

# Princípios de Telecomunicações

Sinais e Espectro

Prof. José Erlan Nunes Matias





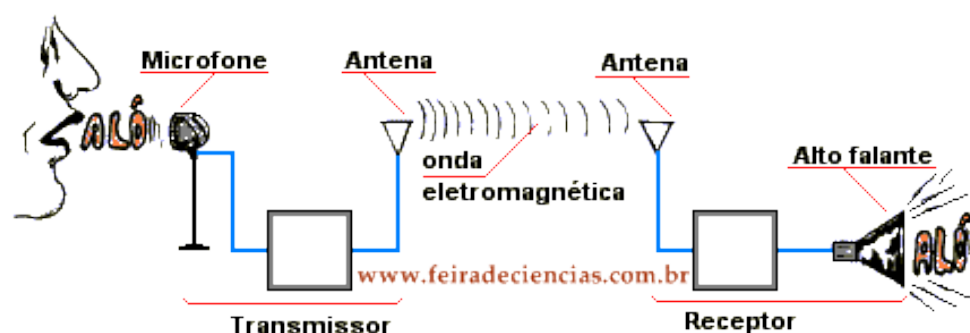
## Princípios de Telecomunicações – Sinais e Espectro<sup>1</sup>

### 1. Sistemas de comunicações.

Antes de entrarmos no assunto do capítulo, é muito importante que saibamos conceituar **comunicação**. Sabemos que comunicação é o efeito de transportar uma informação (mensagem) de um ponto a outro. Para que isso seja possível, é necessário produzir um fenômeno físico que seja capaz de adotar configurações diferentes, às quais se associa o conteúdo desta informação. A este fenômeno físico chamamos de **sinal**.

Observando a Figura 1, podemos verificar esses conceitos, bem como um exemplo de **sistema de comunicações**, no qual é formado pelo conjunto de equipamentos e materiais elétricos e eletrônicos necessários para compor um sistema físico. O sistema de comunicações estaria entre o transmissor e o receptor, seria o manipulador dos sinais que vamos estudar mais à frente.

Figura 1: Exemplo de sistema de comunicações.



Fonte: [http://www.feiradeciencias.com.br/sala15/15\\_33b.asp](http://www.feiradeciencias.com.br/sala15/15_33b.asp)

### 2. Sinais.

Constantemente nos deparamos com sinais em nosso cotidiano. Utilizando o exemplo anterior, nossa voz que é um sinal acústico, é convertida em sinais elétricos, através do microfone, que por sua vez são transmitidos e convertidos novamente em um sinal de voz (caixas de som). Nosso objetivo aqui não é saber manipular esses sinais, porém é muito importante conhecermos esses conceitos, pois será de grande valia em nosso curso.

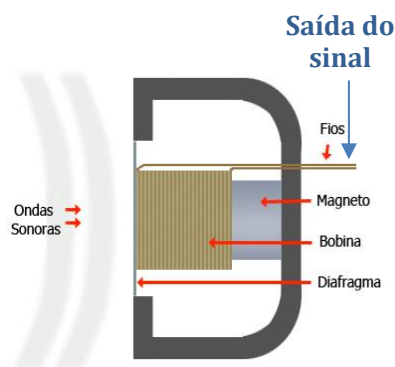
<sup>1</sup> José Eralan Nunes Matias é graduado em Licenciatura em Matemática – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul.



Simplificando, podemos dizer que sinal é uma sequência de estados (qualitativa e quantitativamente) em um sistema que codifica uma mensagem.



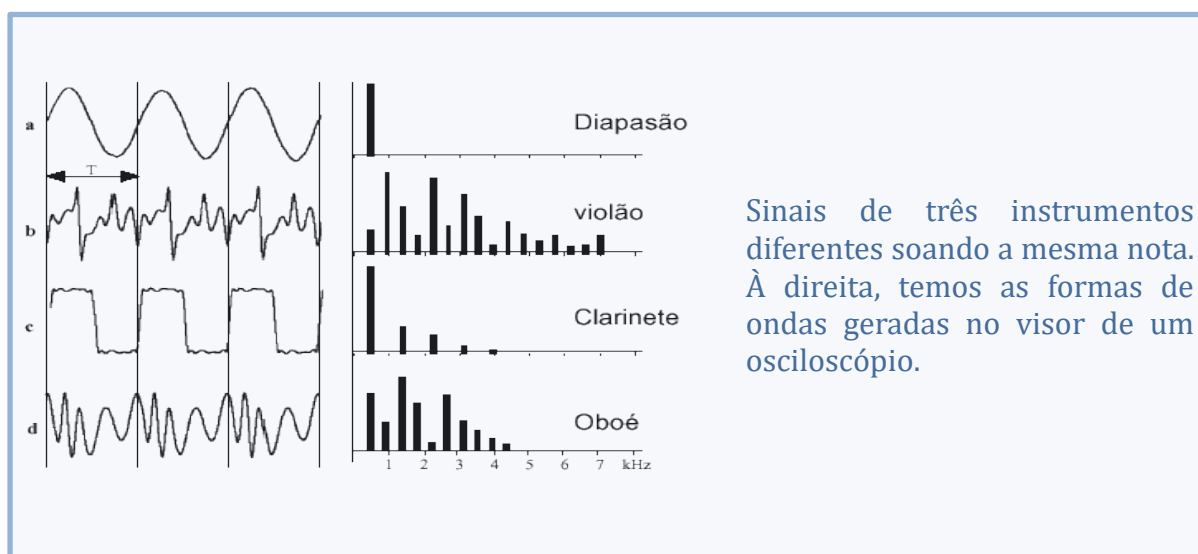
Figura 2: Esquema de microfone.



Fonte: <http://www.techtudo.com.br/platb/hardware/tag/microfone/>

Os sinais podem ser aperiódicos ou periódicos. Os sinais **aperiódicos** são aqueles que não possuem um padrão de repetição ao longo do tempo. Por sua vez, um sinal é chamado **periódico** se seu comportamento se repete em intervalos de tempo regulares.

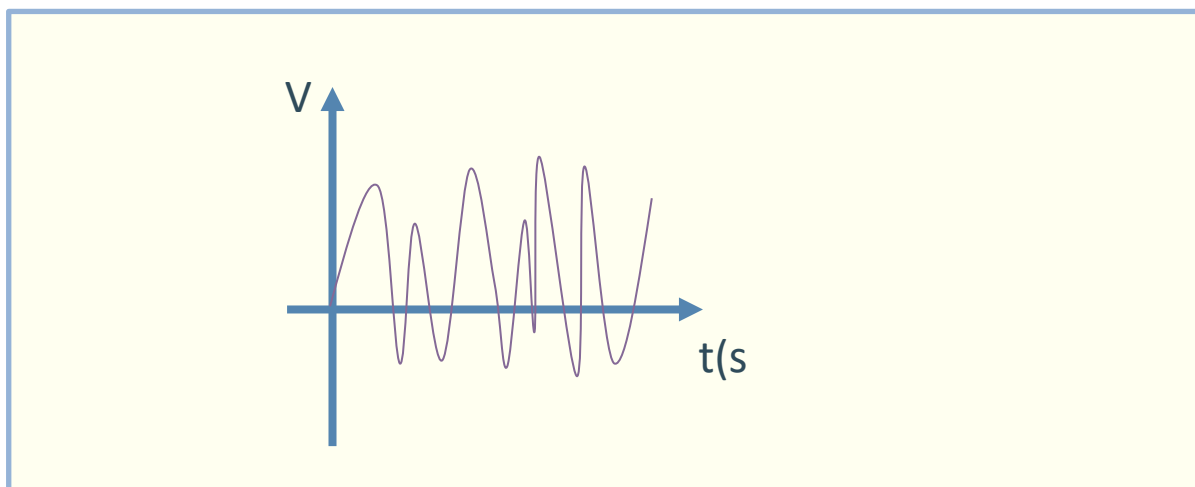
Figura 3: Sinais periódicos.



Fonte: [http://conservatorio0.tripod.com/propriedades\\_do\\_som\\_.htm](http://conservatorio0.tripod.com/propriedades_do_som_.htm)



Figura 4: Sinal aperiódico.

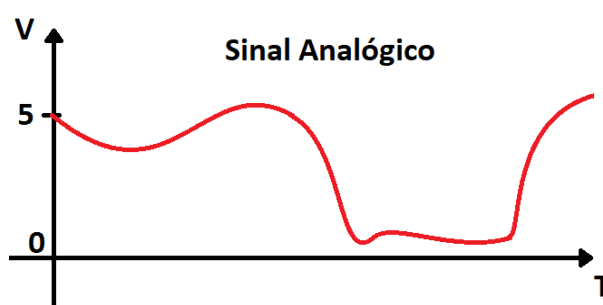


Fonte: Elaborado pelo autor.

## 2.1. Sinal analógico.

**Sinal analógico** é um sinal que pode assumir infinitos valores dentro de um intervalo de tempo. Por esse motivo necessita de uma faixa de frequência bem maior, tornando-o não tão confiável e com qualidade inferior ao digital. O sinal analógico é consequente das técnicas analógicas que se preocupam em garantir que a transmissão do sinal de um ponto a outro se faça sem que o mesmo sofra modificações sensíveis.

Figura 5: Sinal analógico.



Fonte: <https://www.embarcados.com.br/sinal-analogico-x-sinal-digital/>

## 2.2. Sinal digital.

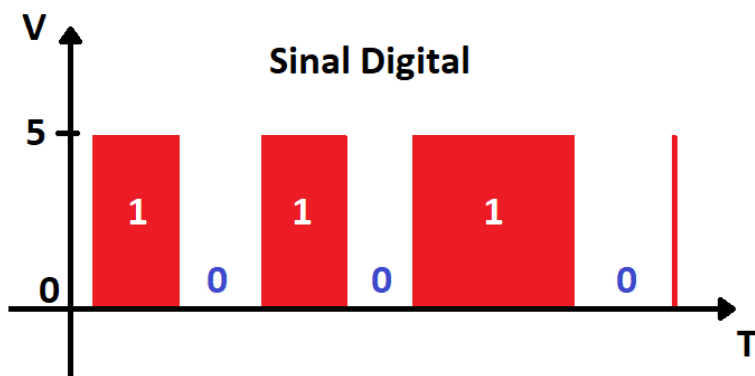
Caracterizado por assumir somente dois valores no decorrer do tempo, ou seja, o conjunto de valores que pode assumir é finito. Esse tipo de sinal torna as comunicações mais seguras e menos vulneráveis. Outro benefício desse sinal é facilitar eletronicamente à



criptografia, cifrando a informação. Observe o gráfico abaixo e veja que o sinal está assumindo o valor 0 (zero) ou 5 (cinco), diferente do sistema analógico. Para isso usamos as técnicas digitais que envolvem processamento dos sinais transmitidos de uma forma a outra. O mais importante aqui é preservar o conteúdo da informação.



Figura 6: Sinal digital.

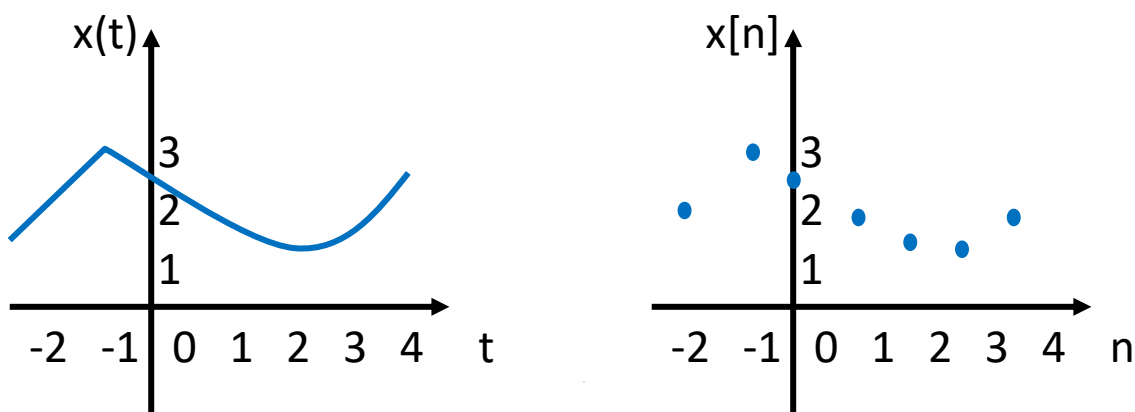


Fonte: <https://www.embarcados.com.br/sinal-analogico-x-sinal-digital/>

### 3. Sinal contínuo x Sinal discreto.

No estudo de sinais, não podemos confundir sinal contínuo com analógico, tampouco sinal discreto com digital. No sinal de tempo contínuo (sinal contínuo) a variável dependente (tensão, corrente etc.) pode assumir qualquer valor real para cada instante na variável tempo. O que caracteriza o sinal de tempo discreto é a variável tempo (para fins didáticos vamos considerar a variável independente como tempo) assumir valores inteiros. Os Sinais de tempo discretos muitas vezes são obtidos da amostragem dos sinais contínuos.

Figura 7: Exemplos de sinal de tempo contínuo.



Fonte: Elaborado pelo autor.



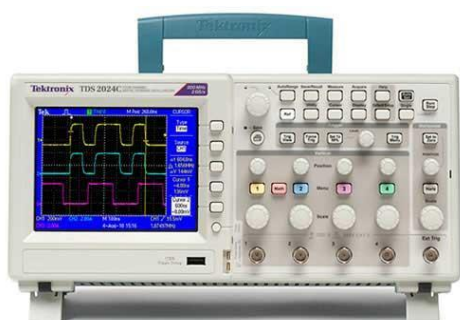
Observe que no tempo contínuo e no tempo discreto os sinais são analógicos e trazem a mesma informação. Eles são analógicos, pois os valores dos sinais (variável dependente) não são binários (assumem apenas dois valores).



## 4. Espectro.

Conhecemos os sinais como quantidades variáveis no tempo, como tensão e corrente (utilizamos aqui o osciloscópio para medição). Embora esses sinais possam existir fisicamente, os mesmos podem ser representados no domínio da frequência. Para visualizarmos os sinais no domínio da frequência utilizamos o analisador de espectro, instrumento muito utilizado para deter emissões clandestinas, onde são utilizadas técnicas de modulação. Como informado, em nosso curso não vamos manipular os sinais, mas é interessante conhecermos esses equipamentos, bem como essa perspectiva dos sinais.

Figura 8: Osciloscópio.



Fonte:

<https://www.tek.com/oscilloscope/tds2000-digital-storage-oscilloscope>

Figura 9: Analisador de espectro.



Fonte:

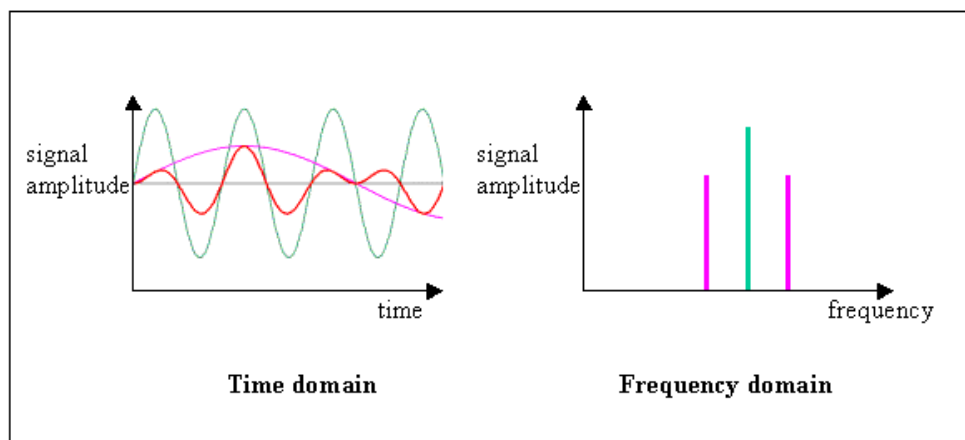
<http://www.php.com.br/equipamentos/item/103-analisador-de-espectro-agilent-exa-signal-analyzer-6ghz-n9010.html>

### 4.1. Sinal no domínio do tempo x domínio da frequência.

Vimos que representar um sinal no domínio do tempo nos traz informações da amplitude do sinal no instante de tempo escolhido. Porém, muitas vezes, é muito importante conhecer o conteúdo da frequência de um sinal. Para isso, utilizamos a transformada de Fourier que prova a representação de qualquer forma de onda no domínio do tempo pela soma de senos e cossenos (harmônicas). Um exemplo prático e útil deste conceito é a remoção de sinais indesejados (ruídos). Representar um sinal no domínio da frequência nos fornece muito mais detalhes sobre o mesmo, bem como do sistema gerado.



Figura 10: Domínio no tempo x Domínio na frequência.



Fonte: <http://www.ni.com/tutorial/13042/en/>

## 5. Digitalização do sinal analógico.

Algo muito comum nas telecomunicações é o processo de conversão do sinal analógico em digital, onde existem algumas técnicas para essa conversão. Agora, vamos conhecer as principais etapas no processo de digitalização do sinal analógico.

Etapas (não necessariamente nesta ordem):

 Amostragem

 Quantização

 Codificação

Figura 11: Digitalização do sinal analógico.



Fonte: <http://ensinare.digitro.com.br/cursos/telefoniadigital/topico2/html/t2l2.htm>





## Referências bibliográficas.

CAMPOS, A. S. Telefonia digital: voz digital. In: *Telefonia Digital: A Convergência de Voz em Dados*. Disponível em: <[http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialconvdados/pagina\\_3.asp](http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialconvdados/pagina_3.asp)>. Acesso em: 28 mar. 2018.

FERNANDES, T. G.; PANAZIO, A. N. Do analógico ao digital: amostragem, quantização e codificação. In: II SIMPÓSIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC, 2009, Santo André, SP. *Anais eletrônicos...* Santo André: UFABC, 2009. Disponível em: <[http://ic.ufabc.edu.br/II\\_SIC\\_UFABC/resumos/paper\\_5\\_74.pdf](http://ic.ufabc.edu.br/II_SIC_UFABC/resumos/paper_5_74.pdf)>. Acesso em: 02 abr. 2018.

MATIAS, J. E. N. Disciplina: Sistemas de Telefonia. Unidade didática: Sistemas de telefonia. *Notas de aula do curso de Operador de Tecnologia da Informação e Comunicações da Escola de Comunicações*, 2018. 47 f. Digitalizado.

MEDEIROS, J. C. O. *Princípios de telecomunicações: teoria e prática*. 3. ed. São Paulo: Érica, 2010.

MOECKE, M. Noções de Espectro de Frequência. *Apostila do curso de Telecomunicações do Instituto Federal de Santa Catarina, IFSC*, 2006. Disponível em: <<http://www.sj.ifsc.edu.br/~saul/principios%20de%20sistemas%20de%20telecomunicacoes/Nooes%20de%20Espectro%20de%20Frequencias.pdf>>. Acesso em: 28 mar. 2018.

SILVEIRA, J. F. PORTO. *Matemática Elementar – O decibel, ou melhor: os decibéis*. UFRGS. Disponível em: <<http://www.mat.ufrgs.br/~portosil/passa1e.html>>. Acesso em: 20 mar. 2018.



O texto Princípios de Telecomunicações – Sinais e Espectro de José Erlan Nunes Matias está licenciado com uma [Creative Commons - Atribuição-Compartilhagual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/). Para saber mais sobre os tipos de licença, visite <http://creativecommons.org.br/as-licencas>



Este material tem por finalidade mostrar um pouco sobre os Sinais e Espectro. Traz a segunda parte do curso *Princípios de Telecomunicações*.

Caso tenha alguma dúvida ou sugestão, por favor, acesse a plataforma e converse com o professor. Obrigado!



<http://poca.ufscar.br/>

