

INSTITUTO FEDERAL  
SANTA CATARINA

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA

CURSO DE ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES - CÂMPUS SÃO JOSÉ

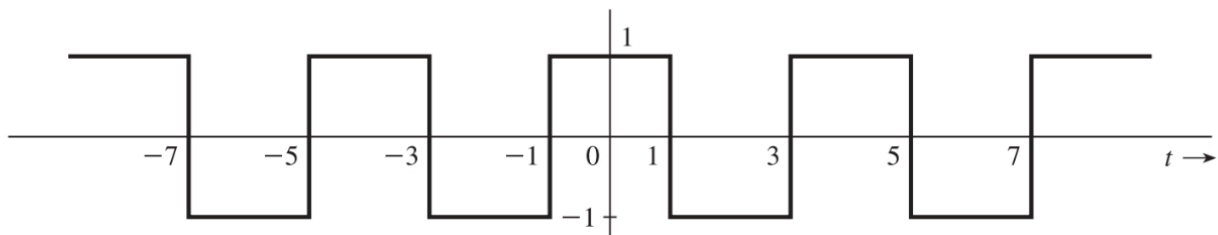
## RELATÓRIO TÉCNICO - SINAIS E SISTEMAS I

### CONVERSÃO DE SINAIS - SÉRIES DE FOURIER

*Arthur Cadore Matuella Barcella*

#### SINAL SOLICITADO:

Para realizar a conversão de sinal, fiz a coleta de todos os dados do sinal abaixo para aplicar na tabela de conversões para séries de fourier.



O sinal possui as seguintes características:

- Amplitude Máxima: 1
- Amplitude Mínima: -1
- Período: 4
- Forma de onda: Quadrada
- Fase:  $-90^\circ$

A partir do período é possível calcular a frequência de onda do sinal ( $\omega$ ), conforme a fórmula abaixo:

$$f = \frac{1}{T} \rightarrow f = \frac{1}{4} \rightarrow f = 0,25 \text{ Hz}$$



INSTITUTO FEDERAL  
SANTA CATARINA

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA

CURSO DE ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES - CÂMPUS SÃO JOSÉ

$$\omega = 2\pi f \rightarrow \omega = \frac{2\pi}{4} \rightarrow \omega = \frac{\pi}{2}$$

### CÁLCULO DA CONVERSÃO:

Apliquei a conversão de Fourier para série de trigonometria, visto que o sinal solicitado é um sinal de tempo contínuo e portanto não é possível utilizar conversão para tempo discreto.

Como a simetria do sinal é par,  $b_n = 0$  dessa forma, o desenvolvimento da questão dependerá apenas de  $a_0$  e de  $a_n$ .

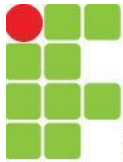
Inicie o desenvolvimento dos cálculos através do cálculo de  $a_0$ :

$$a_0 = \frac{1}{T_0} \int_{T_0} f(t) dt \rightarrow a_0 = \frac{2}{4} \left[ \int_0^1 1 dt + \int_1^2 (-1) dt \right]$$

$$a_0 = \frac{1}{2} [(1 - 0) - (2 - 1)] \rightarrow a_0 = \frac{1}{2} (1 - 1) = 0$$

Em seguida, fiz o cálculo de  $a_n$  para aplicar a conversão da série:

$$a_n = \frac{2}{T_0} \int_{T_0} x(t) \cos(n\omega t) dt \rightarrow a_n = \frac{2}{T_0} \int_{\frac{-T_0}{2}}^{\frac{T_0}{2}} x(t) \cos(n\omega t) dt$$



INSTITUTO FEDERAL  
SANTA CATARINA

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA

CURSO DE ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES - CÂMPUS SÃO JOSÉ

$$a_n = \frac{4}{T_0} \int_0^{\frac{T_0}{2}} x(t) \cos(n\omega t) dt \rightarrow a_n = \frac{4}{4} \left[ \int_0^1 1 \cos\left(\frac{\pi}{2}nt\right) dt + \int_1^2 -1 \cos\left(\frac{\pi}{2}nt\right) dt \right]$$

$$a_n = \left[ \left[ \frac{1}{\frac{\pi}{2}n} \operatorname{sen}\left(\frac{\pi}{2}nt\right) \int_0^1 \right] - \left[ \frac{1}{\frac{\pi}{2}n} \operatorname{sen}\left(\frac{\pi}{2}nt\right) \int_1^2 \right] \right]$$

$$a_n = \left[ \left[ \left( \frac{1}{\frac{\pi}{2}n} \operatorname{sen}\left(\frac{\pi}{2}n\right) \right) - 0 \right] - \left[ 0 - \left( \frac{1}{\frac{\pi}{2}n} \operatorname{sen}\left(\frac{\pi}{2}nt\right) \right) \right] \right]$$

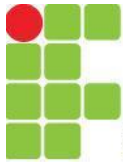
$$a_n = 2 \left( \frac{1}{\frac{\pi}{2}n} \operatorname{sen}\left(\frac{\pi}{2}n\right) \right) \rightarrow a_n = 2 \left( \frac{2}{\pi n} \operatorname{sen}\left(\frac{\pi n}{2}\right) \right)$$

$$a_n = \frac{4}{\pi n} \operatorname{sen}\left(\frac{\pi n}{2}\right)$$

Dessa forma, a série de fourier (trigonométrica) fica da seguinte maneira:

$$x(t) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} a_n [\cos(n\omega_0 t)]$$

$$x(t) = 0 + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{4}{\pi n} \operatorname{sen}\left(\frac{\pi n}{2}\right) \left[ \cos\left(\frac{n\pi t}{2}\right) \right]$$



INSTITUTO FEDERAL  
SANTA CATARINA

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA

CURSO DE ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES - CÂMPUS SÃO JOSÉ

## DESENVOLVIMENTO DO SCRIPT - MATLAB:

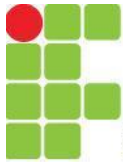
Após encontrar a série de fourier, fiz a configuração de um script em matlab para plotar o sinal.

Para isso, apliquei a definição base dos parâmetros da série a partir das contas apresentadas acima. Dessa forma, “w” representa o comprimento de onda, “amp” representa a amplitude do sinal, e “a0” representa a componente “a0” da série de fourier:

```
1      %% CONVERSÃO DE SINAIS - SÉRIES DE FOURIER
2      %% Aluno: Arthur Cadore M. B.
3
4      %% Formatação base:
5      close all
6      clear all
7      clc
8
9      %% Parâmetros da função:
10     t=-15:0.001:15;
11     w=pi/2;
12     amp=1;
13     a0=0;
14
```

Em seguida, para cada 10 harmônicas, fiz a plotagem de sinal (iniciando em 5) para podermos acompanhar o avanço na forma de onda do sinal, abaixo está a função utilizando um for para a plotagem:

```
15     % Primeiro Loop: 5 Harmônicas
16     x1=0;
17     for n = 1:5
18         x1=x1+(4/(pi*n))*sin((pi*n)/2)*cos((pi*n*t)/2)
19     end
20     plot(t,x1);
21
```



INSTITUTO FEDERAL  
SANTA CATARINA

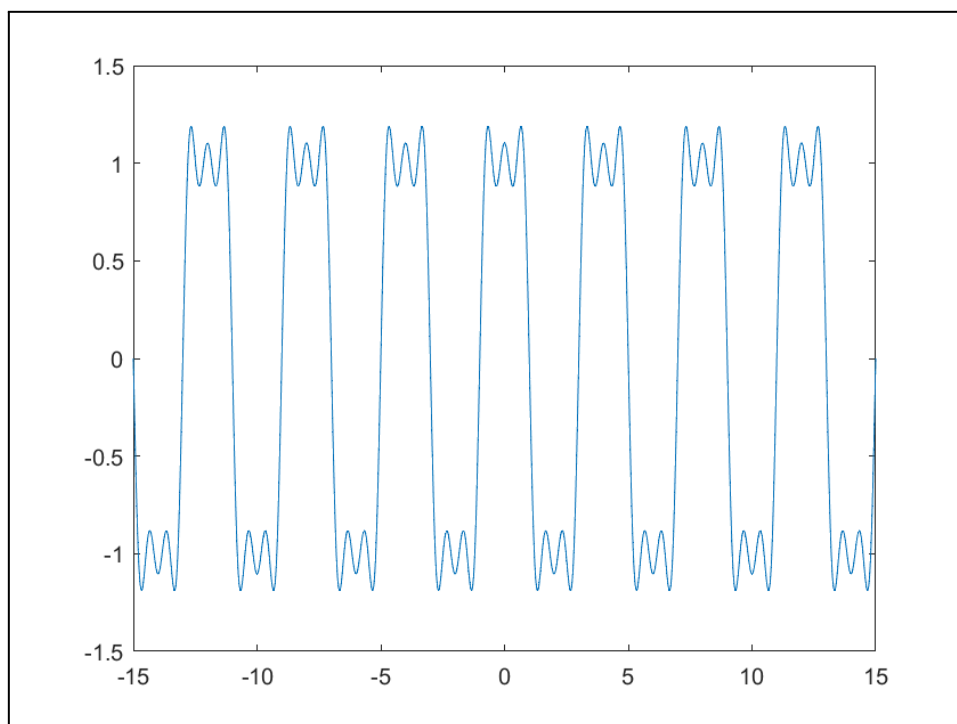
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA

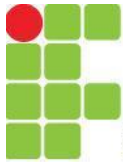
CURSO DE ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES - CÂMPUS SÃO JOSÉ

Abaixo está a plotagem do sinal com 5 harmônicas, note que o formato de onda do sinal está bem distorcido.



Abaixo está o código para o segundo loop, com 15 harmônicas:

```
22     % Segundo Loop: 15 Harmônicas
23     x2=0;
24     for n = 1:15
25         x2=x2+(4/(pi*n))*sin((pi*n)/2)*cos((pi*n*t)/2)
26     end
27     plot(t,x2);
28
```



INSTITUTO FEDERAL  
SANTA CATARINA

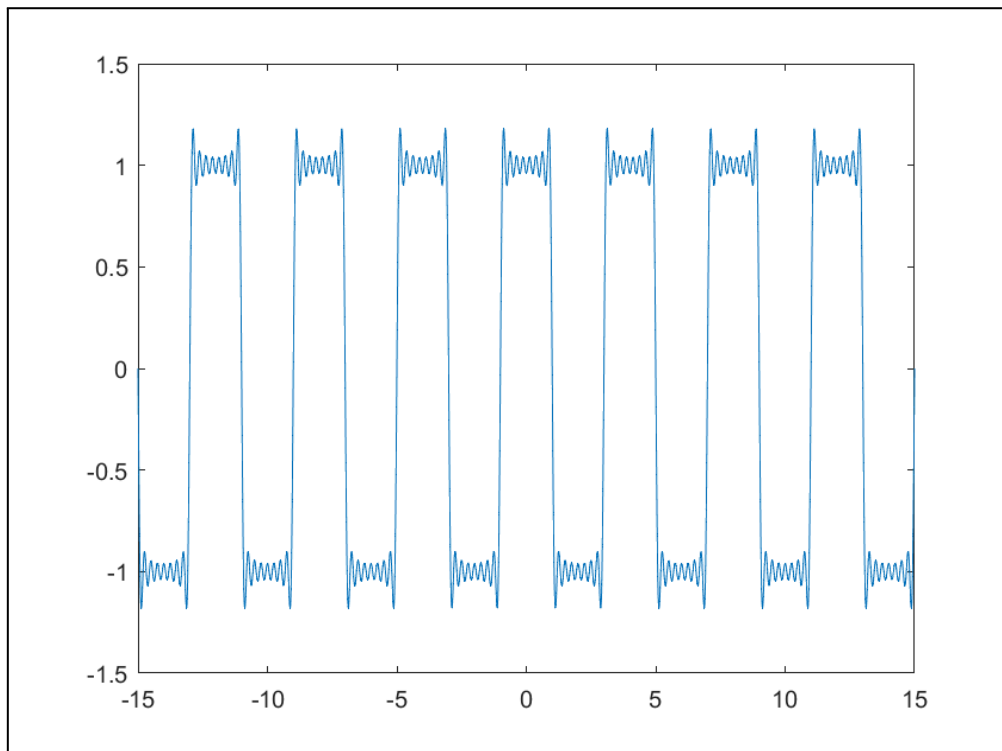
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA

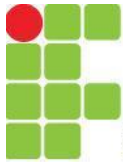
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA

CURSO DE ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES - CÂMPUS SÃO JOSÉ

Abaixo está a plotagem do sinal com 15 harmônicas, note que o formato de onda do sinal ainda está distorcido mais já se assemelha a uma onda quadrada



Abaixo está o código para o terceiro loop, com 25 harmônicas:



INSTITUTO FEDERAL  
SANTA CATARINA

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

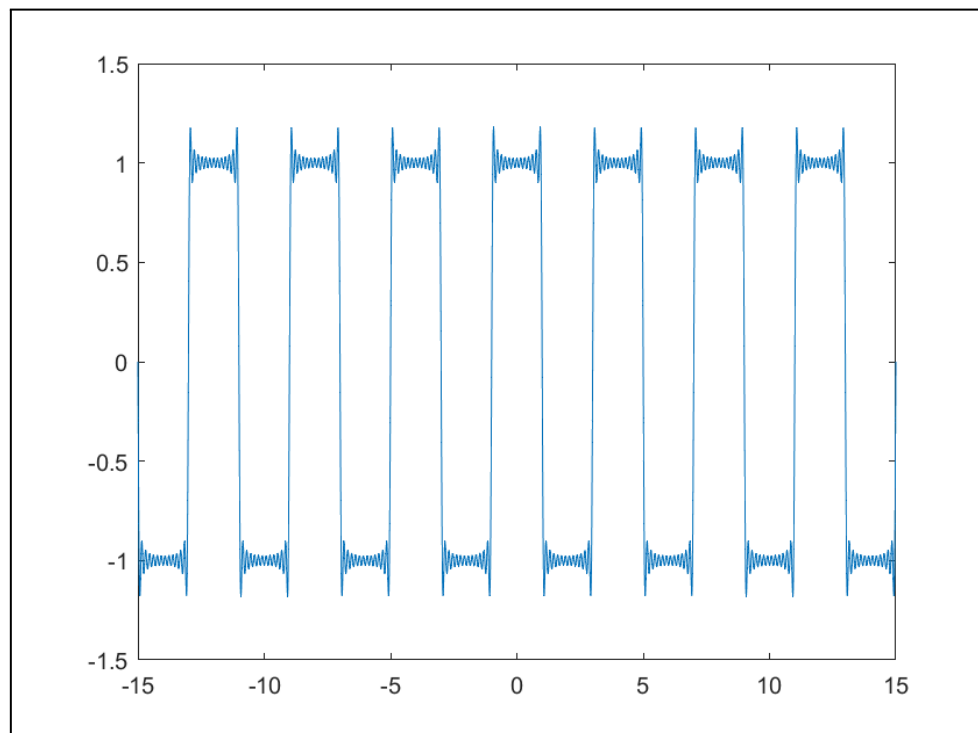
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA

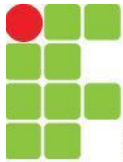
CURSO DE ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES - CÂMPUS SÃO JOSÉ

```
29 % Terceiro Loop: 25 Harmônicas
30 x3=0;
31 for n = 1:25
32     x3=x3+(4/(pi*n))*sin((pi*n)/2)*cos((pi*n*t)/2)
33 end
34 plot(t,x3);
35
```

Abaixo está a plotagem do sinal com 25 harmônicas, note que o formato de onda do sinal ainda está distorcido mais já se assemelha a uma onda quadrada



Abaixo está o código para o quarto loop, com 35 harmônicas:



INSTITUTO FEDERAL  
SANTA CATARINA

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

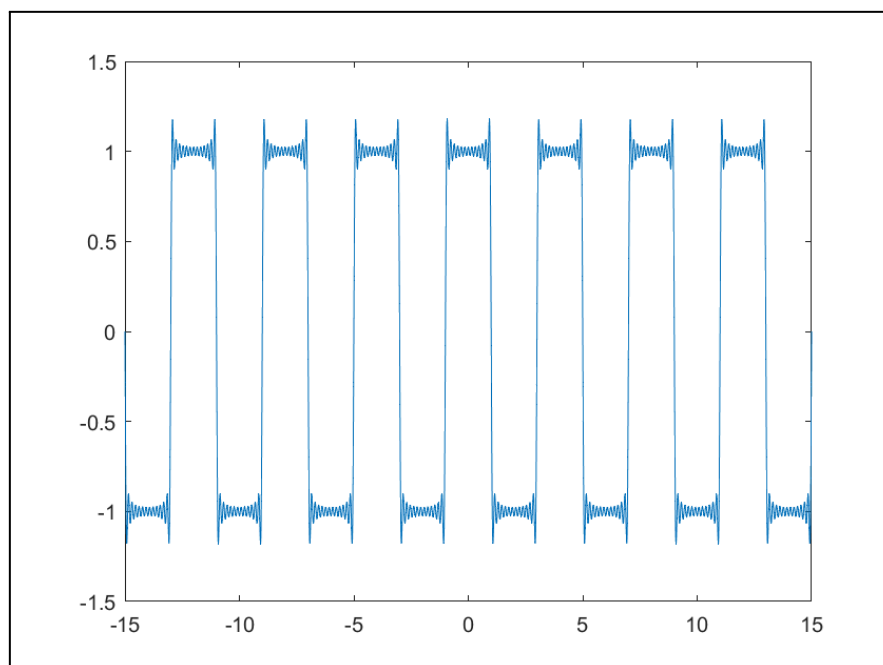
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA

CURSO DE ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES - CÂMPUS SÃO JOSÉ

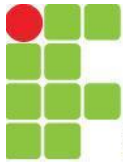
```
36 % Quarto Loop: 35 Harmônicas
37 x4=0;
38 for n = 1:25
39     x4=x4+(4/(pi*n))*sin((pi*n)/2)*cos((pi*n*t)/2)
40 end
41 plot(t,x4);
42
```

Abaixo está a plotagem do sinal com 35 harmônicas, note que o formato de onda do sinal ainda está distorcido mais já se assemelha bastante a uma onda quadrada



Abaixo está uma plotagem conjunta (subplot do sinal) para os sinais anteriores de maneira sequencial.





INSTITUTO FEDERAL  
SANTA CATARINA

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA

CURSO DE ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES - CÂMPUS SÃO JOSÉ

```
43  %% Plotagem conjunta (para comparação):
44  figure(1)
45  subplot(2,2,1);
46  plot(t,x1);
47  grid on
48  hold;
49
50  subplot(2,2,2);
51  plot(t,x2);
52  grid on
53  hold;
54
```

Abaixo está a plotagem dos 4 sinais anteriores de maneira conjunta (também foi adicionado grade ao plot para facilitar a visualização dos eixos).



INSTITUTO FEDERAL  
SANTA CATARINA

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA

CURSO DE ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES - CÂMPUS SÃO JOSÉ

