

Relatório II - Laboratório II

Schaiana Sonaglio

Sistemas de Comunicação I

<schaiana.s@aluno.ifsc.edu.br>

1 Introdução

Neste relatório, serão apresentadas as soluções para duas questões propostas no segundo laboratório da disciplina Sistemas de Comunicação I (COM1), além de uma breve explicação sobre os conceitos teóricos necessários para a resolução de cada questão, análise dos resultados e considerações finais sobre o conteúdo revisado ou aprendido. Todas as questões foram resolvidas utilizando o software Matlab.

Na questão um e dois, conceitos da disciplina de Sinais e Sistemas II (SIS2) e Circuitos Elétricos II (CIE2) foram revisados através do uso da transformada de Fourier, teorema da amostragem, modulação AM DSB (Banda Lateral Dupla) e AM DSB-SC (Banda Lateral Dupla com Portadora Suprimida) e multiplexação por divisão de frequência (FDM).

2 Conceitos Teóricos

2.1 Modulação AM - Modulação em Amplitude

A modulação em amplitude consiste na variação da amplitude do sinal de uma portadora em função do sinal modulante: o sinal modulante é multiplicado pelo sinal da portadora, que possui uma frequência maior, facilitando a transmissão da informação. Um exemplo: Ondas de rádio são transmitidas mais eficientemente no ar quando a frequência é alta, caso a frequência do sinal modulante seja baixa, usa-se a modulação para não ter que utilizar uma antena de dimensões muito grandes.

2.2 Modulação AM: DSB-SC

Neste tipo de modulação, somente desloca-se o espectro do sinal modulante para a frequência da portadora. Para a recuperação do sinal, basta multiplicá-lo novamente pela portadora e depois utilizar um filtro passa baixa para remover os espectros que não são de interesse.

2.3 Modulação AM: DSB

Neste tipo de modulação, envia-se o sinal da portadora junto com o sinal modulante, nesse caso, o receptor não precisa gerar uma portadora para reconstituir o sinal. Outro ponto importante é que, para que não ocorra inversão de fase do sinal modulado, a soma da amplitude do sinal modulado com o sinal modulante deve ser maior ou igual a zero, ou seja, $A + m(t) \geq 0$. Dito isso, para uma amplitude mínima do sinal modulante, define-se o índice de modulação (μ), que é um número representado entre 0 e 1. A demodulação consiste basicamente em se detectar a envoltória da portadora, onde se encontra a informação.

2.4 Multiplexação por divisão de frequência (FDM)

Na multiplexação por divisão de frequência, a modulação possibilita que vários sinais compartilhem a banda de um mesmo canal, modulando cada um com uma frequência de portadora diferente. Para recuperação dos sinais originais, multiplica-se o sinal recebido pela portadora de alta frequência e em seguida são feitos processos de filtragem para recuperar os sinais modulados antes da multiplexação. Por último, cada sinal é reconstituído através da multiplicação deles pela sua respectiva portadora.

3 Apresentação dos Resultados

3.1 Exercício 1

Realizar um processo de modulação AM DSB e AM DSB-SC. Para o caso da modulação AM DSB-SC, realizar o processo de demodulação utilizando a função 'fir1'. Para o caso da modulação AM DSB, variar o 'fator de modulação' (0.25; 0.5; 0.75 e 1 e 1.5) e observar os efeitos no sinal modulado.

Na Figura 1, estão os sinais modulante, o da portadora e o modulado, tanto no domínio do tempo quanto no da frequência

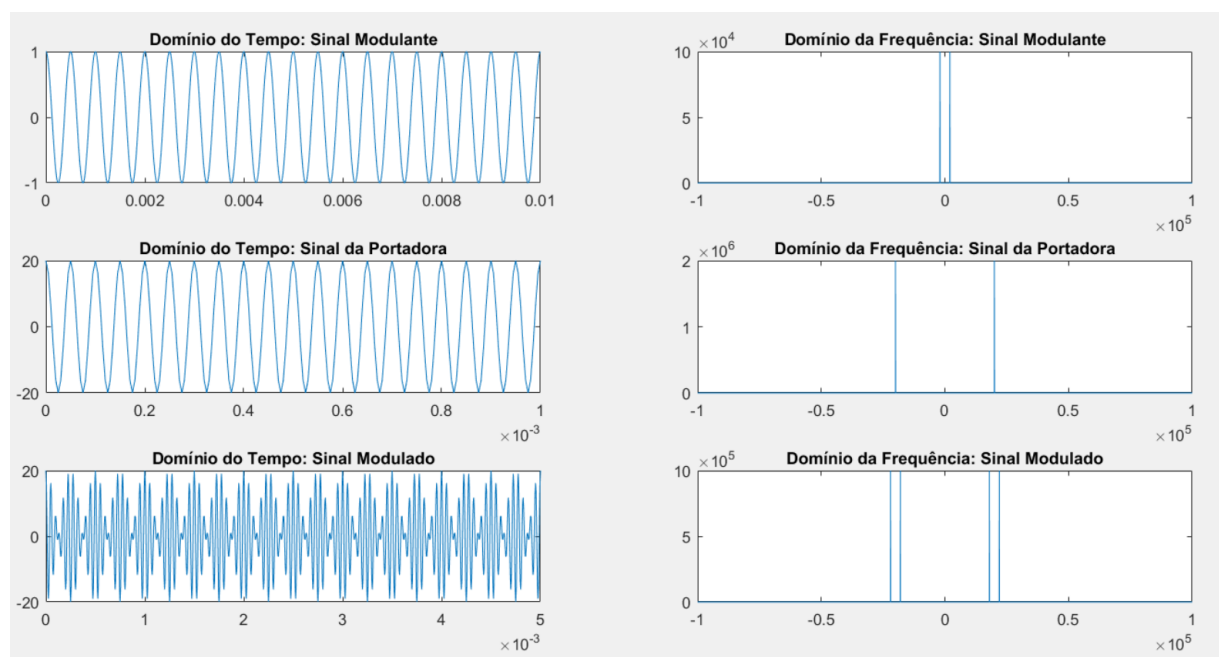


Figura 1 - Exercício 1: Sinal modulante, portadora e sinal modulado - no tempo e na frequência

A Figura 2 mostra a modulação AM DSB e sua representação na frequência.

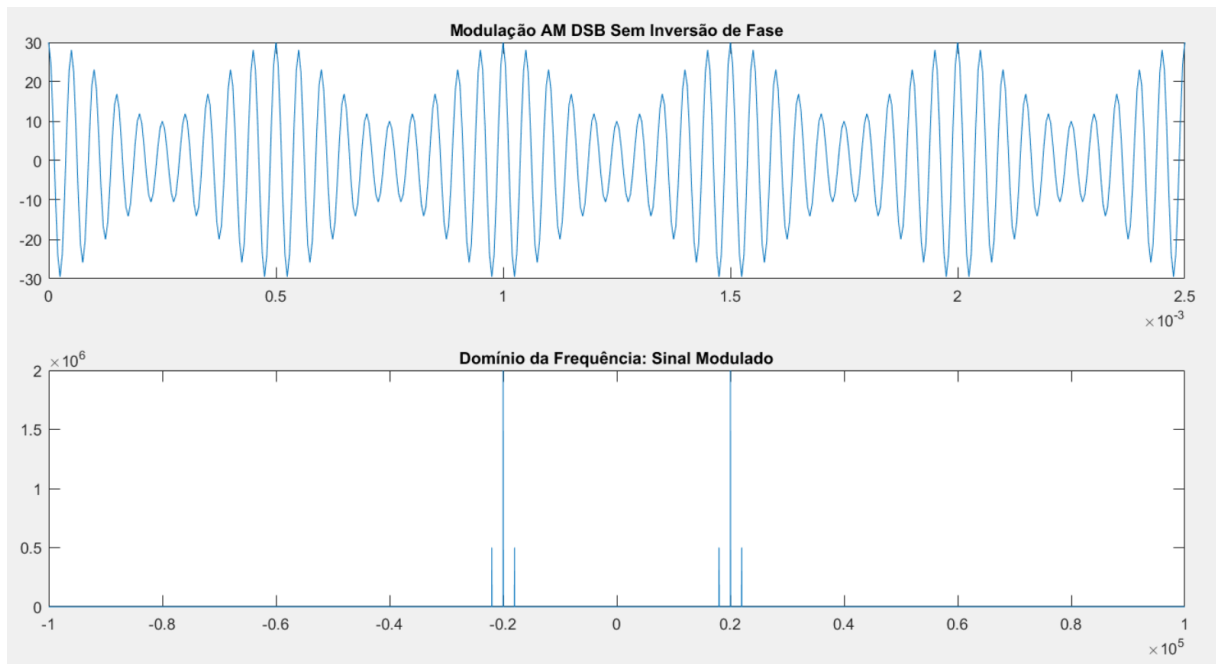


Figura 2 - Exercício 1: Modulação AM DSB-SC tempo e frequência

Na Figura 3, é mostrada a resposta em frequência do filtro passa baixa com frequência de corte em 1 kHz.

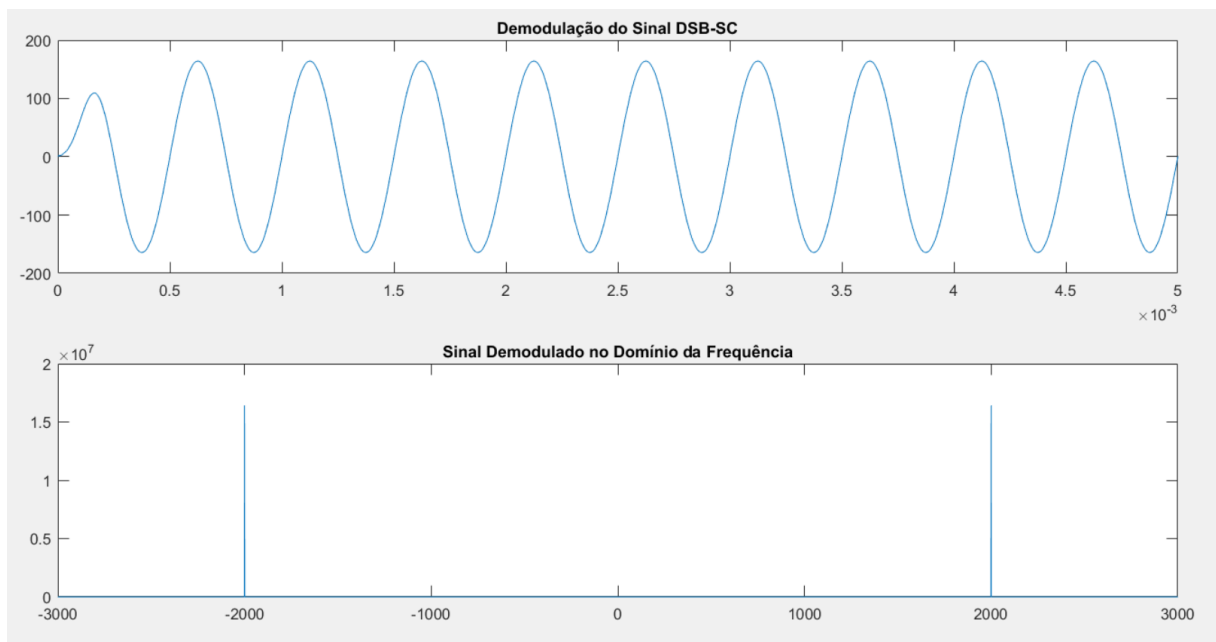


Figura 3 - Resposta em frequência do filtro (1 kHz).

Na Figura 4, é mostrada a demodulação do sinal modulado pela modulação DSB-SC.

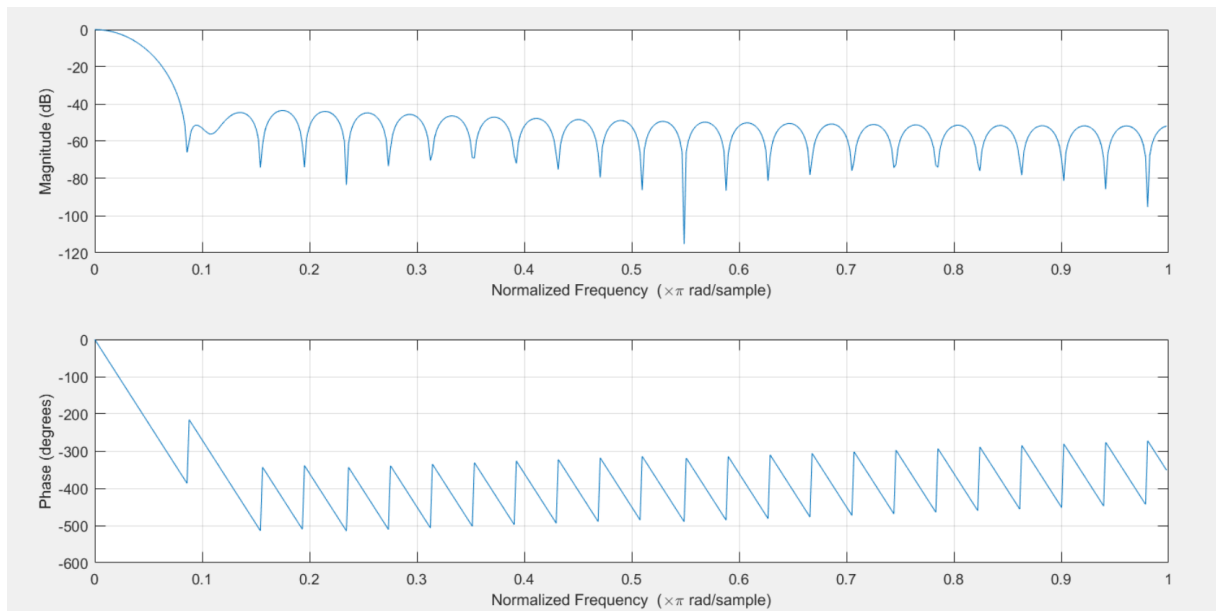


Figura 4 - Demodulação AM DSB-SC.

Na Figura 5, podemos observar a modulação AM DSB com a variação do fator modulante. Conforme o fator foi aumentando, aumentou-se também a atenuação nos pontos mínimos da função.

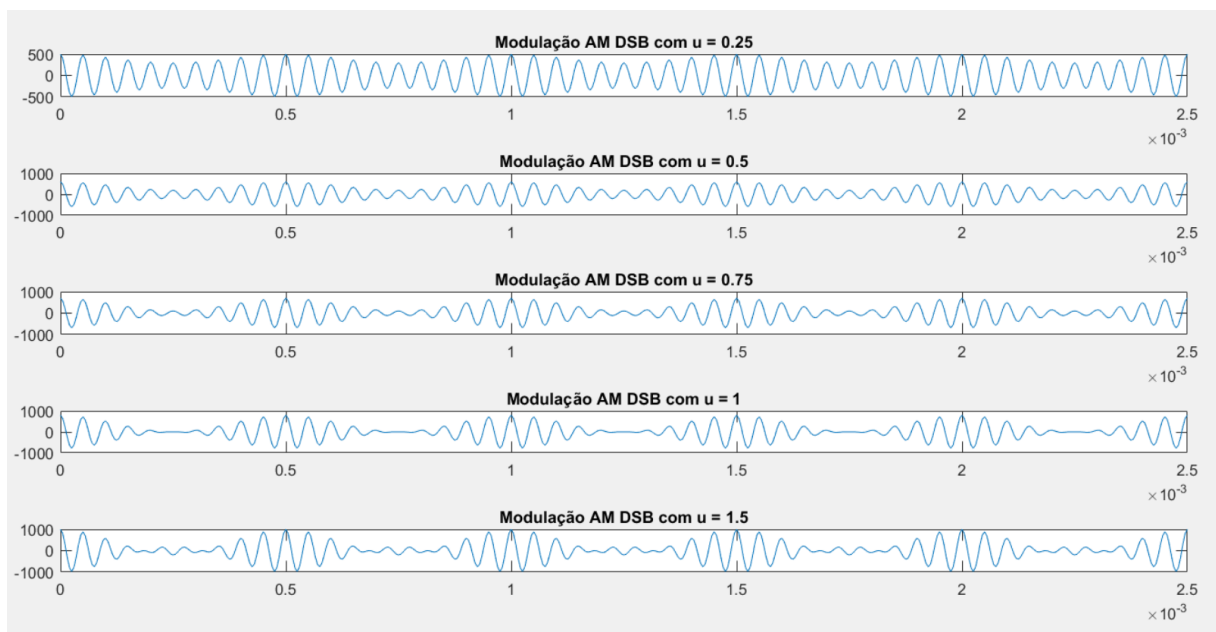


Figura 5 - Exercício 1: Variação do fator modulante

3.2 Exercício 2

Gerar 3 sinais (cosenos) nas frequências 1k, 2k e 3k. Realizar a multiplexação dos sinais para as frequências 10k, 12k e 14k para a transmissão em um canal de comunicação. Recuperar os sinais originais.

Na Figura 6, somente a banda lateral superior dos sinais modulados foi mantida, pois ela é suficiente para a multiplexação e recuperação dos sinais.

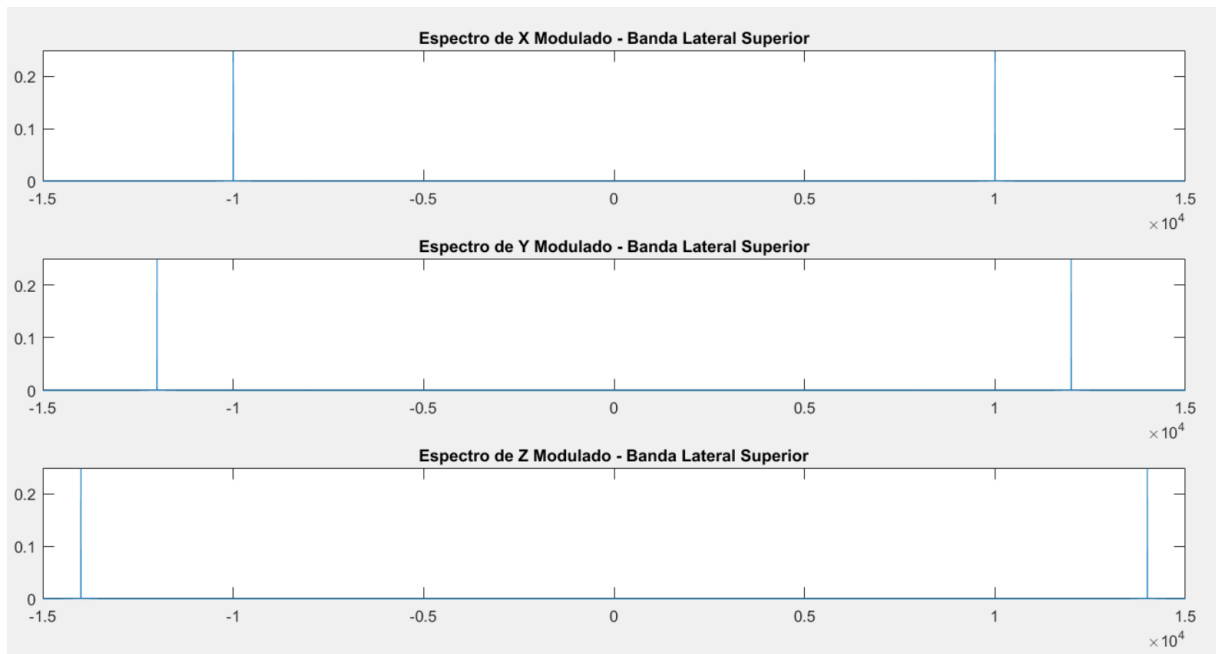


Figura 6 - Exercício 2: Sinais modulados somente com banda lateral superior

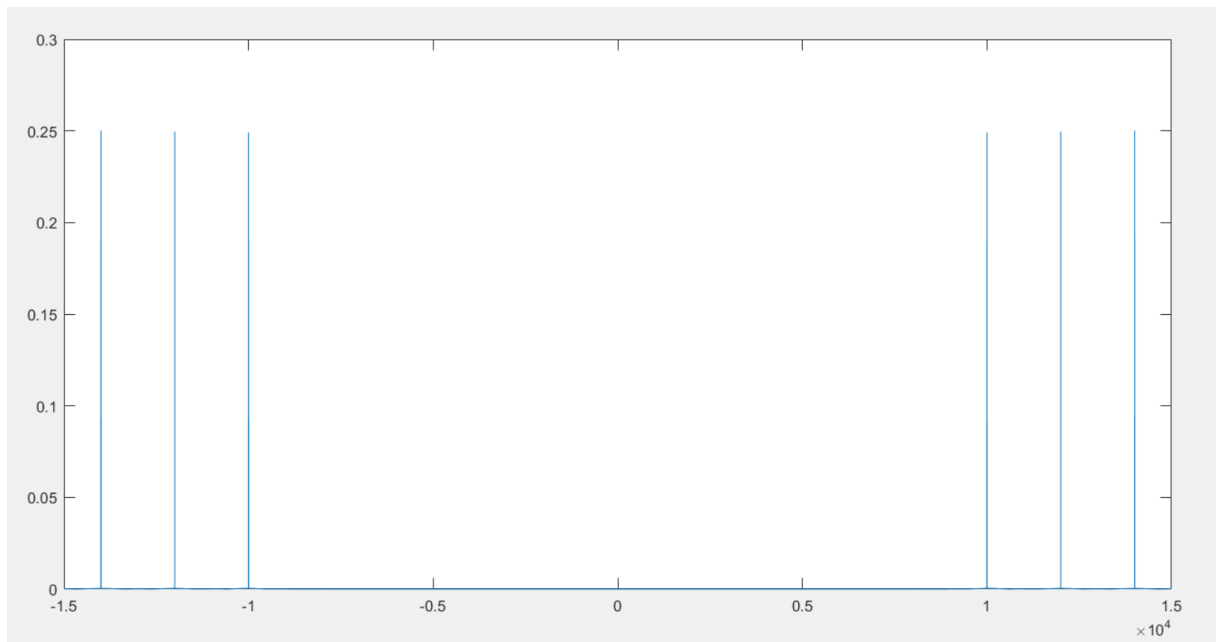


Figura 7 - Exercício 2: Sinais multiplexados por divisão de frequência.

Para obter cada um dos sinais modulados foi necessário passar diferentes tipos de filtros no sinal multiplexado. Por último, conforme ilustrado na Figura 8, os sinais de banda-base foram recuperados.

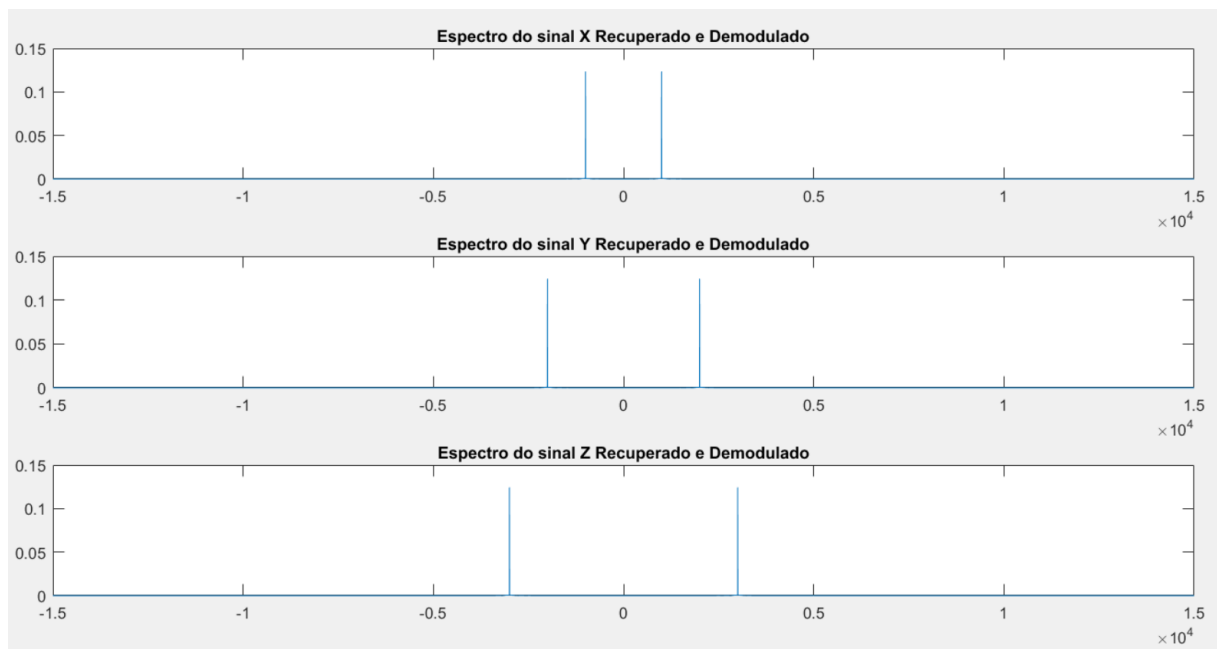


Figura 8 - Exercício 1: Sinais originais recuperados após processo de filtragem e demodulação.

4 Considerações Finais

Neste laboratório foi possível relembrar conceitos aprendidos em disciplinas já cursadas, como SIS2 e CIE2. Conceitos que foram vistos apenas em teoria puderam ser demonstrados de uma maneira mais visual e prática.

Foi visto aqui o uso da modulação e sua importância para o tratamento de sinais, além de exemplificar e exercitar práticas comuns no dia a dia da área de telecomunicações.

5 Anexos

5.1 Anexo 1 - Exercício 1: código feito no Matlab

```
1 - close all; clear all; clc;
2
3 - f = 2000; %freq sinal modulante
4 - fc = 20000; %freq portadora
5
6 - fs = 10*fc; %freq amostragem
7 - Ts = 1/fs; %período de amostragem
8
9 %Amplitude da portadora
10 - Ac = 20; %amplitude portadora
11
12 %Eixos de tempo e frequência
13 - i = 1;
14 - passo = i/fs;
15 - t = 0:passo:(i-passo);
16
17 %AM DSB-SC
18 - m = cos(2*pi*f*t); %sinal modulante
19 - c = Ac*cos(2*pi*fc*t); %portadora
```

Figura 9 - Exercício 1: Código - parte 1

```
22 %Sinais no domínio da frequência
23 - M = fftshift(fft(m));
24 - C = fftshift(fft(c));
25 - Y = fftshift(fft(y));
26
27 - freq = -fs/2:Ts*length(m):((fs/2)-(Ts*length(m)));
28
29 %AM DSB
30 - u = 0.5; %fator de modulação
31 - s = Ac*(1 + u*m).*(cos(2*pi*fc*t));
32
33 %Sinal no domínio da frequência
34 - S = fftshift(fft(s));
35
36 - figure(1)
37 - subplot(321)
38 - plot(t,m); xlim([0 0.01])
39 - title('Domínio do Tempo: Sinal Modulante');
40 - subplot(323)
41 - plot(t,c); xlim([0 0.001])
42 - title('Domínio do Tempo: Sinal da Portadora');
43 - subplot(325)
44 - plot(t,y); xlim([0 0.005])
```

Figura 10 - Exercício 1: Código - parte 2

```

45 - title('Domínio do Tempo: Sinal Modulado');
46
47
48 - subplot(322)
49 - plot(freq, abs(M));
50 - title('Domínio da Frequência: Sinal Modulante');
51 - subplot(324)
52 - plot(freq, abs(C));
53 - title('Domínio da Frequência: Sinal da Portadora');
54 - subplot(326)
55 - plot(freq, abs(Y));
56 - title('Domínio da Frequência: Sinal Modulado');
57
58 - figure(2)
59 - subplot(211)
60 - plot(t,s); xlim([0 5*(1/f)])
61 - title('Modulação AM DSB Sem Inversão de Fase');
62
63 - subplot(212)
64 - plot(freq, abs(S));
65 - title('Domínio da Frequência: Sinal Modulado');
66

```

Figura 11 - Exercício 1: Código - parte 3

```

68 - filtro = fir1(50, (2*1200)/fs); %filtro passa baixa (1kHz) normalizado
69 - y = y.*c;
70 - d = filter(filtro, 1, y);
71 - D = fftshift(fft(d)); %espectro do sinal filtrado
72
73 - figure(3)
74 - subplot(211)
75 - plot(t, d(1:length(t))); xlim([0 10*(1/f)])
76 - title('Demodulação do Sinal DSB-SC');
77 - subplot(212)
78 - plot(freq, abs(D)); xlim([-3000 3000]);
79 - title('Sinal Demodulado no Domínio da Frequência')
80
81 - figure(4)
82 - %resposta em frequencia do filtro
83 - freqz(filtro)
84
85 - %fator de modulação
86 - u = 0.25;
87 - s1 = Ac*(1 + u*m).*c;
88 - u = 0.5;
89 - s2 = Ac*(1 + u*m).*c;
90 - u = 0.75;

```

Figura 12 - Exercício 1: Código - parte 4


```

90 - u = 0.75;
91 - s3 = Ac*(1 + u*m).*c;
92 - u = 1;
93 - s4 = Ac*(1 + u*m).*c;
94 - u = 1.5;
95 - s5 = Ac*(1 + u*m).*c;
96
97 - figure(5)
98 - subplot(511)
99 - plot(t,s1); xlim([0 5*(1/f)]);
100 - title('Modulação AM DSB com u = 0.25');
101 - subplot(512)
102 - plot(t,s2); xlim([0 5*(1/f)]);
103 - title('Modulação AM DSB com u = 0.5');
104 - subplot(513)
105 - plot(t,s3); xlim([0 5*(1/f)]);
106 - title('Modulação AM DSB com u = 0.75');
107 - subplot(514)
108 - plot(t,s4); xlim([0 5*(1/f)]);
109 - title('Modulação AM DSB com u = 1');
110 - subplot(515)
111 - plot(t,s5); xlim([0 5*(1/f)]);
112 - title('Modulação AM DSB com u = 1.5');

```

Figura 13 - Exercício 1: Código - parte 5

5.2 Anexo 2 - Exercício 2: código feito no Matlab

```

1 - close all; clear all; clc
2
3 - %Freq sinais modulantes e freq portadoras
4 - f1 = 1000;
5 - f2 = 2000;
6 - f3 = 3000;
7 - fc1 = 9000;
8 - fc2 = 10000;
9 - fc3 = 11000;
10
11 - %Freq e período de amostragem
12 - fs = 10*f3;
13 - Ts = 1/fs;
14
15 - %Tempo e frequência
16 - i = 1;
17 - passo = i/fs;
18
19 - t = 0:passo:(i-passo);
20 - freq = (-fs/2):(fs/length(t)):((fs/2)-(fs/length(t)));
21

```

Figura 14 - Exercício 2: Código - parte 1

```

22     %Sinais modulantes e portadoras
23 -   x = cos(2*pi*f1*t);
24 -   y = cos(2*pi*f2*t);
25 -   z = cos(2*pi*f3*t);
26
27 -   c1 = cos(2*pi*fc1*t);
28 -   c2 = cos(2*pi*fc2*t);
29 -   c3 = cos(2*pi*fc3*t);
30
31     %Modulando
32 -   x_c = x.*c1;
33 -   y_c = y.*c2;
34 -   z_c = z.*c3;
35
36     %Filtrando
37 -   pa_x = fir1(100, (2*9500/fs), 'high');
38 -   x_fil = filter(pa_x, 1, x_c);
39 -   X_FIL = fftshift(fft(x_fil))/length(t);
40
41 -   pa_y = fir1(100, (2*11000/fs), 'high');
42 -   y_fil = filter(pa_y, 1, y_c);
43 -   Y_FIL = fftshift(fft(y_fil))/length(t);
44

```

Figura 15 - Exercício 2: Código - parte 2

```

45 -   pa_z = fir1(100, (2*12000/fs), 'high');
46 -   z_fil = filter(pa_z, 1, z_c);
47 -   Z_FIL = fftshift(fft(z_fil))/length(t);
48
49 -   figure(1)
50 -   subplot(311)
51 -   plot(freq, abs(X_FIL)); ylim([0 0.25]);
52 -   title('Espectro de X Modulado - Banda Lateral Superior');
53 -   subplot(312)
54 -   plot(freq, abs(Y_FIL)); ylim([0 0.25]);
55 -   title('Espectro de Y Modulado - Banda Lateral Superior');
56 -   subplot(313)
57 -   plot(freq, abs(Z_FIL)); ylim([0 0.25]);
58 -   title('Espectro de Z Modulado - Banda Lateral Superior');
59
60     % Multiplexando
61 -   S = X_FIL + Y_FIL + Z_FIL;
62 -   figure(2)
63 -   plot(freq, abs(S));
64
65     %Recuperando
66 -   s = ifft(ifftshift(S));
67

```

Figura 16 - Exercício 2: Código - parte 3

```

68 - f_x = fir1(100, (2*11000/fs)); %passa baixa (11 kHz)
69 - x_rec = filter(f_x, 1, s);
70 - x_rec = x_rec.*c1;
71 - fx_final = fir1(100, (2*1500/fs));
72 - %filtrando para tirar a freq da portadora
73 - x_rec = filter(fx_final, 1, x_rec);
74
75 - %Passa faixa (11kHz - 13kHz)
76 - f_y = fir1(100, [(2*11000/fs) (2*13000/fs)], 'bandpass');
77 - y_rec = filter(f_y, 1, s);
78 - y_rec = y_rec.*c2;
79 - fy_final = fir1(100, (2*2500/fs));
80 - y_rec = filter(fy_final, 1, y_rec);
81
82 - %Passa baixa (13kHz)|
83 - f_z = fir1(100, (2*13000/fs), 'high');
84 - z_rec = filter(f_z, 1, s);
85 - z_rec = z_rec.*c3;
86 - fz_final = fir1(100, (2*3500/fs));
87 - z_rec = filter(fz_final, 1, z_rec);
88
89 - X_REC = fftshift(fft(x_rec));
90 - Y_REC = fftshift(fft(y_rec));

```

Figura 17 - Exercício 2: Código - parte 4

```

89 - X_REC = fftshift(fft(x_rec));
90 - Y_REC = fftshift(fft(y_rec));
91 - Z_REC = fftshift(fft(z_rec));
92
93 - figure(3)
94 - subplot(311)
95 - plot(freq, abs(X_REC));
96 - title('Espectro do sinal X Recuperado e Demodulado');
97 - subplot(312)
98 - plot(freq, abs(Y_REC));
99 - title('Espectro do sinal Y Recuperado e Demodulado');
100 - subplot(313)
101 - plot(freq, abs(Z_REC));
102 - title('Espectro do sinal Z Recuperado e Demodulado');

```

Figura 18 - Exercício 2: Código - parte 5