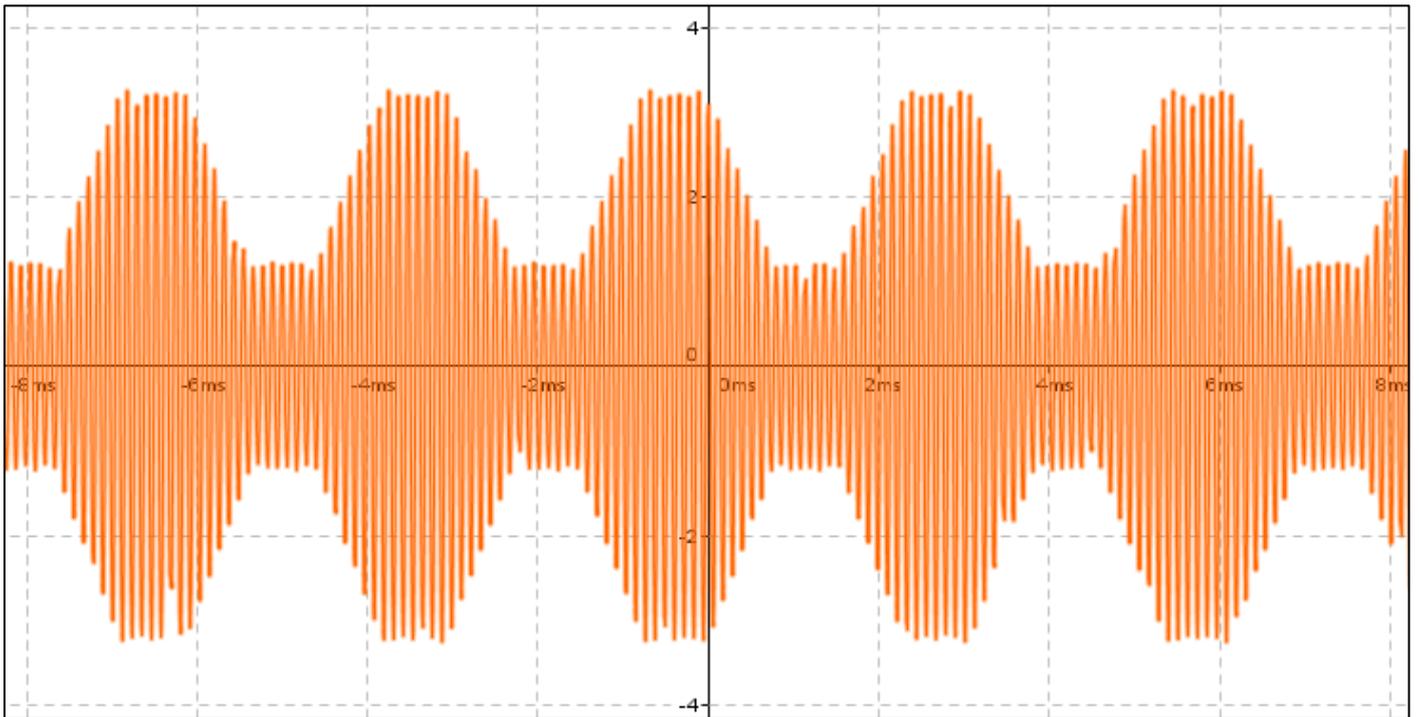
$$\text{faixa de FM: } 100.9 \text{ MHz} - 0.05333 \text{ MHz} < f < 100.9 \text{ MHz} + 0.05333 \text{ MHz}$$

$$\text{próximas estações: } 100.9 \text{ MHz} \pm 0.10666 \text{ MHz} \rightarrow 101.006 \text{ MHz e } 100.79 \text{ MHz}$$

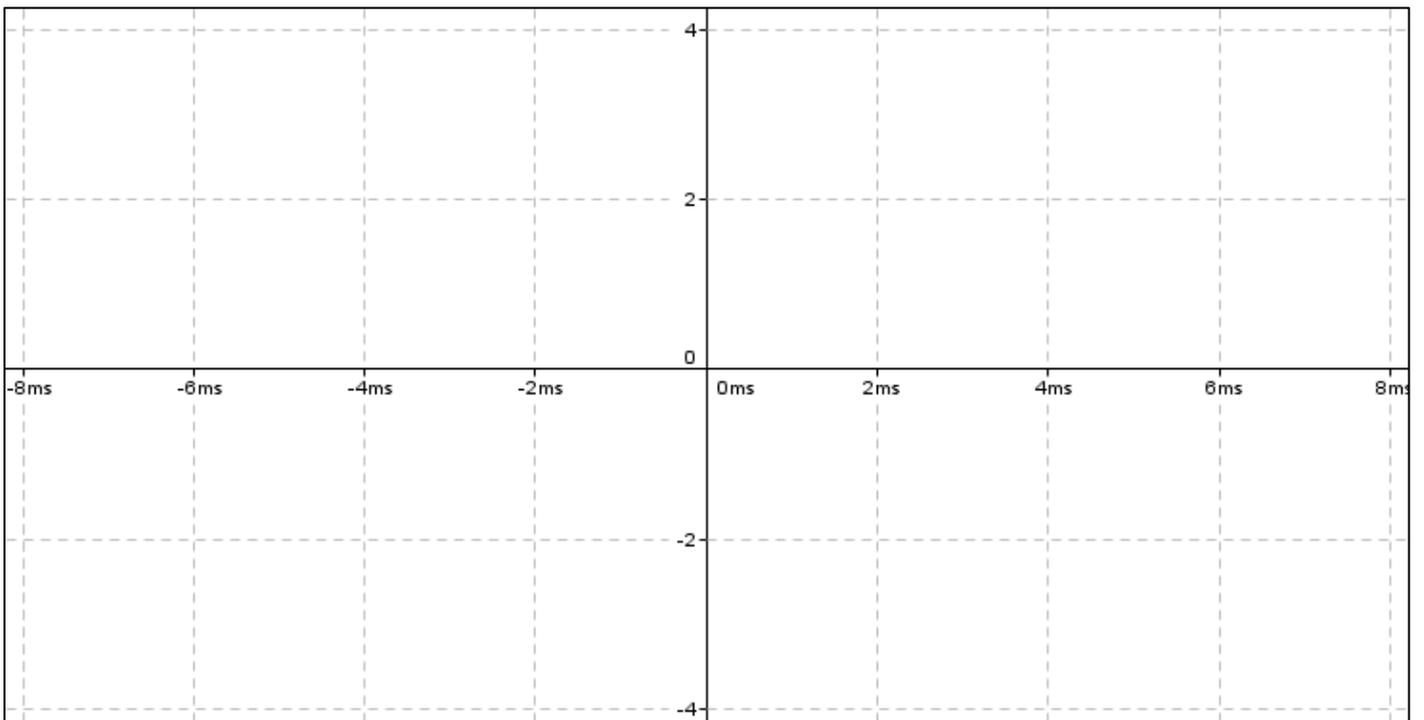
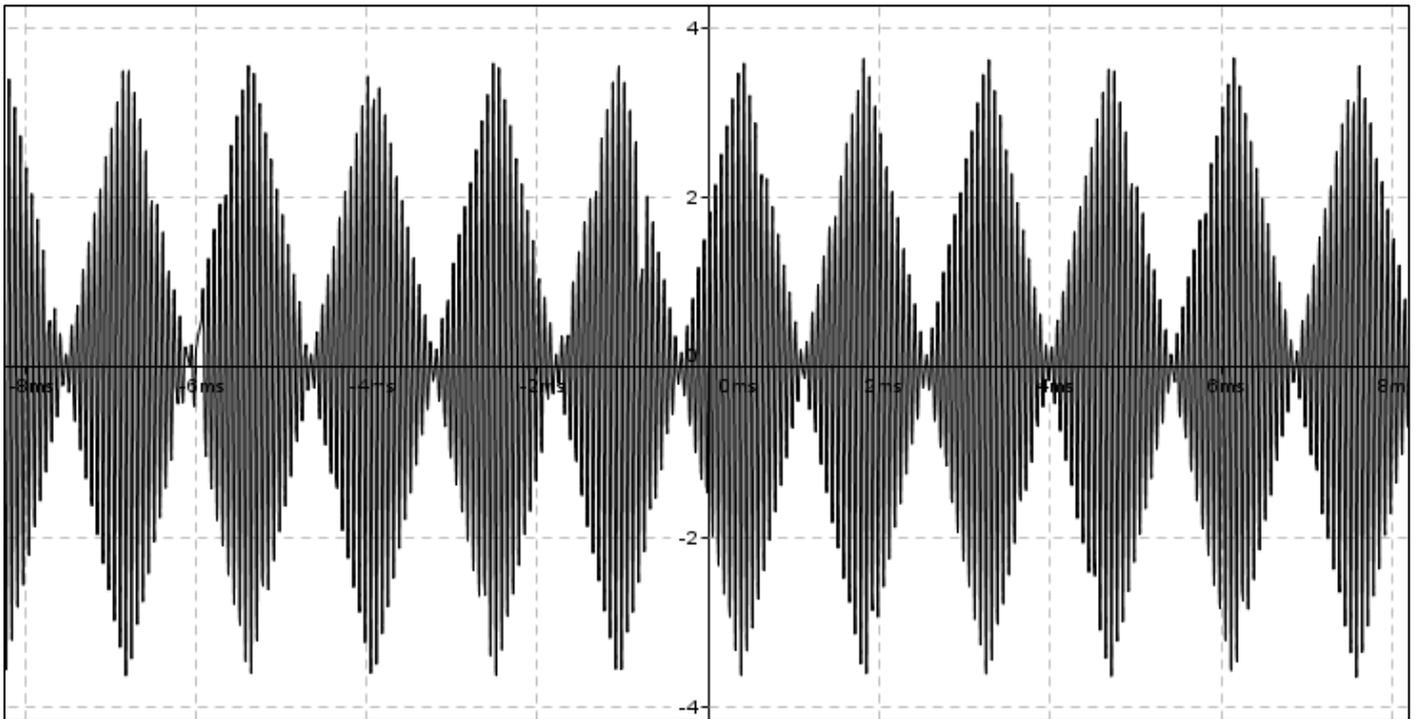
- 11) Alguns sinais periódicos foram transmitidos utilizando modulação AM. Esses sinais são apresentados nas figuras a seguir. Para cada um trace o desenho do sinal modulante utilizando o conceito de detecção de envoltória. Para cada um dos sinais modulantes detectados, calcule: frequência, período, amplitude e fase (em relação ao cosseno).



Parâmetros	Amplitude (V)	Frequência (Hz)	Período (ms)	Fase (graus)
Valor	$\cong 1 \text{ V}$	$\cong 181 \text{ Hz}$	$\cong 5,5 \text{ ms}$	0



Parâmetros	Amplitude (V)	Frequência (Hz)	Período (ms)	Fase (graus)
<b>Valor</b>	$\cong 1 \text{ V}$	$\cong 384 \text{ Hz}$	$\cong 2,6 \text{ ms}$	$\cong 45^\circ$



Parâmetros	Amplitude (V)	Frequência (Hz)	Período (ms)	Fase (graus)
<b>Valor</b>	$\cong 1,9$ V	$\cong 571$ Hz	$\cong 1,75$ ms	$\cong -90$

**12)** Dados os sinais  $m(t) = 10 \cos(1000\pi t)$  V (**modulante**) e  $p(t) = 8 \cos(20\pi \times 10^3 t)$  V (**portadora**), e assumindo modulação AM-DSB,

- Obtenha o índice de modulação  $\mu_m$ .
- Defina a largura de banda  $B_{AM}$ .
- Calcule o rendimento  $\eta$  do sinal modulado.
- Desenhe o espectro do sinal modulado.

$$\mu = \frac{A_m}{A_p} = \frac{10}{8} = 1,25$$

$$B = 2B_s = 2f_m = 1000 \text{ Hz}$$

$$\eta = \frac{\mu^2}{2 + \mu^2} = 0.4385 = 43.85\%$$

**13)** Dados os sinais  $m(t) = 10 \cos(1000\pi t)$  V (**modulante**) e  $p(t) = 8 \cos(20\pi \times 10^3 t)$  V (**portadora**), e assumindo modulação FM com taxa de modulação  $\beta = 1$ ,

- Obtenha desvio de frequência  $\Delta f$
- Defina a largura de banda  $B_{FM}$ .
- Encontre a constante  $\frac{k_{FM}}{2\pi}$  [Hertz/V] do VCO.

$$\beta = \frac{\Delta f}{B_s} = 1$$

$$B_s = \Delta f = f_m = 500 \text{ Hz}$$

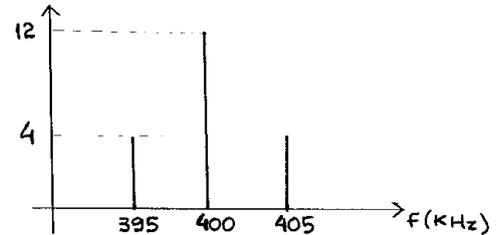
$$B_{FM} = 2\Delta f + 2B_s = 4f_m = 2\text{kHz}$$

$$k_{FM} = \frac{\Delta\omega}{V_{pp}} = \frac{2\pi\Delta f}{2A_m} \rightarrow \frac{k_{FM}}{2\pi} = \frac{\Delta f}{2A_m}$$

$$\frac{k_{FM}}{2\pi} = \frac{500}{20} = 25 \frac{\text{Hz}}{\text{Volt}}$$

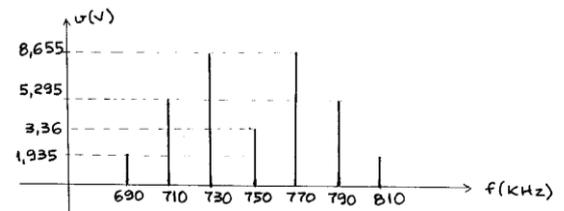
14) Considerando o espectro de frequência do sinal modulado **AM-DSB** apresentado abaixo, completar o quadro a seguir.

valor de pico da portadora - $A_p$	12
valor de pico da modulante - $A_m$	4
frequência da portadora - $f_p$	400 kHz
frequência da modulante - $f_m$	5 kHz
índice de modulação - $\mu_m$	1/3
largura de faixa - $B_{AM}$	10 kHz



15) Considerando o espectro de frequência do sinal modulado **FM** apresentado abaixo, completar o quadro a seguir.

valor de pico da portadora - $A_p$	15 V
valor de pico da modulante - $A_m$	4 V
frequência da portadora - $f_p$	750 kHz
frequência da modulante - $f_m$	20 kHz
índice de modulação - $\beta$	2
largura de faixa - $B_{FM}$	40 kHz + 80 kHz = 120 kHz
desvio de frequência - $\Delta f$	2Bs = 40kHz (Bs = 20 kHz)
constante de modulação - $k_{FM}/2\pi$ [Hz/V]	5 kHz/V



$$A_p \times 0,224 = 3,36$$

(ver gráficos de diferentes índices de modulação FM nos slides de aula)

$$A_p \cong 15$$

$$\frac{k_{FM}}{2\pi} = \frac{\Delta f}{V_{pp}} = \frac{40000}{8} = 5000 \frac{\text{Hz}}{\text{V}}$$