



**Universidade Federal de Uberlândia**  
Faculdade de Engenharia Elétrica  
FEELT

## **Resolução da Lista de Exercícios 1**

Trabalho de Princípios de Comunicação  
por

Lesly Viviane Montúfar Berrios  
11811ETE001

Prof. Lorenzo Santos Vasconcelos  
Uberlândia, Setembro / 2020

# Sumário

<b>1</b>	<b>Exercício 1</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Exercício 2</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Exercício 3</b>	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>Exercício 4</b>	<b>4</b>
<b>5</b>	<b>Exercício 5</b>	<b>5</b>
<b>6</b>	<b>Anexos</b>	<b>7</b>
6.1	Código correspondente ao exercício 1 . . . . .	7
6.2	Código correspondente ao exercício 2 . . . . .	8
6.3	Código correspondente ao exercício 3 . . . . .	9
6.4	Código correspondente ao exercício 4 . . . . .	9
6.5	Código correspondente ao exercício 5 . . . . .	11

## 1 Exercício 1

O gráfico correspondente aos Sinais Básicos Importantes é mostrado na Figura 1 e o código que a gerou no Anexo 6.1.

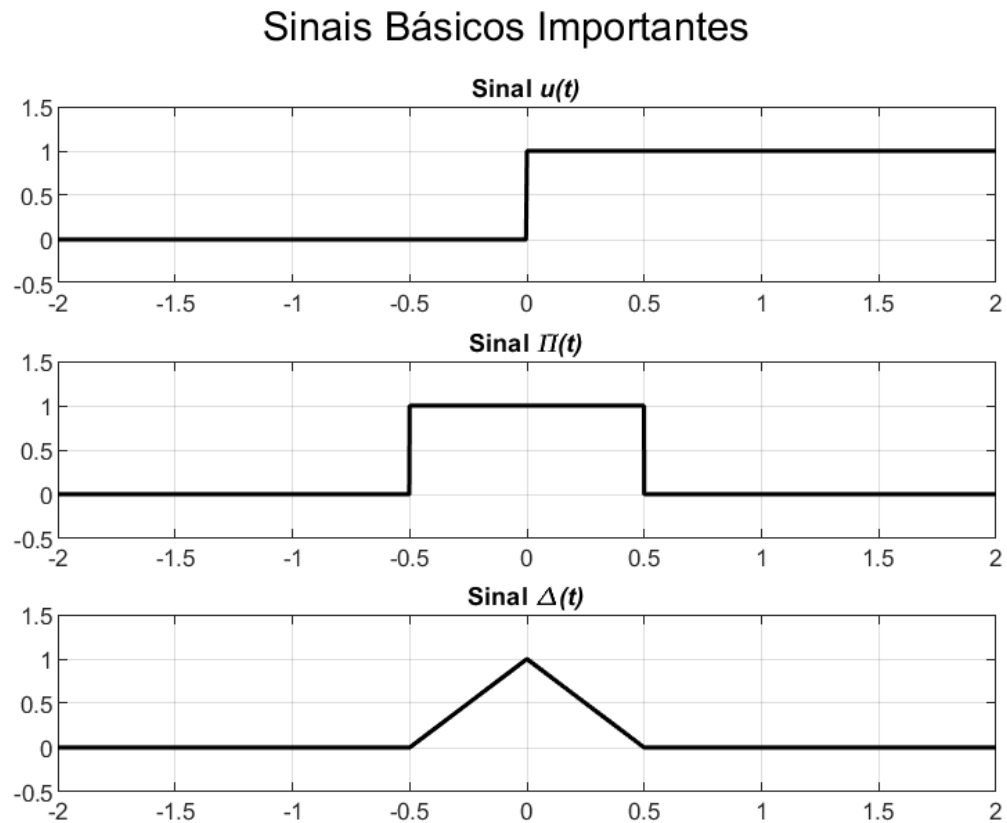


Figura 1: Sinais Básicos Importantes.

## 2 Exercício 2

A seguir nas Figuras 2 e 3, tem-se os gráficos referentes aos sinais separados e depois multiplicados respectivamente.

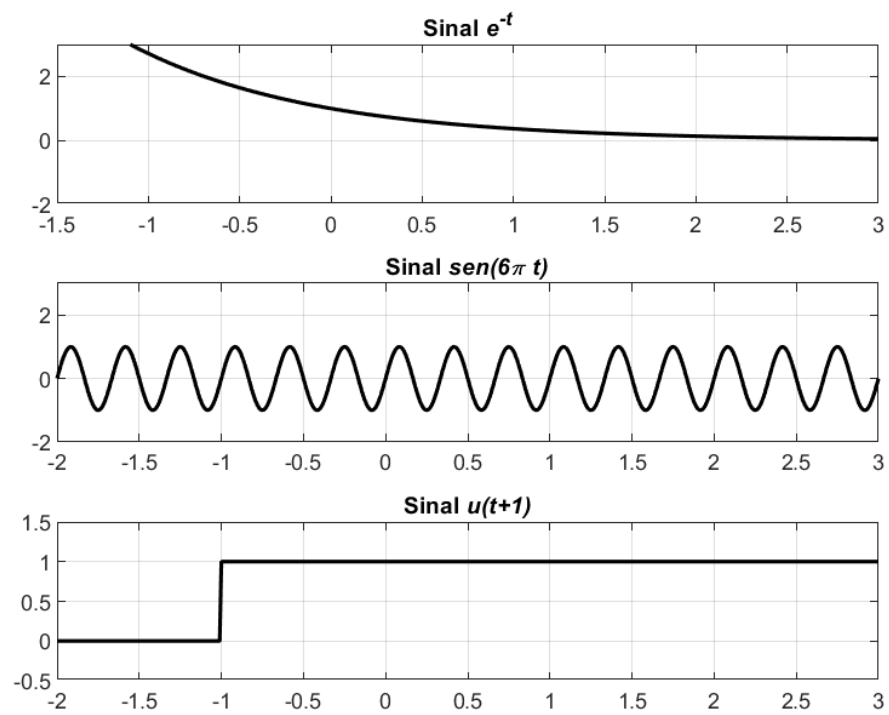


Figura 2: Sinais separados.

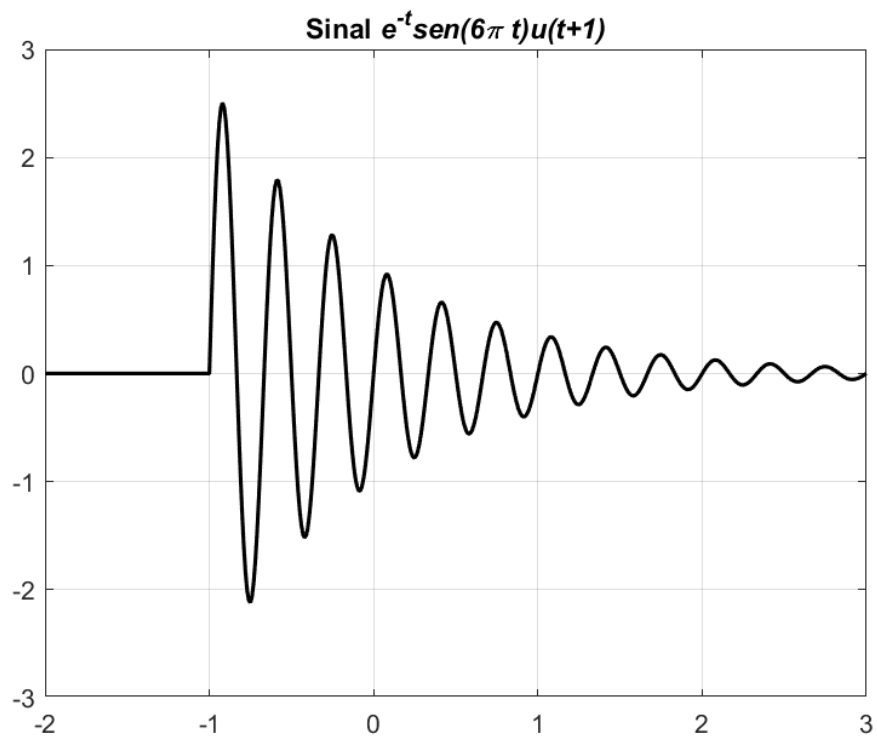


Figura 3: Sinais multiplicados.

### 3 Exercício 3

Dado um sinal aperiódico, sua repetição gera um sinal periódico como o da Figura 4. Além disso, é possível extrair dados como a  $Energia = 0.487753$  e  $Potência = 0.0812922$ . O Anexo 6.3 contempla o código utilizado neste exercício.

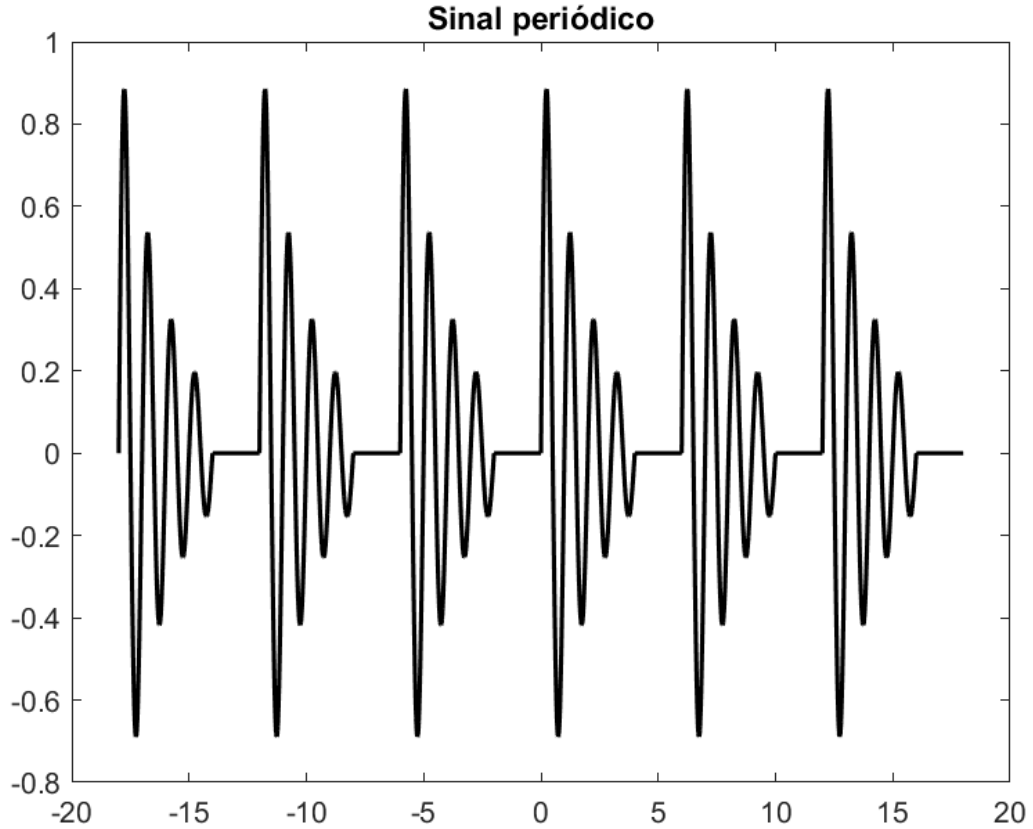


Figura 4: Sinal periódico.

### 4 Exercício 4

O coeficiente de correlação entre a função  $x(t)$  e  $g_i(t)$ , descrito como na Equação 1, para cada função  $g$ , é contemplado na Figura 5. No Anexo 6.3 observa-se o código utilizado neste exercício.

$$\rho = \frac{1}{\sqrt{E_g E_x}} \int_{-\infty}^{+\infty} g(t) x^*(t) dt \quad (1)$$

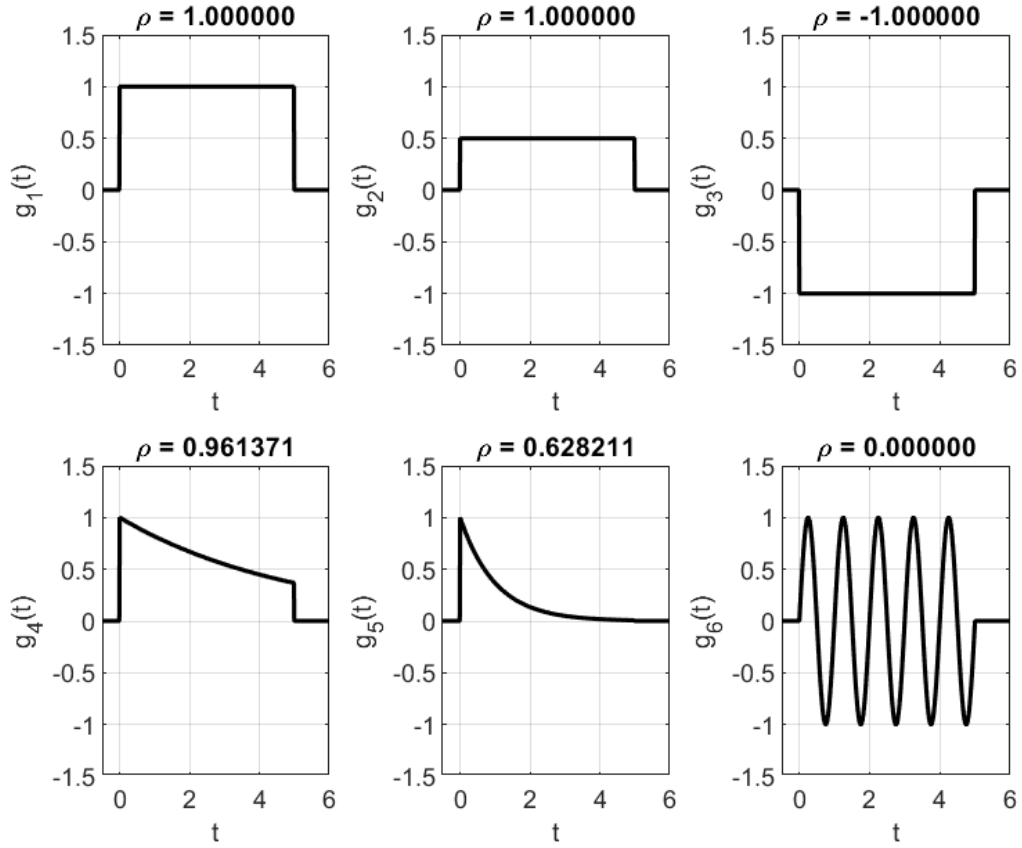


Figura 5: Correlação de sinais.

## 5 Exercício 5

A série de Fourier exponencial utiliza um conjunto ortogonal com representação mais simples, isto é  $e^{jn\Omega_0 t}$  com  $n$ . Assim, quer obter o conjunto de exponenciais que formam um sinal  $g(t)$ , mediante as Equações (2) e (3).

$$g(t) = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} D_n e^{jn\omega_0 t} \quad (2)$$

$$D_n = \frac{1}{T_0} \int_{T_0} g(t) e^{-jn\omega_0 t} dt \quad (3)$$

No entanto, para o caso discreto, deve-se considerar a frequência e tempo de amostragem, representados por  $F_s$  e  $T_s$  respectivamente. Sendo  $k$  o número de amostras e  $N_0$ , o número de amostras em um período, tem-se que para um período

$N_0 = T_0/T_s$ . Assim, obtém-se que, para o caso discreto,  $D_n$  é descrito como na Equação (4). Além disso, vale ressaltar que, como  $T_s$  não é zero, deve-se tomar cuidado para escolher  $F_s$  suficientemente grande para evitar o *erro de aliasing*, logo deve-se respeitar o limite de Nyquist-Shannon. A Figura 6 contém o sinal periódico analisado e a Figura 7 mostra os gráficos de módulo e fase de  $D_n$ .

$$D_n = \frac{1}{T_0} \sum_{k=1}^{N_0} g(k T_s) e^{-j n \omega_0 t} \cdot T_s \quad (4)$$

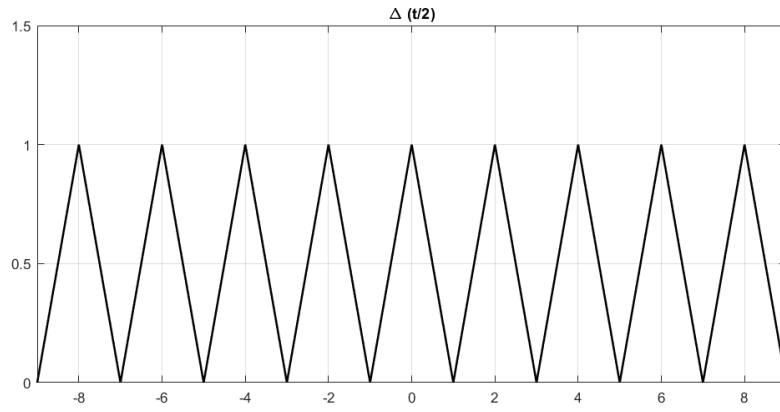


Figura 6: Sinal periódico analisado.

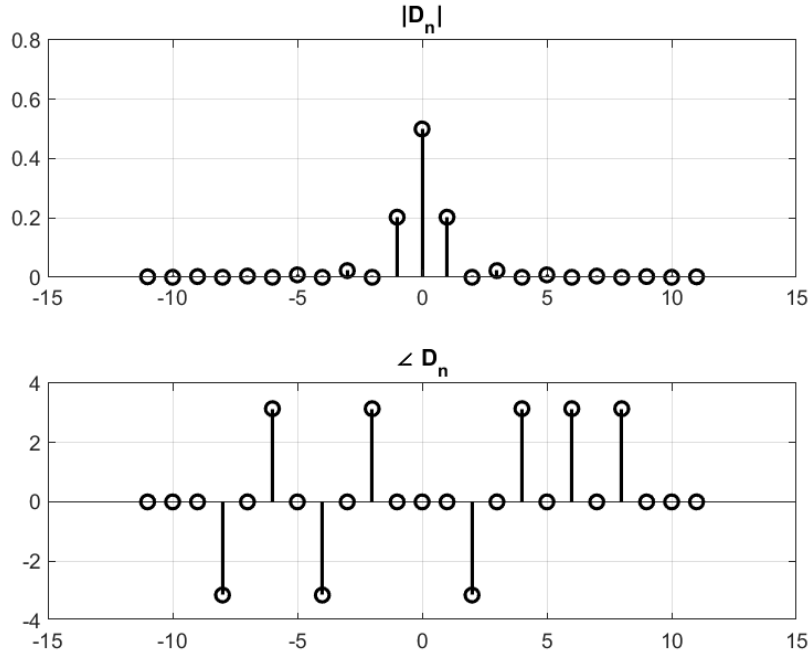


Figura 7: Espectro de frequência das componentes exponenciais.

## 6 Anexos

### 6.1 Código correspondente ao exercício 1

```
1 close all; clc;
2
3 figure('Name','Sinais bsicos importantes');
4 t = -2:0.000001:2;
5
6 subplot(311);
7 plot(t, u(t), 'linewidth',1.5, 'color',[0 0 0]);
8 title('Sinal \it{u(t)}');
9 ylim([-0.5 1.5]);
10 grid on;
11
12 subplot(312);
13 plot(t, rect(t), 'linewidth',1.5, 'color',[0 0 0]);
14 title('Sinal \it{\Pi(t)}');
15 ylim([-0.5 1.5]);
16 grid on;
17
18 subplot(313);
19 plot(t, Delta(t), 'linewidth',1.5, 'color',[0 0 0]);
20 title('Sinal \it{\Delta(t)}');
21 ylim([-0.5 1.5]);
22 grid on;
23
24 subtitle('Sinais Bsicos Importantes');
25
26 cd ..
27 print('img/ex1-fig','-dpng');

1 function out = u(t)
2     out = (t >= 0);
3 end

1 function out = rect(t)
2     out = u(t-(-0.5))-u(t- 0.5);
3 end
```



```

1 function out = Delta(t)
2     out = (1-2*abs(t)).*rect(t);
3 end

```

## 6.2 Código correspondente ao exercício 2

```

1 close all; clc;
2
3 figure('Name','Sinais separados');
4 t = -2:0.01:3;
5
6 subplot(311);
7 plot(t, exp(-t), 'linewidth',1.5, 'color',[0 0 0]);
8 title('Sinal \it{e^{-t}}');
9 ylim([-2 3]);
10 grid on;
11
12 subplot(312);
13 plot(t, sin(6*pi*t), 'linewidth',1.5, 'color',[0 0 0]);
14 title('Sinal \it{sen(6\pi t)}');
15 ylim([-2 3]);
16 grid on;
17
18 subplot(313);
19 plot(t, u(t+1), 'linewidth',1.5, 'color',[0 0 0]);
20 title('Sinal \it{u(t+1)}');
21 ylim([-0.5 1.5]);
22 grid on;
23
24 figure('Name','Sinais multiplicados');
25 plot(t, exp(-t).*sin(6*pi*t).*u(t+1), 'linewidth',1.5, 'color',
    ,[0 0 0]);
26 title('Sinal \it{e^{-t}sen(6\pi t)u(t+1)}');
27 ylim([-3 3]);
28 grid on;
29
30 % cd ..
31 % print('-f1','img/ex2-separado','-dpng');
32 % print('-f2','img/ex2-mult','-dpng');

```

### 6.3 Código correspondente ao exercício 3

```
1 clear all; close all; clc;
2
3 figure('Name','Sinais peridicos');
4 T = 6;
5 M = 3;
6 Dt = 0.002; % Fs = 200
7 Fs = 1/Dt;
8 t = 0:Dt:T-Dt;
9 y = exp(-abs(t)/2).*sin(2*pi*t).*rect((t-2)/4);
10
11 time = [];
12 yp = [];
13 for i=-M:M-1 % -M -M+1 ..(-1) 0(=-M+3) -M+4 -M+5=M-1
14     time = [time i*T+t];
15     yp = [yp y];
16 end
17 plot(time,yp,'linewidth',1.5,'color',[0 0 0]);
18 xlim([-20 20]);
19 title('Sinal peridico');
20 grid on;
21
22 e = sum(abs(y).^2)*Dt; % a integral para sinal discreto eh a
    soma de Riemann
23 fprintf('Energia: %g \nPotncia: %g \n', e, e/T);
24 % potencia eh energia consumida por unidade de tempo
25
26 % cd ..
27 % print('img/ex3-sinal','-dpng');
```

```
1 function e = energia(y,Dt)
2     e = sum(y.*conj(y))*Dt;
3 end
```

### 6.4 Código correspondente ao exercício 4

```
1 close all; clc;
2
3 figure('Name','Correlao de sinais');
```

```

4 Dt = 0.01;
5 t = -0.5:Dt:6;
6 x = rect((t-2.5)/5);
7
8 subplot(231);
9 g1 = rect((t-2.5)/5);
10 plot(t,g1,'linewidth',1.5,'color',[0 0 0]);
11 ylim([-1.5 1.5]);
12 title(['\rho = ' sprintf('%0.6f', correlacao(g1,x,Dt))]);
13 ylabel('g_1(t)');
14 xlabel('t');
15 grid on;
16
17 subplot(232);
18 g2 = rect((t-2.5)/5)/2;
19 plot(t,g2,'linewidth',1.5,'color',[0 0 0]);
20 ylim([-1.5 1.5]);
21 title(['\rho = ' sprintf('%0.6f', correlacao(g2,x,Dt))]);
22 ylabel('g_2(t)');
23 xlabel('t');
24 grid on;
25
26 subplot(233);
27 g3 = -rect((t-2.5)/5);
28 plot(t,g3,'linewidth',1.5,'color',[0 0 0]);
29 ylim([-1.5 1.5]);
30 title(['\rho = ' sprintf('%0.6f', correlacao(g3,x,Dt))]);
31 ylabel('g_3(t)');
32 xlabel('t');
33 grid on;
34
35 subplot(234);
36 g4 = exp(-t/5).*rect((t-2.5)/5);
37 plot(t,g4,'linewidth',1.5,'color',[0 0 0]);
38 ylim([-1.5 1.5]);
39 title(['\rho = ' sprintf('%0.6f', correlacao(g4,x,Dt))]);
40 ylabel('g_4(t)');
41 xlabel('t');
42 grid on;

```

```

43
44 subplot(235);
45 g5 = exp(-t).*rect((t-2.5)/5);
46 plot(t,g5,'linewidth',1.5,'color',[0 0 0]);
47 ylim([-1.5 1.5]);
48 title(['\rho = ' sprintf('%0.6f', correlacao(g5,x,Dt))]);
49 ylabel('g_5(t)');
50 xlabel('t');
51 grid on;
52
53 subplot(236);
54 g6 = sin(2*pi*t).*rect((t-2.5)/5);
55 plot(t,g6,'linewidth',1.5,'color',[0 0 0]);
56 ylim([-1.5 1.5]);
57 title(['\rho = ' sprintf('%0.6f', correlacao(g6,x,Dt))]);
58 ylabel('g_6(t)');
59 xlabel('t');
60 grid on;
61
62 cd ..
63 print('img/ex4-corr','-dpng');

1 function rho = correlacao(g, x,Dt)
2     rho = sum(g.*conj(x)) *Dt/sqrt(energia(g,Dt)*energia(x,
3     Dt));
3 end

```

## 6.5 Código correspondente ao exercício 5

```

1 clear all; close all; clc;
2
3 % Plotando o sinal
4 b=1;
5 a=-1;
6 tol=1.e-5;
7 T=b-a;
8 N=11;
9 w0=2*pi/T;
10

```

```

11 figure('Name','Sinal peridico analisado');
12 Ts = 1e-6;
13 t = -T/2:Ts:T/2; % t discreto
14 M=4;
15 y = Delta(t/2);
16
17 time = [];
18 yp = [];
19 for i=-M:M % como tem simetria em y no precisa do -1
20     time = [time i*T+t];
21     yp = [yp y];
22 end
23
24 plot(time,yp,'linewidth',1.5,'color',[0 0 0]);
25 xlim([-9 9]);
26 ylim([0 1.5]);
27 title('\Delta (t/2)');
28 grid on;
29
30 % Separacao dos sinais que compoem o sinal
31 Func= @(t) Delta(t/2);
32 Dn(N+1) = 1/T*quad(Func, a, b, tol);
33
34 for i = 1:N
35     Func = @(t) exp(-1j*w0*t*i).*Delta(t/2);
36     Dn(i+N+1)=1/T*quad(Func, a, b, tol);
37
38     Func = @(t) exp(1j*w0*t*(N+1-i)).*Delta(t/2);
39     Dn(i)=1/T*quad(Func, a, b, tol);
40
41 end
42
43 figure('Name','Componentes exponenciais');
44 subplot(211);stem([-N:N],abs(Dn),'linewidth',1.5,'color',[0
    0 0]);
45 xlim([-15 15]);
46 ylim([0 0.8]);
47 title('|D_n|');
48 grid on;

```

```

49
50 subplot(212);stem([-N:N],angle(Dn),'linewidth',1.5,'color'
    ,[0 0 0]);
51 xlim([-15 15]);
52 ylim([-4 4]);
53 title('\angle D_n');
54 grid on;
55
56 % figure('Name','Recriando o sinal');
57 % n = -N:N;
58 % triangulo = @(t) Dn.*exp(1j*w0*t*n);
59 % fplot(triangulo,[a b]);
60
61 % Salva as imagens obtidas
62 cd ..
63 % print('-f1','img/ex5-sinal','-dpng');
64 print('-f2','img/ex5-sinais-Dn','-dpng');

```

## Referências

- [1] Lathi, B. P.; Ding, Zhi, “Modern Digital and Analog Communication Systems”, New York: Oxford University Press, 2019. 5ª Edição.