

Universidade Federal de Uberlândia
Faculdade de Engenharia Elétrica
FEELT

Resolução da Lista de Exercícios Extras

Trabalho de Sinais e Sistemas II
por

Lesly Viviane Montúfar Berrios
11811ETE001

Prof. Wellington Maycon Santos Bernardes
Uberlândia, Dezembro / 2019

Sumário

1	Exercício 1	2
1.1	Determinação de polos e zeros e curva de resposta em frequência . . .	2
1.2	Equação de diferenças e taxa de aquisição	3
2	Anexos	3
2.1	Código correspondente ao exercício 1	3
2.2	Código correspondente ao exercício 2	6
2.3	Código correspondente ao exercício 3	10
2.4	Código correspondente ao exercício 4	13

1 Exercício 1

Por meio do código em anexo (Anexo 2.1) foi possível as informações retirar informações dispostas nas subssões seguintes.

1.1 Determinação de polos e zeros e curva de resposta em frequência

Pede-se modelar um filtro seletivo para uma determinada frequência $f_{rejeitada}$, da qual se extrairá os polos e zeros necessários. Para isso, é necessário relacionar a frequência a ser retirada com a frequência de amostragem F_s por meio de $w_{rejeitada} = 2 * \pi * freq_{rejeitada} / F_s$, da qual se retira os os zeros $0.5877 - 0.8089i$ e $0.5877 + 0.8089i$, e polos $0.0823 - 0.2427i$, $0.0823 + 0.2427i$, $0.3703 - 0.6067i$ e $0.3703 + 0.6067i$. Na Figura 1 tem-se o diagrama de polos correspondente do filtro projetado.

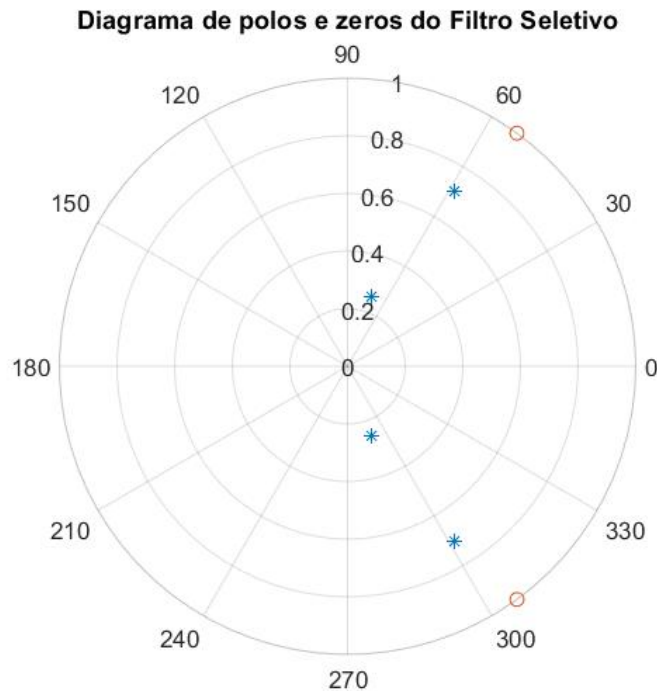


Figura 1: Diagramas de polos e zeros do filtro seletivo.

A partir dos polos e zeros é possível plotar a curva da resposta em frequência, como na Figura 2. Dela vê-se que tem-se o propósito de atenuar a frequência digital de $\frac{3\pi}{10}$.



Figura 2: Resposta em frequência do filtro seletivo.

1.2 Equação de diferenças e taxa de aquisição

2 Anexos

2.1 Código correspondente ao exercício 1

```

1 clear all; close all; clc;
2
3 % Intervalo a ser analisado – beep beep beep
4 ti = 0;
5 t_f = 0.0018;
6 t_total = t_f-ti;
7
8 % Sinal recebido
9 syms t real
10 xt = 5*sin(2*pi*1000*t) + 2*cos(2*pi*3000*t) + 0.5*cos(2*pi
    *5000*t);
11
12 % Amostragem
13 Fs = 20e3; % Fs > 2*Fmax_sinal (Teorema de Nyquist para

```

```

    evitar o aliasing)
14 Ts = 1/Fs;
15 receptor = figure('Name', 'Receptor');
16 rec(1)= subplot(2, 1, 1);
17 [x_n, n] = figure_amostragem('$nT_s$', '$x[nT_s]$', xt, t, Fs
    , ti, t_f);
18 title(strcat('Sinal recebido ps amostragem com Fs=', string(
    Fs/1e3), 'kHz'));
19 ax = gca; ax.FontSize=12;
20
21 % Espectro de frequencia do sinal amostrado
22 X = fft(x_n); Nfft = length(n);
23 X_abs = abs(X);
24 X_phased = phase(X)*(180/pi);
25 w = n/(t_f-ti);% frequencia em Hz % usou Fs
26 rec(1); subplot(2,1,2);
27 plot((0:Nfft-1)/Nfft*2-1, 20*log10(fftshift(abs(X))), '
    linewidth',2, 'color',[0 0 0]);
28 title('Anlise do Espectro de Frequencia do Sinal Digital');
29 xlabel('$\omega$', 'Interpreter', 'LaTeX', 'FontSize',14);
30 ylabel('$|X(e^{jw})|$ (dB)', 'Interpreter', 'LaTeX', 'FontSize'
    ,14);
31 ax = gca; ax.FontSize=12;
32 set(ax, 'xtick', [0:1/4:1]); set(ax, 'xlim', [0 1]);
33 set(ax, 'xticklabel', {'0', '\pi/4', '\pi/2', '2\pi/3', '\pi'});
34
35 % Projeto do filtro rejeita banda
36 p_filtro = figure('Name', 'Projeto do filtro rejeita banda');
37 freq_rejeitada = 3e3;
38 w_rejeitada = 2*pi*freq_rejeitada/Fs; % Freq Digital
    equivalente
39 zero = 0.9999*(cos(w_rejeitada)+ 1j*sin(w_rejeitada));
40 zeros = [zero; conj(zero)];
41 polo = 0.14*real(zero)+0.3j*imag(zero);
42 polo2 = 0.63*real(zero)+0.75j*imag(zero);
43 polos = [polo; conj(polo); polo2; conj(polo2)];
44 % um sist estvel possui mais polos dq zeros
45
46 k = 0.2/(5+.5);

```

```

47 [b,a]=zp2tf(zeros , polos ,1);
48 Hjw = k * fft(b,Nfft)./fft(a,Nfft);
49
50 filtro(1) = subplot(2, 1, 1); polarplot([polos], '*');
51 hold on; polarplot([zeros], 'o');
52 title('Diagrama de polos e zeros do Filtro Seletivo');
53 filtro(1) = subplot(2, 1, 2);
54 plot((0:Nfft-1)/Nfft*2-1, 20*log10(fftshift(abs(Hjw))), '
    linewidth',2,'color',[0 0 0]);
55 grid on
56 title('Espectro em freq da Resposta ao Impulso');
57 xlabel('$\omega$', 'Interpreter', 'LaTeX', 'FontSize',14);
58 ylabel('$|H(e^{j\omega})|$ (dB)', 'Interpreter', 'LaTeX', 'FontSize',
    ,14);
59 ax = gca; ax.FontSize=12;
60 set(ax, 'xtick', [0:1/4:1]); set(ax, 'xlim', [0 1]);
61 set(ax, 'xticklabel', {'0', '\pi/4', '\pi/2', '2\pi/3', '\pi'});
62
63 % Para encontrar a sada filtrada tem-se:
64 Y = Hjw.* X;
65 Y_abs = abs(Y);
66 Y_phased = phase(Y)*(180/pi);
67
68 p_saida = figure('Name', 'Sinal Transmitido');
69 saida(1) = subplot(2, 1, 1);
70 plot((0:Nfft-1)/Nfft*2-1, 20*log10(fftshift(abs(Y))), '
    linewidth',2,'color',[0 0 0]);
71 title('Espectro em freq da sada');
72 xlabel('$\omega$', 'Interpreter', 'LaTeX', 'FontSize',16);
73 ylabel('$|Y(e^{j\omega})|$', 'Interpreter', 'LaTeX', 'FontSize',16);
74 ax = gca; ax.FontSize=12;
75 set(ax, 'xtick', [0:1/4:1]); set(ax, 'xlim', [0 1]);
76 set(ax, 'xticklabel', {'0', '\pi/4', '\pi/2', '2\pi/3', '\pi'});
77
78 yt = ifft(Y_abs);
79 yt_abs = real(yt);
80 saida(2) = subplot(2, 1, 2); stem(n*Ts, yt_abs);
81 title('Espectro no tempo da sada');
82 xlabel('$t$', 'Interpreter', 'LaTeX', 'FontSize',16);

```

```

83 ylabel( '$y(t)$', 'Interpreter', 'LaTeX', 'FontSize', 16);
84
85 % Functions
86
87 function [s, n] = amostragem(sinal, var, Fs, ti, t_f)
88     % AMOSTRAGEM (sinal, var, Fs, ti, t_f)
89     % sinal: em funcao de var
90     % var: variavel de percurso analgico
91     % Fs: frequencia de amostragem desejada
92     % ti: tempo inicial
93     % t_f: tempo final
94
95     n = ti*Fs:1:t_f*Fs; % Ts=1/Fs
96     s = eval(strrep(string(sinal), char(var), 'n/Fs'));
97 end
98
99 function [s_n, n] = figure_amostragem(x_label, y_label, sinal
    , var, Fs, ti, t_f)
100     % FIGURE_AMOSTRAGEM (x_label, y_label, sinal, var, Fs,
        ti, t_f)
101     % x_label: str
102     % y_label: str
103     % sinal: em funcao de var
104     % var: variavel de percurso analgico
105     % Fs: frequencia de amostragem desejada
106     % ti: tempo inicial
107     % t_f: tempo final
108
109     [s_n, n] = amostragem(sinal, var, Fs, ti, t_f);
110     ezplot(sinal, [ti t_f]);
111     hold on;
112     scatter(n/Fs, s_n);
113     xlabel(x_label, 'Interpreter', 'LaTeX', 'FontSize', 16);
114     ylabel(y_label, 'Interpreter', 'LaTeX', 'FontSize', 16);
115 end

```

2.2 Código correspondente ao exercício 2

```

1 clear all; close all; clc;
2

```

```

3 % Intervalo a ser analisado – beep beep beep
4 ti = 0;
5 t_f = 0.0018;
6 t_total = t_f-ti;
7
8 % Sinal recebido
9 syms t real
10 xt = 5*sin(2*pi*1000*t) + 2*cos(2*pi*3000*t) + 0.5*cos(2*pi
    *5000*t);
11
12 % Amostragem
13 Fs = 20e3; % Fs > 2*Fmax_sinal (Teorema de Nyquist para
    evitar o aliasing)
14 Ts = 1/Fs;
15 receptor = figure('Name', 'Receptor');
16 rec(1)= subplot(2, 1, 1);
17 [x_n, n] = figure_amostragem('$nT_s$', '$x[nT_s]$', xt, t, Fs
    , ti, t_f);
18 title(strcat('Sinal recebido ps amostragem com Fs=', string(
    Fs/1e3), 'kHz'));
19 ax = gca; ax.FontSize=12;
20
21 % Espectro de frequencia do sinal amostrado
22 X = fft(x_n); Nfft = length(n);
23 X_abs = abs(X);
24 X_phased = phase(X)*(180/pi);
25 w = n/(t_f-ti);% frequencia em Hz % usou Fs
26 rec(1); subplot(2,1,2);
27 plot((0:Nfft-1)/Nfft*2-1, 20*log10(fftshift(abs(X))), '
    linewidth',2, 'color',[0 0 0]);
28 title('Anlise do Espectro de Frequencia do Sinal Digital');
29 xlabel('$\omega$', 'Interpreter', 'LaTeX', 'FontSize',14);
30 ylabel('$|X(e^{jw})|$ (dB)', 'Interpreter', 'LaTeX', 'FontSize'
    ,14);
31 ax = gca; ax.FontSize=12;
32 set(ax, 'xtick', [0:1/4:1]); set(ax, 'xlim', [0 1]);
33 set(ax, 'xticklabel', {'0', '\pi/4', '\pi/2', '2\pi/3', '\pi'});
34
35 % Projeto do filtro rejeita banda

```



```

36 p_filtro = figure('Name','Projeto do filtro rejeita banda');
37 freq_rejeitada = 3e3;
38 w_rejeitada = 2*pi*freq_rejeitada/Fs; % Freq Digital
    equivalente
39 zero = 0.9999*(cos(w_rejeitada)+ 1j*sin(w_rejeitada));
40 zeros = [zero; conj(zero)];
41 polo = 0.14*real(zero)+0.3j*imag(zero);
42 polo2 = 0.63*real(zero)+0.75j*imag(zero);
43 polos = [polo; conj(polo); polo2; conj(polo2)];
44 % um sist estvel possui mais polos dq zeros
45
46 k = 0.2/(5+.5);
47 [b,a]=zp2tf(zeros , polos ,1);
48 Hjw = k * fft(b,Nfft)./fft(a,Nfft);
49
50 filtro(1) = subplot(2, 1, 1); polarplot([polos], '*');
51 hold on; polarplot([zeros], 'o');
52 title('Diagrama de polos e zeros do Filtro Seletivo');
53 filtro(1) = subplot(2, 1, 2);
54 plot((0:Nfft-1)/Nfft*2-1, 20*log10(fftshift(abs(Hjw))), '
    linewidth',2,'color',[0 0 0]);
55 grid on
56 title('Espectro em freq da Resposta ao Impulso');
57 xlabel('$\omega$', 'Interpreter','LaTeX','FontSize',14);
58 ylabel('$|H(e^{j\omega})|$ (dB)', 'Interpreter','LaTeX','FontSize'
    ,14);
59 ax = gca; ax.FontSize=12;
60 set(ax, 'xtick', [0:1/4:1]); set(ax, 'xlim', [0 1]);
61 set(ax, 'xticklabel', {'0', '\pi/4', '\pi/2', '2\pi/3', '\pi'});
62
63 % Para encontrar a sada filtrada tem-se:
64 Y = Hjw.* X;
65 Y_abs = abs(Y);
66 Y_phased = phase(Y)*(180/pi);
67
68 p_saida = figure('Name','Sinal Transmitido');
69 saida(1) = subplot(2, 1, 1);
70 plot((0:Nfft-1)/Nfft*2-1, 20*log10(fftshift(abs(Y))), '
    linewidth',2,'color',[0 0 0]);

```

```

71 title('Espectro em freq da sada');
72 xlabel('$\omega$', 'Interpreter', 'LaTeX', 'FontSize', 16);
73 ylabel('$|Y(e^{j\omega})|$', 'Interpreter', 'LaTeX', 'FontSize', 16);
74 ax = gca; ax.FontSize=12;
75 set(ax, 'xtick', [0:1/4:1]); set(ax, 'xlim', [0 1]);
76 set(ax, 'xticklabel', {'0', '\pi/4', '\pi/2', '2\pi/3', '\pi'});
77
78 yt = ifft(Y_abs);
79 yt_abs = real(yt);
80 saida(2) = subplot(2, 1, 2); stem(n*Ts, yt_abs);
81 title('Espectro no tempo da sada');
82 xlabel('$t$', 'Interpreter', 'LaTeX', 'FontSize', 16);
83 ylabel('$y(t)$', 'Interpreter', 'LaTeX', 'FontSize', 16);
84
85 % Functions
86
87 function [s, n] = amostragem(sinal, var, Fs, ti, t_f)
88     % AMOSTRAGEM (sinal, var, Fs, ti, t_f)
89     % sinal: em funcao de var
90     % var: variavel de percurso analgico
91     % Fs: frequencia de amostragem desejada
92     % ti: tempo inicial
93     % t_f: tempo final
94
95     n = ti*Fs:1:t_f*Fs; % Ts=1/Fs
96     s = eval(strrep(string(sinal), char(var), 'n/Fs'));
97 end
98
99 function [s_n, n] = figure_amostragem(x_label, y_label, sinal
    , var, Fs, ti, t_f)
100     % FIGURE_AMOSTRAGEM (x_label, y_label, sinal, var, Fs,
        ti, t_f)
101     % x_label: str
102     % y_label: str
103     % sinal: em funcao de var
104     % var: variavel de percurso analgico
105     % Fs: frequencia de amostragem desejada
106     % ti: tempo inicial
107     % t_f: tempo final

```

```

108
109     [s_n, n] = amostragem(sinal, var, Fs, ti, t_f);
110     ezplot(sinal, [ti t_f]);
111     hold on;
112     scatter(n/Fs, s_n);
113     xlabel(x_label, 'Interpreter', 'LaTeX', 'FontSize', 16);
114     ylabel(y_label, 'Interpreter', 'LaTeX', 'FontSize', 16);
115 end

```

2.3 Código correspondente ao exercício 3

```

1 clear all; close all; clc;
2
3 % Intervalo a ser analisado – beep beep beep
4 ti = 0;
5 t_f = 0.0018;
6 t_total = t_f - ti;
7
8 % Sinal recebido
9 syms t real
10 xt = 5*sin(2*pi*1000*t) + 2*cos(2*pi*3000*t) + 0.5*cos(2*pi
    *5000*t);
11
12 % Amostragem
13 Fs = 20e3; % Fs > 2*Fmax_sinal (Teorema de Nyquist para
    evitar o aliasing)
14 Ts = 1/Fs;
15 receptor = figure('Name', 'Receptor');
16 rec(1) = subplot(2, 1, 1);
17 [x_n, n] = figure_amostragem('$nT_s$', '$x[nT_s]$', xt, t, Fs
    , ti, t_f);
18 title(strcat('Sinal recebido ps amostragem com Fs=', string(
    Fs/1e3), 'kHz'));
19 ax = gca; ax.FontSize=12;
20
21 % Espectro de frequencia do sinal amostrado
22 X = fft(x_n); Nfft = length(n);
23 X_abs = abs(X);
24 X_phased = phase(X)*(180/pi);
25 w = n/(t_f - ti); % frequencia em Hz % usou Fs

```

```

26 rec(1); subplot(2,1,2);
27 plot((0:Nfft-1)/Nfft*2-1, 20*log10(fftshift(abs(X))), '
    linewidth',2,'color',[0 0 0]);
28 title('Anlise do Espectro de Frequncia do Sinal Digital');
29 xlabel('$\omega$', 'Interpreter', 'LaTeX', 'FontSize',14);
30 ylabel('$|X(e^{j\omega})|$ (dB)', 'Interpreter', 'LaTeX', 'FontSize'
    ,14);
31 ax = gca; ax.FontSize=12;
32 set(ax, 'xtick', [0:1/4:1]); set(ax, 'xlim', [0 1]);
33 set(ax, 'xticklabel', {'0', '\pi/4', '\pi/2', '2\pi/3', '\pi'});
34
35 % Projeto do filtro rejeita banda
36 p_filtro = figure('Name','Projeto do filtro rejeita banda');
37 freq_rejeitada = 3e3;
38 w_rejeitada = 2*pi*freq_rejeitada/Fs; % Freq Digital
    equivalente
39 zero = 0.9999*(cos(w_rejeitada)+ 1j*sin(w_rejeitada));
40 zeros = [zero; conj(zero)];
41 polo = 0.14*real(zero)+0.3j*imag(zero);
42 polo2 = 0.63*real(zero)+0.75j*imag(zero);
43 polos = [polo; conj(polo); polo2; conj(polo2)];
44 % um sist estvel possui mais polos dq zeros
45
46 k = 0.2/(5+.5);
47 [b,a]=zp2tf(zeros , polos ,1);
48 Hjw = k * fft(b,Nfft)./fft(a,Nfft);
49
50 filtro(1) = subplot(2, 1, 1); polarplot([polos], '*');
51 hold on; polarplot([zeros], 'o');
52 title('Diagrama de polos e zeros do Filtro Seletivo');
53 filtro(1) = subplot(2, 1, 2);
54 plot((0:Nfft-1)/Nfft*2-1, 20*log10(fftshift(abs(Hjw))), '
    linewidth',2,'color',[0 0 0]);
55 grid on
56 title('Espectro em freq da Resposta ao Impulso');
57 xlabel('$\omega$', 'Interpreter', 'LaTeX', 'FontSize',14);
58 ylabel('$|H(e^{j\omega})|$ (dB)', 'Interpreter', 'LaTeX', 'FontSize'
    ,14);
59 ax = gca; ax.FontSize=12;

```

```

60 set(ax, 'xtick', [0:1/4:1]); set(ax, 'xlim', [0 1]);
61 set(ax, 'xticklabel', {'0', '\pi/4', '\pi/2', '2\pi/3', '\pi'});
62
63 % Para encontrar a sada filtrada tem-se:
64 Y = Hjw.* X;
65 Y_abs = abs(Y);
66 Y_phased = phase(Y)*(180/pi);
67
68 p_saida = figure('Name', 'Sinal Transmitido');
69 saida(1) = subplot(2, 1, 1);
70 plot((0:Nfft-1)/Nfft*2-1, 20*log10(fftshift(abs(Y))), '
    linewidth', 2, 'color', [0 0 0]);
71 title('Espectro em freq da sada');
72 xlabel('$\omega$', 'Interpreter', 'LaTeX', 'FontSize', 16);
73 ylabel('$|Y(e^{j\omega})|$', 'Interpreter', 'LaTeX', 'FontSize', 16);
74 ax = gca; ax.FontSize=12;
75 set(ax, 'xtick', [0:1/4:1]); set(ax, 'xlim', [0 1]);
76 set(ax, 'xticklabel', {'0', '\pi/4', '\pi/2', '2\pi/3', '\pi'});
77
78 yt = ifft(Y_abs);
79 yt_abs = real(yt);
80 saida(2) = subplot(2, 1, 2); stem(n*Ts, yt_abs);
81 title('Espectro no tempo da sada');
82 xlabel('$t$', 'Interpreter', 'LaTeX', 'FontSize', 16);
83 ylabel('$y(t)$', 'Interpreter', 'LaTeX', 'FontSize', 16);
84
85 % Functions
86
87 function [s, n] = amostragem(sinal, var, Fs, ti, t_f)
88     % AMOSTRAGEM (sinal, var, Fs, ti, t_f)
89     % sinal: em funcao de var
90     % var: variavel de percurso analgico
91     % Fs: frequencia de amostragem desejada
92     % ti: tempo inicial
93     % t_f: tempo final
94
95     n = ti*Fs:1:t_f*Fs; % Ts=1/Fs
96     s = eval(strrep(string(sinal), char(var), 'n/Fs'));
97 end

```

```

98
99 function [s_n, n]= figure_amostragem(x_label, y_label, sinal
    , var, Fs, ti, t_f)
100     % FIGUREAMOSTRAGEM (x_label, y_label, sinal, var, Fs,
        ti, t_f)
101     % x_label: str
102     % y_label: str
103     % sinal: em funcao de var
104     % var: variavel de percurso analgico
105     % Fs: frequencia de amostragem desejada
106     % ti: tempo inicial
107     % t_f: tempo final
108
109     [s_n, n] = amostragem(sinal, var, Fs, ti, t_f);
110     ezplot(sinal, [ti t_f]);
111     hold on;
112     scatter(n/Fs, s_n);
113     xlabel(x_label, 'Interpreter', 'LaTeX', 'FontSize',16);
114     ylabel(y_label, 'Interpreter', 'LaTeX', 'FontSize',16);
115 end

```

2.4 Código correspondente ao exercício 4

```

1 clear all; close all; clc;
2
3 % Intervalo a ser analisado – beep beep beep
4 ti = 0;
5 t_f = 0.0018;
6 t_total = t_f-ti;
7
8 % Sinal recebido
9 syms t real
10 xt = 5*sin(2*pi*1000*t) + 2*cos(2*pi*3000*t) + 0.5*cos(2*pi
    *5000*t);
11
12 % Amostragem
13 Fs = 20e3; % Fs > 2*Fmax_sinal (Teorema de Nyquist para
    evitar o aliasing)
14 Ts = 1/Fs;
15 receptor = figure('Name', 'Receptor');

```

```

16 rec(1)= subplot(2, 1, 1);
17 [x_n, n] = figure_amostragem('nT_s$', '$x[nT_s]$', xt, t, Fs
    , ti, t_f);
18 title(strcat('Sinal recebido ps amostragem com Fs=', string(
    Fs/1e3), 'kHz'));
19 ax = gca; ax.FontSize=12;
20
21 % Espectro de frequencia do sinal amostrado
22 X = fft(x_n); Nfft = length(n);
23 X_abs = abs(X);
24 X_phased = phase(X)*(180/pi);
25 w = n/(t_f-ti);% frequencia em Hz % usou Fs
26 rec(1); subplot(2,1,2);
27 plot((0:Nfft-1)/Nfft*2-1, 20*log10(fftshift(abs(X))), '
    linewidth',2, 'color',[0 0 0]);
28 title('Anlise do Espectro de Frequencia do Sinal Digital');
29 xlabel('$\omega$', 'Interpreter', 'LaTeX', 'FontSize',14);
30 ylabel('$|X(e^{jw})|$ (dB)', 'Interpreter', 'LaTeX', 'FontSize'
    ,14);
31 ax = gca; ax.FontSize=12;
32 set(ax, 'xtick', [0:1/4:1]); set(ax, 'xlim', [0 1]);
33 set(ax, 'xticklabel', {'0', '\pi/4', '\pi/2', '2\pi/3', '\pi'});
34
35 % Projeto do filtro rejeita banda
36 p_filtro = figure('Name', 'Projeto do filtro rejeita banda');
37 freq_rejeitada = 3e3;
38 w_rejeitada = 2*pi*freq_rejeitada/Fs; % Freq Digital
    equivalente
39 zero = 0.9999*(cos(w_rejeitada)+ 1j*sin(w_rejeitada));
40 zeros = [zero; conj(zero)];
41 polo = 0.14*real(zero)+0.3j*imag(zero);
42 polo2 = 0.63*real(zero)+0.75j*imag(zero);
43 polos = [polo; conj(polo); polo2; conj(polo2)];
44 % um sist estvel possui mais polos dq zeros
45
46 k = 0.2/(5+.5);
47 [b,a]=zp2tf(zeros , polos ,1);
48 Hjw = k * fft(b, Nfft) ./ fft(a, Nfft);
49

```

```

50 filtro(1) = subplot(2, 1, 1); polarplot([polos], '*');
51 hold on; polarplot([zeros], 'o');
52 title('Diagrama de polos e zeros do Filtro Seletivo');
53 filtro(1) = subplot(2, 1, 2);
54 plot((0:Nfft-1)/Nfft*2-1, 20*log10(fftshift(abs(Hjw))), '
    linewidth',2,'color',[0 0 0]);
55 grid on
56 title('Espectro em freq da Resposta ao Impulso');
57 xlabel('$\omega$', 'Interpreter', 'LaTeX', 'FontSize',14);
58 ylabel('$|H(e^{j\omega})|$ (dB)', 'Interpreter', 'LaTeX', 'FontSize',
    14);
59 ax = gca; ax.FontSize=12;
60 set(ax, 'xtick', [0:1/4:1]); set(ax, 'xlim', [0 1]);
61 set(ax, 'xticklabel', {'0', '\pi/4', '\pi/2', '2\pi/3', '\pi'});
62
63 % Para encontrar a sada filtrada tem-se:
64 Y = Hjw.* X;
65 Y_abs = abs(Y);
66 Y_phased = phase(Y)*(180/pi);
67
68 p_saida = figure('Name', 'Sinal Transmitido');
69 saida(1) = subplot(2, 1, 1);
70 plot((0:Nfft-1)/Nfft*2-1, 20*log10(fftshift(abs(Y))), '
    linewidth',2,'color',[0 0 0]);
71 title('Espectro em freq da sada');
72 xlabel('$\omega$', 'Interpreter', 'LaTeX', 'FontSize',16);
73 ylabel('$|Y(e^{j\omega})|$', 'Interpreter', 'LaTeX', 'FontSize',16);
74 ax = gca; ax.FontSize=12;
75 set(ax, 'xtick', [0:1/4:1]); set(ax, 'xlim', [0 1]);
76 set(ax, 'xticklabel', {'0', '\pi/4', '\pi/2', '2\pi/3', '\pi'});
77
78 yt = ifft(Y_abs);
79 yt_abs = real(yt);
80 saida(2) = subplot(2, 1, 2); stem(n*Ts, yt_abs);
81 title('Espectro no tempo da sada');
82 xlabel('$t$', 'Interpreter', 'LaTeX', 'FontSize',16);
83 ylabel('$y(t)$', 'Interpreter', 'LaTeX', 'FontSize',16);
84
85 % Functions

```



```

86
87 function [s, n] = amostragem(sinal, var, Fs, ti, t_f)
88     % AMOSTRAGEM (sinal, var, Fs, ti, t_f)
89     % sinal: em funcao de var
90     % var: variavel de percurso analgico
91     % Fs: frequencia de amostragem desejada
92     % ti: tempo inicial
93     % t_f: tempo final
94
95     n = ti*Fs:1:t_f*Fs; % Ts=1/Fs
96     s = eval(strrep(string(sinal),char(var),'n/Fs'));
97 end
98
99 function [s_n, n]= figure_amostragem(x_label, y_label, sinal
    , var, Fs, ti, t_f)
100     % FIGUREAMOSTRAGEM (x_label, y_label, sinal, var, Fs,
        ti, t_f)
101     % x_label: str
102     % y_label: str
103     % sinal: em funcao de var
104     % var: variavel de percurso analgico
105     % Fs: frequencia de amostragem desejada
106     % ti: tempo inicial
107     % t_f: tempo final
108
109     [s_n, n] = amostragem(sinal, var, Fs, ti, t_f);
110     ezplot(sinal, [ti t_f]);
111     hold on;
112     scatter(n/Fs, s_n);
113     xlabel(x_label, 'Interpreter', 'LaTeX', 'FontSize',16);
114     ylabel(y_label, 'Interpreter', 'LaTeX', 'FontSize',16);
115 end

```

Referências

- [1] ..., “Sistemas de Controle para a Engenharia”, Avaliação da Qualidade da Energia Elétrica, DSE – FEEC – UNICAMP , 2019.
- [2] ..., “Sinais e Sistemas”,... , 2019.