

# Cálculo Numérico Computacional

## Aula 5 - Zero de Função: Introdução

---

Professor Paulo Flabes

# Sumário:

## 1 – Introdução

1.1 – Isolamento das raízes

1.2 – Refinamento

## 2 – Método da Bisseção

2.1 – Interpretação Geométrica

2.2 – Algoritmo

2.3 – Estimativa do Número de Iterações

## 3 – Método de Newton - Raphson

3.1 – Interpretação Geométrica

3.2 – Estudo da convergência do MNR

3.3 – Algoritmo

## 4 – Método Secantes

4.1 – Comparação entre os métodos estudados

# 1 - Introdução



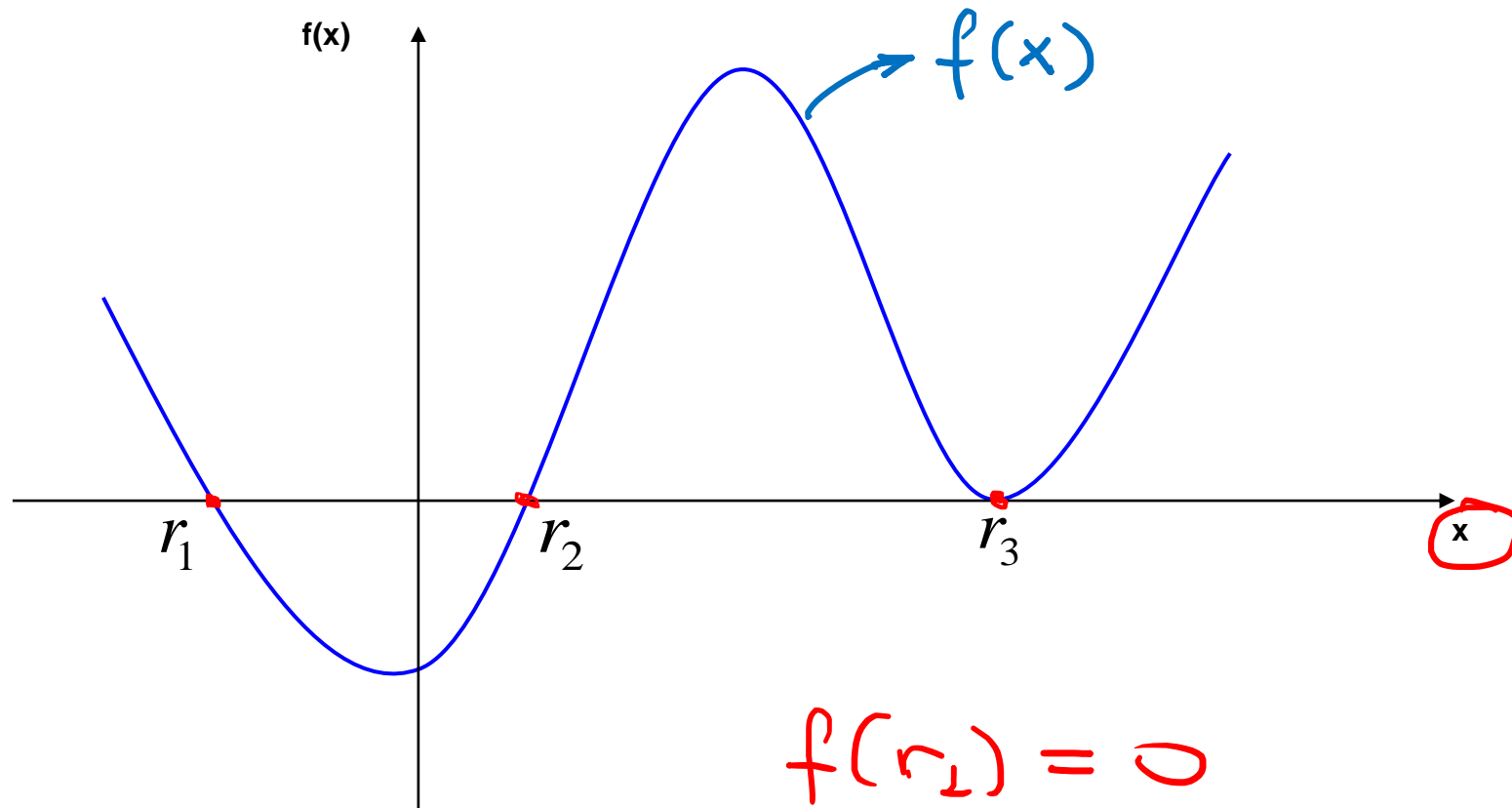
Em muitos problemas de Engenharia há a necessidade de se determinar um número  $r$  para o qual uma função  $f(x)$  seja zero, ou seja,  $f(r) = 0$ .

$$x^2 + 2x + 3 = 0$$

Diagrama da equação  $x^2 + 2x + 3 = 0$  com anotações em vermelho: uma seta aponta de  $x^2$  para a letra  $A$ , outra de  $2x$  para a letra  $B$ , e outra de  $3$  para a letra  $C$ . O zero no lado direito da equação está sublinhado.

Este número é chamado zero ou raiz da função  $f(x)$  e pode ser real ou complexo. Em nossos estudos  $r$  representará uma raiz real.

Graficamente, os zeros reais são representados pelos pontos de interseção da curva com o eixo  $Ox$ :





Objetivo deste capítulo:

Estudar os métodos numéricos  
para encontrar o zero de  
equações (funções) que NÃO  
possuem solução analítica.



$$x^2 + 2x + 3 = 0$$



Exemplo:

Para qual valor de  $x$  a equação abaixo resulta em zero?

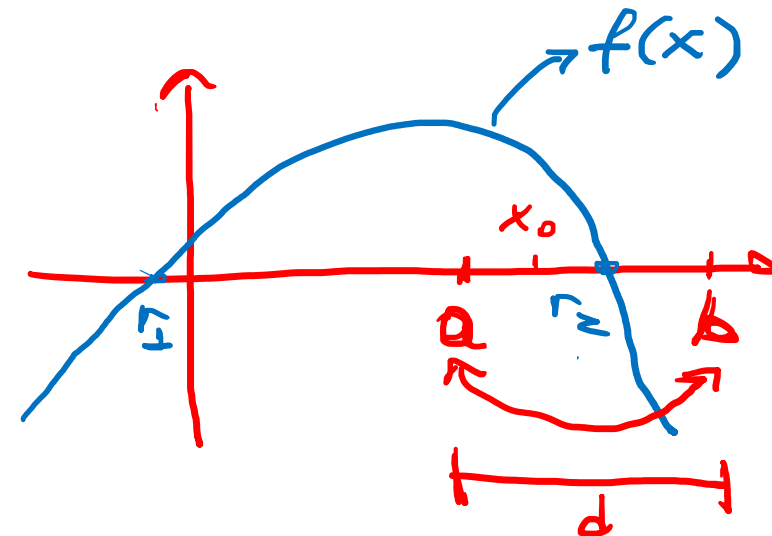
$$f(x) = e^x - \text{sen}(x) = \underline{\underline{0}}$$

*Handwritten red annotations:*

- A red arrow points from the handwritten  $x$  in the exponent of  $e^x$  to the  $x$  in  $\text{sen}(x)$ .
- A red arrow points from the handwritten  $x$  in  $\text{sen}(x)$  to the  $x$  in the exponent of  $e^x$ .
- A red arrow points from the handwritten  $r = 3,14105$  to the  $x$  in  $\text{sen}(x)$ .
- A red bracket is drawn under the entire expression  $e^x - \text{sen}(x)$ .
- The zero at the end of the equation is circled in red and has two horizontal lines underneath it.

## Cálculo da raiz da função

O cálculo da raiz de  $f(x)$  pode ser dividido em duas fases



### Fase I: Isolamento da raiz

Consiste em obter um intervalo  $[a, b]$  que contenha uma raiz ou um valor inicial  $x_0$  que seja próximo da raiz

### Fase II: Refinamento da raiz

Consiste em reduzir o intervalo  $[a, b]$  até que seja suficientemente pequeno ou aproximar  $x_0$  da raiz.



$$f(x) = e^x - \text{sen}(x) = 0$$

Fase I:  
Isolamento  
da raiz

Fase II:  
Refinamento  
da raiz

$$[a_0, b_0] = [-10, 10]$$

$$x_0 = 1$$

$$[a, b] = [-10, 10]$$

$$x_0 = 1$$

$$x^*$$

$$x^*$$

A glowing arc of light, resembling a rising sun or a celestial body, is positioned above the text. The arc is brightest in the center and fades towards the edges, creating a soft, ethereal glow against the black background.

COMING SOON