

Relatório I - Laboratório I

Schaiana Sonaglio

Sistemas de Comunicação I

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

1 Introdução

Neste relatório, serão apresentadas as soluções para três questões propostas no primeiro 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, conceitos da disciplina de Sinais e Sistemas II (SIS2) foram revisados, através do uso da transformada de Fourier, teorema da amostragem, sinais de potência, potência média e da densidade espectral de potência.

Na questão dois, além dos conceitos já revisados na questão um, foram revisados conceitos da disciplina de Circuitos Elétricos II (CIE2), através do uso de filtros, como passa baixa, passa alta e passa faixa e suas respostas em frequência.

Na questão três, além dos conceitos das questões anteriores, foram revisados conceitos da disciplina de Processos Estocásticos (PRE), através do uso da função de autocorrelação e ruído branco.

2 Conceitos Teóricos

2.1 Transformada de Fourier

A transformada de Fourier é utilizada para decompor um sinal nas suas componentes em frequência e suas amplitudes. Ela é útil quando a análise no domínio da frequência é mais clara do que no domínio do tempo.

2.2 Teorema da Amostragem

É o teorema que mostra que um sinal pode ser recuperado se a frequência de amostragem do mesmo for maior que duas vezes a frequência máxima do sinal.

2.3 Sinais de Potência, Potência Média e Densidade Espectral de Potência

Um sinal de potência é um sinal que possui potência finita e não nula para todo instante em um determinado intervalo de tempo. Para o cálculo da potência média um sinal, é feita a média temporal do quadrado da sua amplitude. A densidade espectral de potência é a distribuição da potência do sinal no domínio da frequência.

2.4 Filtros Ideais e Resposta em Frequência

Filtros ideais permitem a passagem de uma determinada faixa de frequência, atenuando as demais frequências. Exemplos de filtros são os filtros passa baixa,

passa alta e passa faixa, que anuam as frequência acima, abaixo e fora da faixa, respectivamente. A resposta em frequência dos filtros mostram a relação entre a entrada e a saída dos mesmos.

2.5 Função de Autocorrelação

A autocorrelação é a correlação cruzada de um sinal com o ele próprio deslocado. A função de autocorrelação pode ser determinada a partir da transformada inversa de Fourier da função densidade espectral de potência.

2.6 Ruído Branco

O ruído branco é um sinal aleatório com intensidade constante em diferentes frequências, tendo uma densidade espectral de potência constante.

3 Apresentação dos Resultados

3.1 Exercício 1

Gerar três sinais com frequências de 1kHz, 3kHz e 5kHz com amplitudes 6, 2 e 4, respectivamente, e outro sinal s sendo este a soma dos outros três. Plotar todos os sinais no domínio do tempo e da frequência. Determinar a potência média de $s(t)$, assim como sua densidade espectral de potência (utilizando a função `pwelch`).

Conforme a figura abaixo, os sinais a, b, c e s foram representados no domínio do tempo e no domínio da frequência.

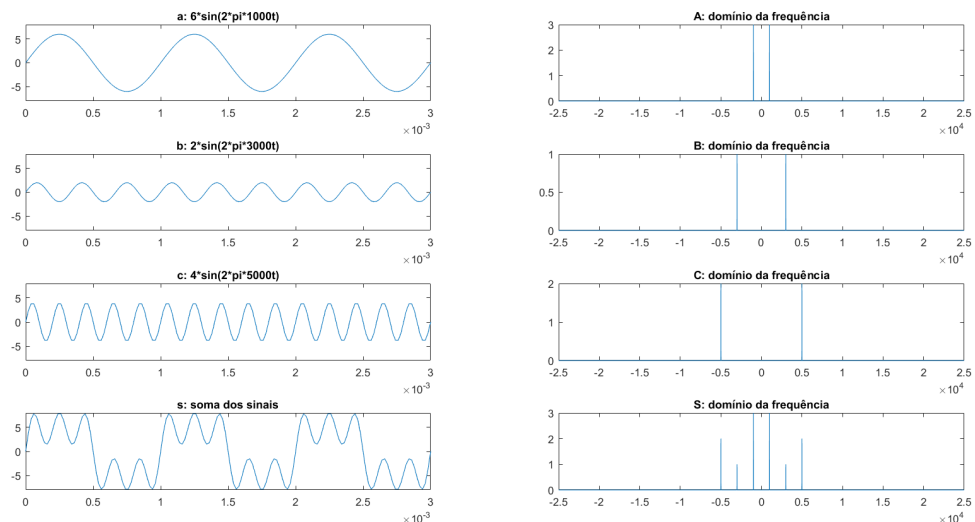


Figura 1 - Exercício 1: Sinais no domínio do tempo e da frequência

Para calcular a potência média, utilizou-se a função `norm()`, que retorna a magnitude dos elementos do vetor, elevando o retono ao quadrado e dividindo pelo número de amostras do mesmo.

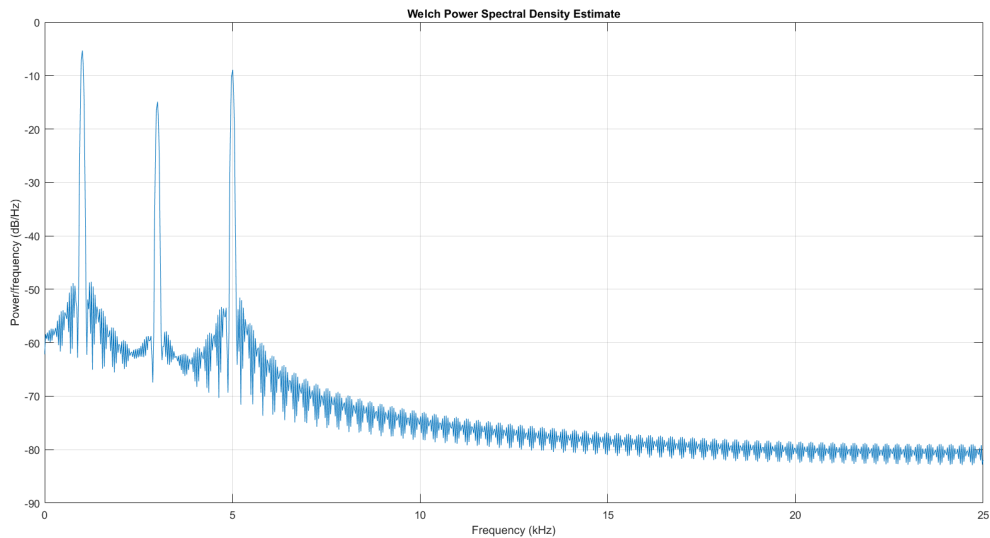


Figura 2 - Exercício 1: Densidade espectral de potência

3.2 Exercício 2

Gerar três sinais com frequências de 1kHz, 3kHz e 5kHz com amplitudes 5, 5/3 e 1, respectivamente, e outro sinal s sendo este a soma dos outros três. Plotar todos os sinais no domínio do tempo e da frequência. Gerar três filtros ideais: um filtro passa baixa (frequência de corte em 2kHz), um passa alta (frequência de corte em 4kHz) e um filtro passa faixa (banda de passagem entre 2 e 4 kHz). Plotar resposta em frequência dos filtros e passar o sinal s pelos filtros. Plotar as saídas no domínio do tempo e da frequência.

Conforme a figura 1, os sinais a , b , c e s foram representados no domínio do tempo e no domínio da frequência.

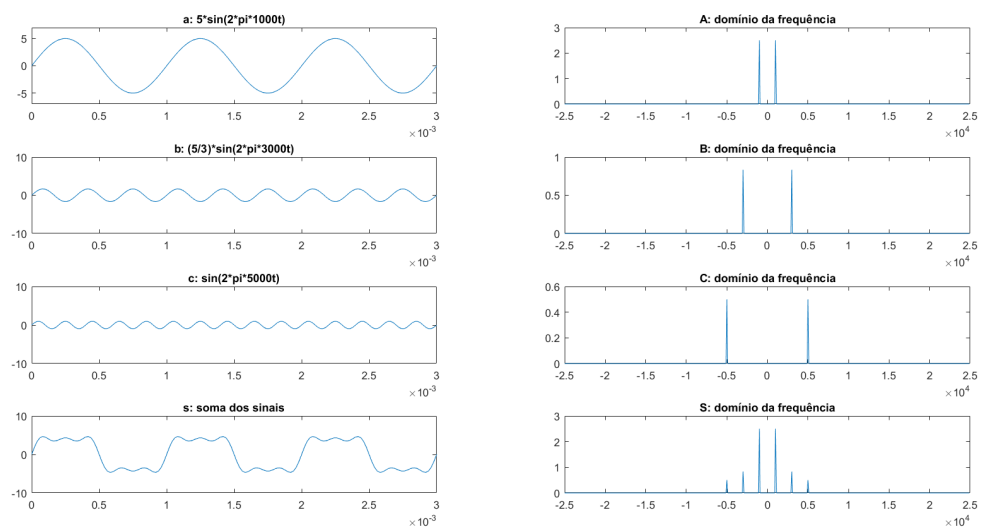


Figura 3 - Exercício 2: Sinais no domínio do tempo e da frequência

Na figura 2, são apresentados os filtros passa baixa, passa alta e passa faixa. Ao passar o sinal S por cada um dos filtros é possível reconstituir os espectros dos sinais A , B e C . Ao passar os espectros filtrados para o domínio do tempo, os sinais a , b e c são recuperados.

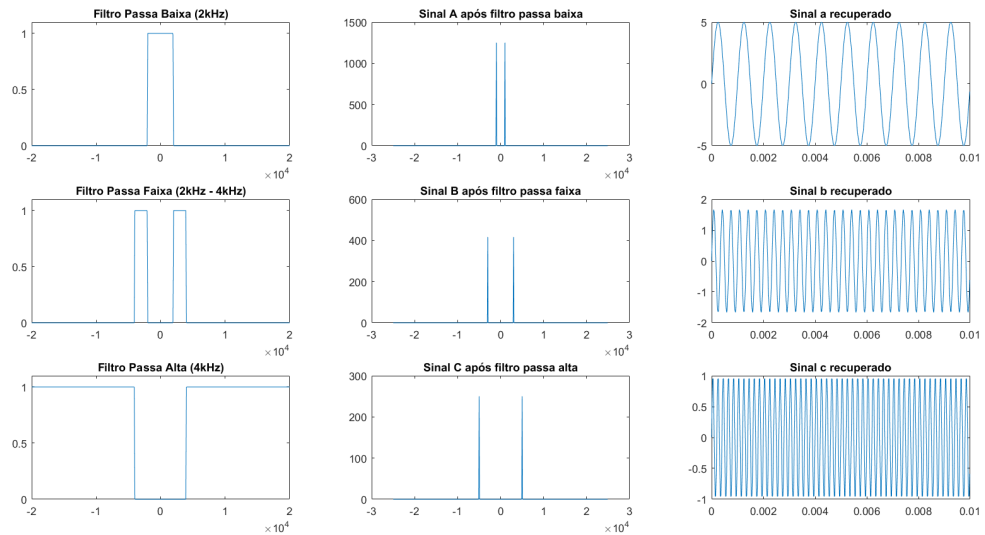


Figura 4 - Exercício 2: Filtros

3.3 Exercício 3

Gerar um ruído com distribuição normal com duração de 1 segundo e tempo de amostragem de 1/10kHz. Plotar o seu histograma, assim como sua representação no domínio do tempo e da frequência. Determinar a autocorrelação do ruído, filtrá-lo através da função $\text{filtro} = \text{fir1}(50, (1000 \cdot 2)/fs)$ e visualizar a resposta em frequência do filtro. Por fim, plotar o histograma e a representação tanto no domínio do tempo quanto no da frequência do sinal filtrado.

A variância do ruído, após ser passado pelo filtro passa baixa, diminui. Fica evidente a diminuição da variância analisando os histogramas das figuras 3 e 7.

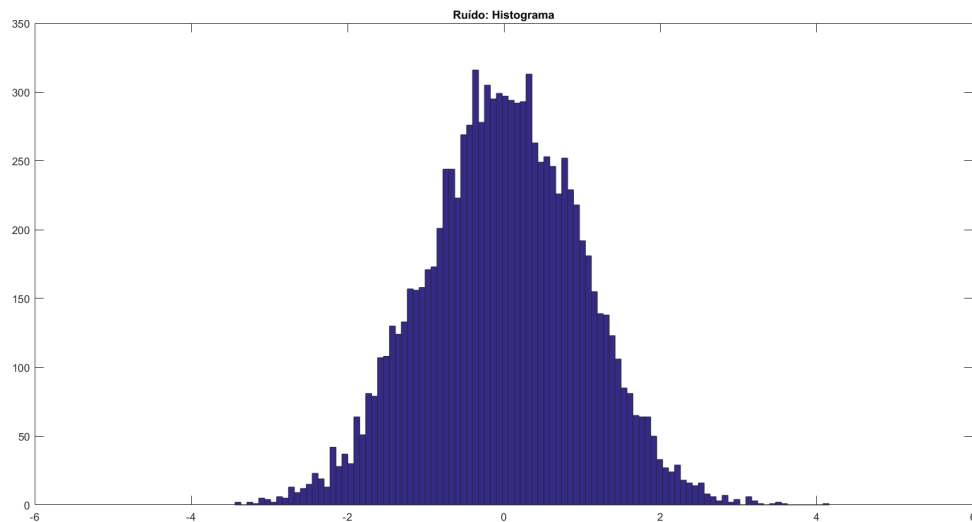


Figura 5 - Exercício 3: Histograma do ruído

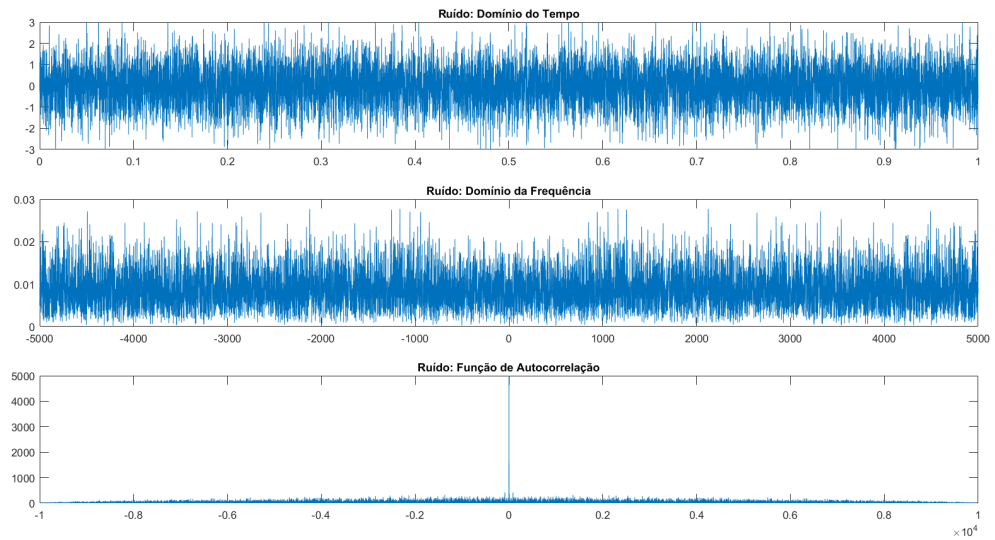


Figura 6 - Exercício 3: Ruído no domínio do tempo e da frequência e função de autocorrelação

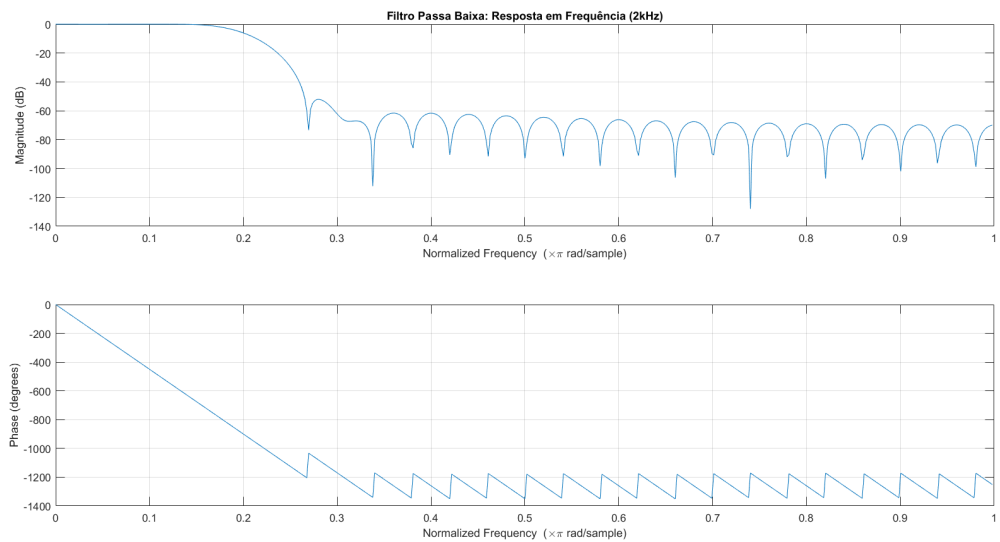


Figura 7 - Exercício 3: Filtro Passa Baixa - Resposta em frequência

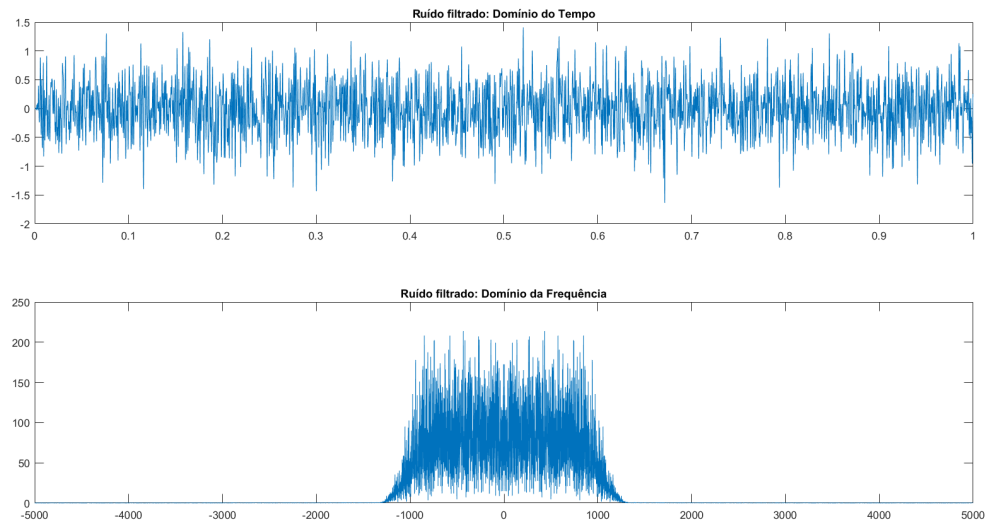


Figura 8 - Exercício 3: Ruído filtrado - domínio do tempo e frequência

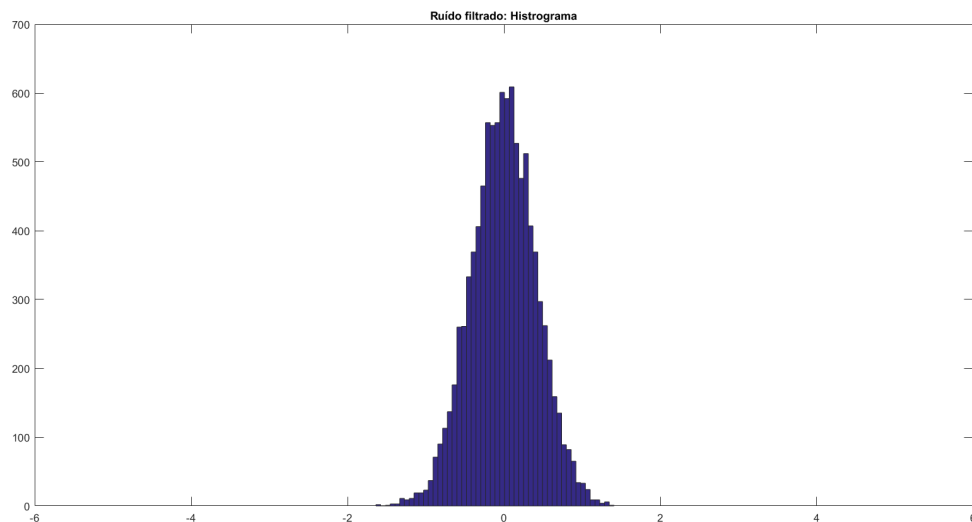


Figura 9 - Exercício 5: Histograma do ruído filtrado

4 Considerações Finais

Neste laboratório foi possível relembrar conceitos aprendidos em disciplinas já cursadas, como SIS2, PRE e CIE2, que serão de fundamental importância para a compreensão do conteúdo da disciplina COM1, além de exercitar o uso da ferramenta Matlab, através de funções como `pwelch()`, `xcorr()`, `freqz()`, `fir1()` e `filter()`. Conceitos que foram vistos apenas em teoria puderam ser demonstrados de uma maneira mais visual e prática.

5 Anexos

5.1 Anexo 1 - Exercício 1: código feito no Matlab

```
10      %Frequências dadas
11
12 -    f1 = 1000;
13 -    f2 = 3000;
14 -    f3 = 5000;
15
16      %Taxa de amostragem e intervalo de amostragem
17
18 -    fs = 10*f3;
19 -    Ts = 1/fs;
20
21      %Eixo do tempo e da frequência
22
23 -    te = 0.1; %tempo escolhido para análise
24 -    t = 0:Ts:(te-Ts);
25
26 -    n = te/Ts; %amostras
27 -    freq = -fs/2:(fs/n):((fs/2)-(fs/n));
28
29      %Sinais gerados e suas respectivas transformadas de Fourier
30 -    a = 6*sin(2*pi*f1*t);
31 -    b = 2*sin(2*pi*f2*t);
32 -    c = 4*sin(2*pi*f3*t);
33
34 -    s = a+b+c;
35
36 -    A = fftshift(fft(a));
37 -    B = fftshift(fft(b));
38 -    C = fftshift(fft(c));
39 -    S = fftshift(fft(s));
```

Figura 10 - Exercício 1: Código - parte 1

```

41 - figure(1);
42
43 %Tempo
44 - subplot(421)
45 - plot(t, a); ylim([-8 8]); xlim([0 0.003]); title('a: 6*sin(2*pi*1000t)');
46
47 - subplot(423)
48 - plot(t, b); ylim([-8 8]); xlim([0 0.003]); title('b: 2*sin(2*pi*3000t)');
49
50 - subplot(425)
51 - plot(t, c); ylim([-8 8]); xlim([0 0.003]); title('c: 4*sin(2*pi*5000t)');
52
53 - subplot(427)
54 - plot(t, s); ylim([-8 8]); xlim([0 0.003]); title('s: soma dos sinais');
55
56 %Frequência
57 - subplot(422)
58 - plot(freq,abs(A)/n); title('A: domínio da frequência');
59 - subplot(424)
60 - plot(freq,abs(B)/n); title('B: domínio da frequência');
61 - subplot(426)
62 - plot(freq,abs(C)/n); title('C: domínio da frequência');
63 - subplot(428)
64 - plot(freq,abs(S)/n); title('S: domínio da frequência');
65
66 %Potência média do sinal s(t)
67 - Pot = (norm(s)).^2/n;
68 - teste = (1/length(s))*sum(s.^2);
69
70 %Densidade espectral de potência
71 - figure(2)
72 - pwelch(s,[],[],[],fs,'onesided')

```

Figura 11 - Exercício 1: Código - parte 2

5.2 Anexo 2 - Exercício 2: código feito no Matlab

```
13 %Frequências dadas
14 f1 = 1000;
15 f2 = 3000;
16 f3 = 5000;
17
18 %Taxa de amostragem e intervalo de amostragem
19 fs = 10*f3;
20 Ts = 1/fs;
21
22 %Eixo do tempo e da frequência
23
24 te = 0.01; %tempo escolhido para análise
25 t = 0:Ts:(te-Ts);
26
27 n = te/Ts; %amostras
28 freq = -fs/2:(fs/n):((fs/2)-(fs/n));
29
30 %Sinais gerados e suas respectivas transformadas de Fourier
31 a = 5*sin(2*pi*f1*t);
32 b = (5/3)*sin(2*pi*f2*t);
33 c = sin(2*pi*f3*t);
34
35 s = a+b+c;
36
37 A = fftshift(fft(a));
38 B = fftshift(fft(b));
39 C = fftshift(fft(c));
40 S = fftshift(fft(s));
```

Figura 12 - Exercício 2: Código - parte 1

```

44 %Tempo
45 - subplot(421)
46 - plot(t, a); ylim([-7 7]); xlim([0 0.003]);
47 - title('a: 5*sin(2*pi*1000t)');
48
49 - subplot(423)
50 - plot(t, b); ylim([-10 10]); xlim([0 0.003]);
51 - title('b: (5/3)*sin(2*pi*3000t)');
52
53 - subplot(425)
54 - plot(t, c); ylim([-10 10]); xlim([0 0.003]);
55 - title('c: sin(2*pi*5000t)');
56
57 - subplot(427)
58 - plot(t, s); ylim([-10 10]); xlim([0 0.003]);
59 - title('s: soma dos sinais');
60
61 %Frequência
62 - subplot(422)
63 - plot(freq,abs(A)/n)
64 - title('A: domínio da frequência');
65 - subplot(424)
66 - plot(freq,abs(B)/n)
67 - title('B: domínio da frequência');
68 - subplot(426)
69 - plot(freq,abs(C)/n)
70 - title('C: domínio da frequência');
71 - subplot(428)
72 - plot(freq,abs(S)/n)
73 - title('S: domínio da frequência');

```

Figura 13 - Exercício 2: Código - parte 2

```

75     %Filtros
76
77     %Passa Baixa (2kHz)
78     FPB = [zeros(1,230) ones(1,40) zeros(1, 230)];
79     %Passa Alta (4kHz)
80     FPA = [ones(1, 210) zeros(1, 80) ones(1, 210)];
81     %Passa Faixa (2kHz - 4kHz)
82     FPF = [zeros(1, 210) ones(1, 20) zeros(1, 40) ones(1, 20) zeros(1, 210)];
83
84     figure(2);
85     subplot(331)
86     plot(freq, FPB);
87     ylim([0 1.1]);
88     xlim([-20000 20000]);
89     title('Filtro Passa Baixa (2kHz)');
90
91     subplot(334)
92     plot(freq, FPF);
93     ylim([0 1.1]);
94     xlim([-20000 20000]);
95     title('Filtro Passa Faixa (2kHz - 4kHz)');
96
97     subplot(337)
98     plot(freq, FPA);
99     ylim([0 1.1]);
100    xlim([-20000 20000]);
101    title('Filtro Passa Alta (4kHz)');

```

Figura 14 - Exercício 2: Código - parte 3

```

103 %Passando o sinal somado, S, pelos filtros (Domínio da Frequência)|
104 %S pelo Passa Baixa (2kHz)
105 - SxFPB = S.*FPB;
106 - sxfpb = ifft(ifftshift(SxFPB));
107
108 %S pelo Passa Faixa (2kHz - 4kHz)
109 - SxFPF = S.*FPF;
110 - sxfpf = ifft((ifftshift(SxFPF)));
111
112 %S pelo Passa Alta (4kHz)
113 - SxFPA = S.*FPA;
114 - sxfpa = ifft((ifftshift(SxFPA)));
115
116 - subplot(332)
117 - plot(freq,abs(SxFPB))
118 - title('Sinal A após filtro passa baixa');
119 - subplot(333)
120 - plot(t, real(sxfpb))
121 - title('Sinal a recuperado');
122 - subplot(335)
123 - plot(freq,abs(SxFPF))
124 - title('Sinal B após filtro passa faixa');
125 - subplot(336)
126 - plot(t, real(sxfpf))
127 - title('Sinal b recuperado');
128 - subplot(338)
129 - plot(freq,abs(SxFPA))
130 - title('Sinal C após filtro passa alta');
131 - subplot(339)
132 - plot(t, real(sxfpa))
133 - title('Sinal c recuperado');

```

Figura 15 - Exercício 2: Código - parte 4

5.3 Anexo 3 - Exercício 3: código feito no Matlab

```
14 %Taxa de amostragem e intervalo de amostragem
15 - fs = 10000;
16 - Ts = 1/fs;
17
18 %Eixo do tempo e da frequência
19 - te = 1;
20 - n = te/Ts;
21 - t = 0:Ts:(te - Ts);
22
23 - freq = -fs/2:(fs/n):((fs/2)-(fs/n));
24
25 %Ruído (de média nula e variância unitária porque usa a distribuição
26 %normal padrão) e sua transformada de Fourier
27 - r = randn(1,10000);
28 - R = fftshift(fft(r));
29
30 %Função de Autorrelação do ruído
31 - [y, atrasos] = xcorr(r);
32
33 %Filtrando o ruído
34 - filtro = fir1(50, (1000*2)/fs);
35
36 %Ruído: Histograma
37 - figure(1)
38 - hist(r,100); xlim([-6 6]);
39 - title('Ruído: Histograma');
```

Figura 16 - Exercício 3: Código - parte 1

```

41 %Ruído: domínio do tempo e da frequência
42 - figure(2)
43 - subplot(311)
44 - plot(t, r); ylim([-3 3]);
45 - title('Ruído: Domínio do Tempo');
46
47 - subplot(312)
48 - plot(freq, abs(R)/n); title('Ruído: Domínio da Frequência');
49
50 %Ruído: Função de Autocorrelação
51 - subplot(313)
52 - plot(atrasos, y); ylim([0 5000]); title('Ruído: Função de Autocorrelação');
53
54 %Filtro Passa Baixa (2kHz): Resposta em Frequência
55 - figure(3)
56 - freqz(filtro); title('Filtro Passa Baixa: Resposta em Frequência (2kHz)');
57
58 %Passando o ruído no filtro Passa Baixa
59 - rf = filter(filtro, 1, r);
60 %Ruído filtrado no domínio da frequência
61 - RF = fftshift(fft(rf));
62
63 - figure(4)
64 - subplot(211); plot(t, rf); title('Ruído filtrado: Domínio do Tempo');
65
66 - subplot(212);
67 - plot(freq, abs(RF)); title('Ruído filtrado: Domínio da Frequência');
68
69 - figure(5)
70 - hist(rf, 50); xlim([-6 6]); title('Ruído filtrado: Histograma');

```

Figura 17 - Exercício 3: Código - parte 2