



# APLICATIVO SIMULA.MIT

**Engenharia Elétrica – João Pedro Carvalho Moreira**

---

E-mail: [mcjpedro@gmail.com](mailto:mcjpedro@gmail.com)

# SUMÁRIO

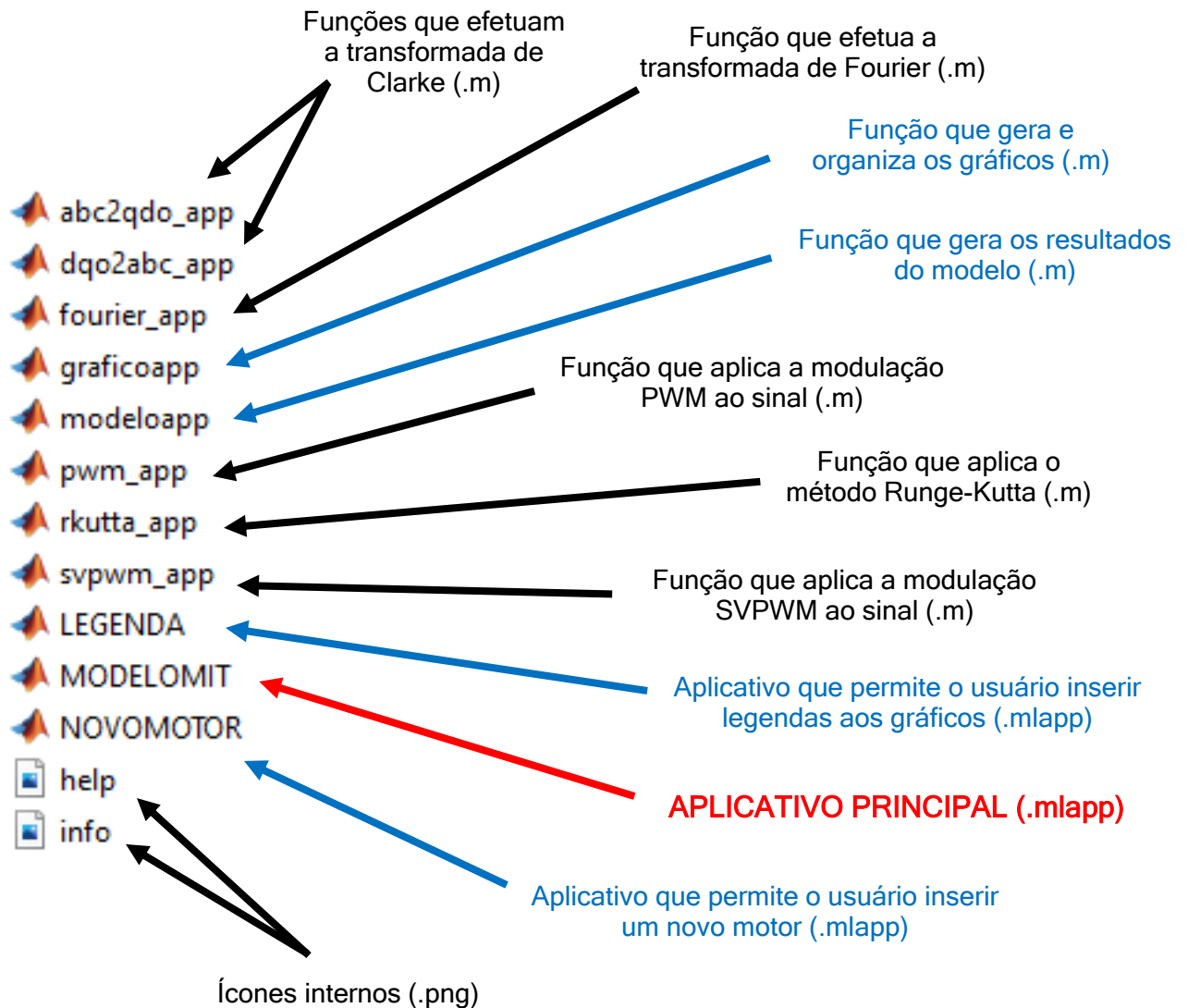
O APLICATIVO	3
OS ARQUIVOS DO APLICATIVO	4
A INTERFACE	5
AS FUNCIONALIDADES DO APLICATIVO	5
ÍCONES DE AJUDA	5
BARRAS INFORMATIVAS	6
SELEÇÃO DO MOTOR	6
SELEÇÃO DE CARGA	8
SELEÇÃO DE ACIONAMENTO	9
OPÇÕES DE SIMULAÇÃO	9
AÇÕES DO APLICATIVO	9
GERAÇÃO DE GRÁFICOS	12
REFERÊNCIAS	13

## O APLICATIVO

O aplicativo Simula.MIT é um arquivo executável .mlapp, desenvolvido na ferramenta App Design e compatível com MATLAB. Através de uma interface simples e amigável, tem o objetivo de facilitar a análise e a geração de dados que modelam o comportamento dinâmico do motor de indução trifásico escolhido pelo usuário.

Possui ferramentas gráficas, possibilita a configuração de motores, disponibiliza opções de acionamento e inserção de carga, além de conter um sistema de arquivamento e restauração de dados em formato csv.

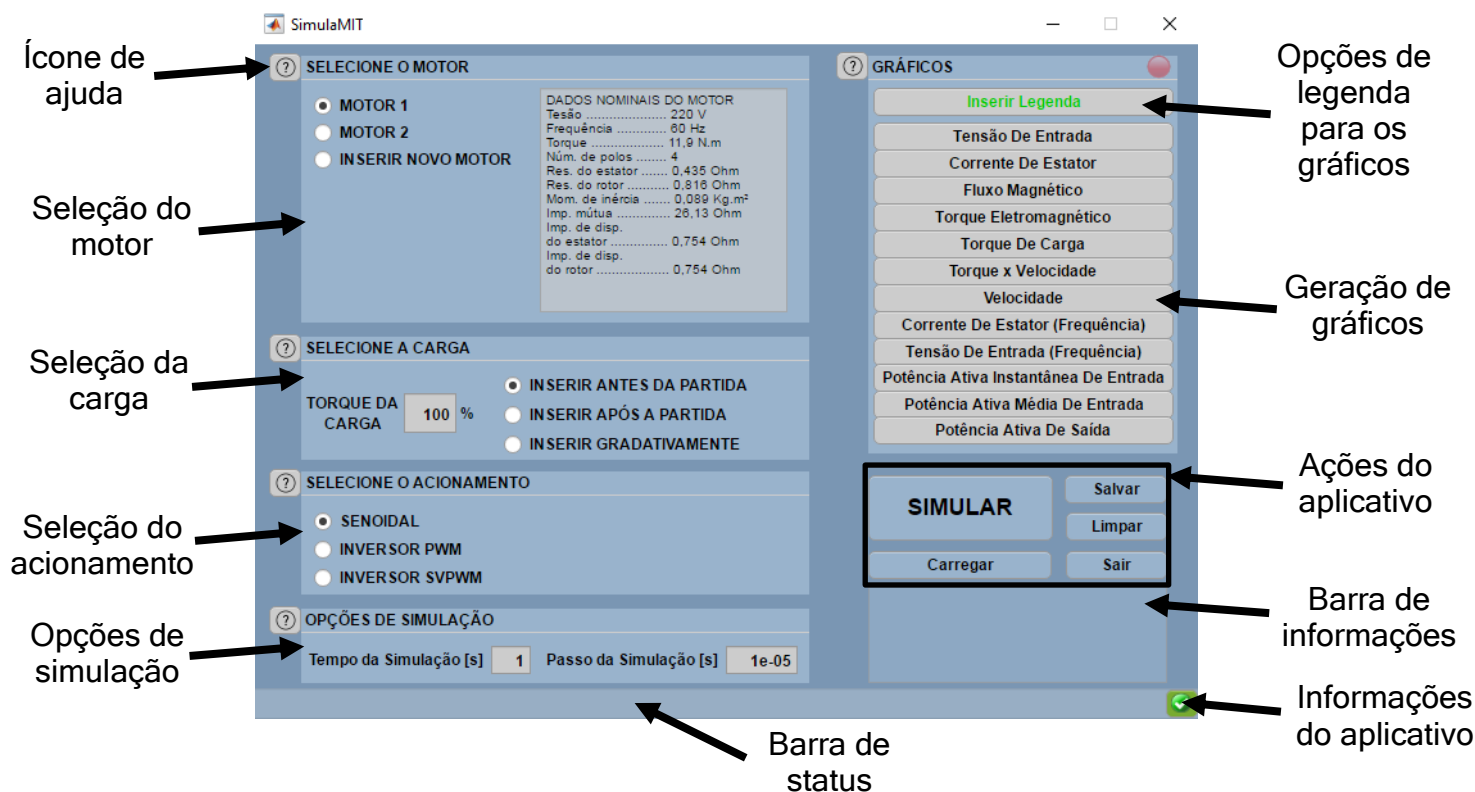
# OS ARQUIVOS DO APLICATIVO



- A seta em vermelho, indica o aplicativo principal, **para utilizar o programa, este arquivo deve ser executado.**

- As setas em azul, indicam códigos secundários, que estão diretamente ligados ao algoritmo do executável principal.
- As setas em preto indicam arquivos que auxiliam a execução do programa principal ou de funções ligadas à ele.

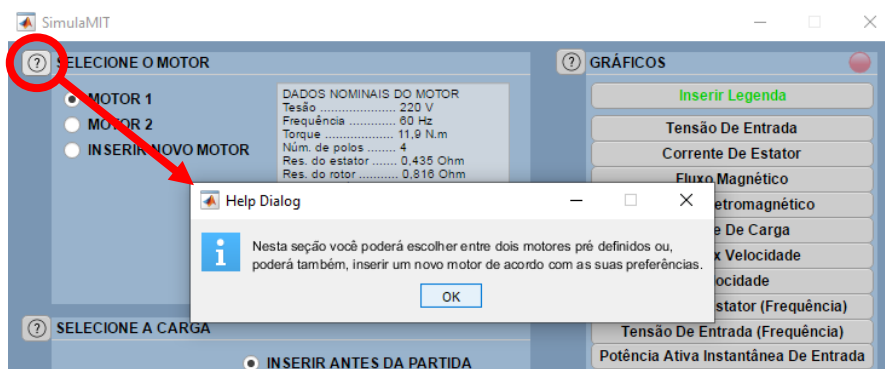
## A INTERFACE



## AS FUNCIONALIDADES DO APLICATIVO

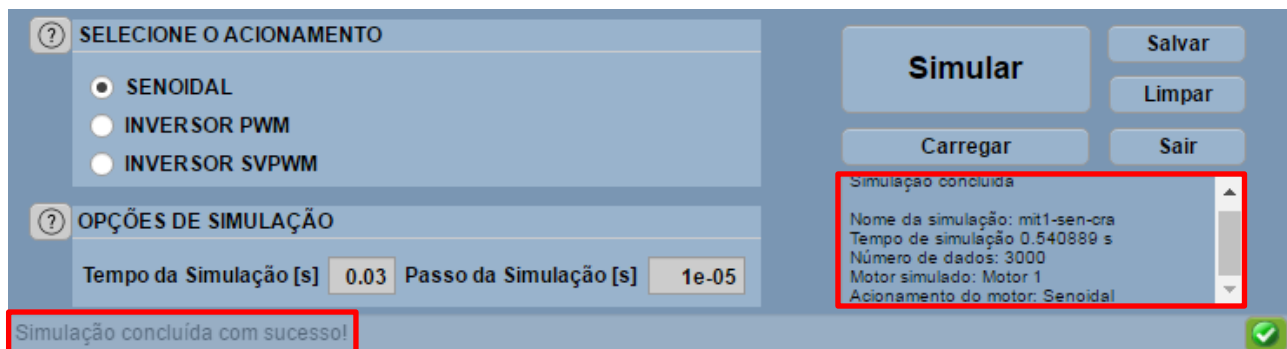
### ÍCONES DE AJUDA

Os ícones de ajuda abrem caixas pop-us informativas que oferecem, ao usuário, um resumo sobre a função ou seção desejada.



## BARRAS INFORMATIVAS

- Barra de status: informa ações em execução ou concluídas pelo aplicativo.
- Barra de informações: informa sobre os dados que estão carregados no aplicativo (dados do motor, nome do arquivo, número de dados, etc.).



## SELEÇÃO DO MOTOR

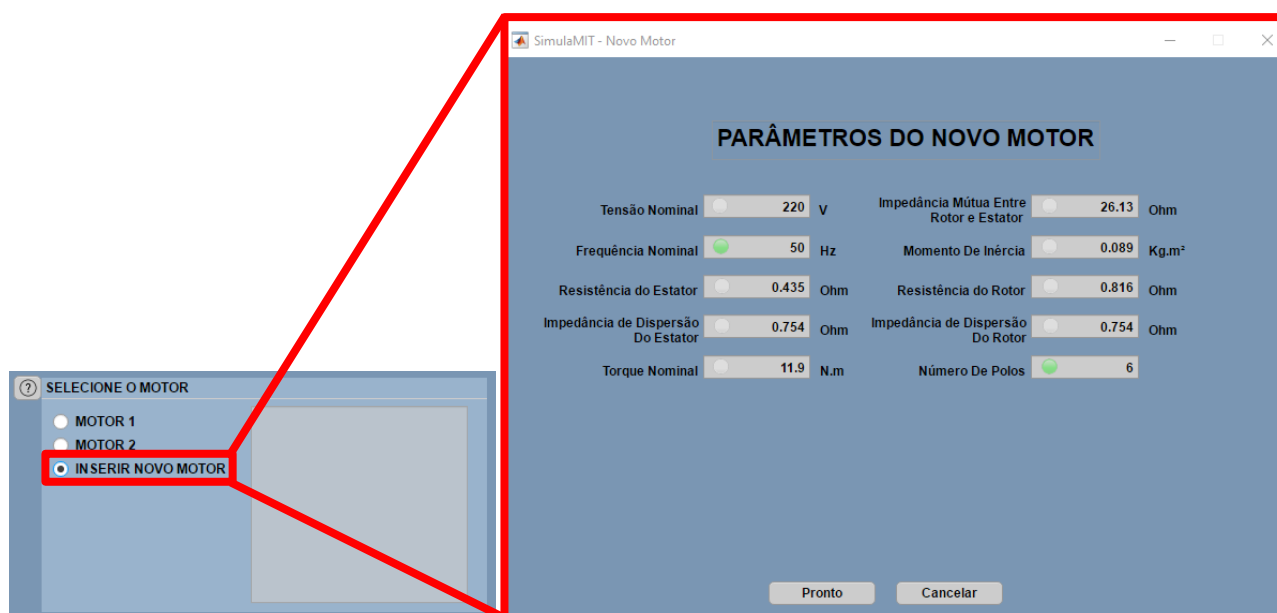
O SimulaMIT permite que o usuário simule o comportamento dinâmico de máquinas de indução. Para executar o algoritmo, necessita-se conhecer as 10 características nominais do motor listadas abaixo:

- Tensão nominal de linha de entrada, em Volts [V].
- Frequência nominal, em Hertz [Hz].
- Resistência do estator e do rotor, em Ohms [ $\Omega$ ].
- Impedância de dispersão do estator e do rotor, em Ohm [ $\Omega$ ].
- Impedância mútua entre os enrolamentos do estator e do rotor, em Ohm [ $\Omega$ ].
- Momento de inércia, em quilograma metro ao quadrado [ $\text{Kg.m}^2$ ].
- Torque nominal, em Newton metro [N.m].
- Número de polos.

O aplicativo fornece dois motores pré-definidos, que foram retirados do livro “*Analysis of Eletric Machinery and Drive Systems*” [1] e possuem os seguintes parâmetros:

Parâmetros	Motor 1	Motor 2
Tensão nominal [V]	220	2300
Frequência nominal [Hz]	60	60
Resistência do estator [ $\Omega$ ]	0,435	0,262
Resistência do rotor [ $\Omega$ ]	0,816	0,187
Impedância de dispersão do estator [ $\Omega$ ]	0,754	1,206
Impedância de dispersão do rotor [ $\Omega$ ]	0,754	1,206
Momento de inércia [ $\text{kg.m}^2$ ]	0,089	11,06
Torque nominal [N.m]	11,9	1980
Impedância mútua [ $\Omega$ ]	26,13	54,02
Número de polos	4	4

Também, existe a opção de configurar um novo motor, para isso, o usuário deverá selecionar a caixa “INSERIR NOVO MOTOR”. Feito isso, uma nova aba contendo, por padrão, as características do Motor 1, irá se abrir. Desta forma, os parâmetros da máquina poderão ser modificados de acordo com a necessidade da simulação.



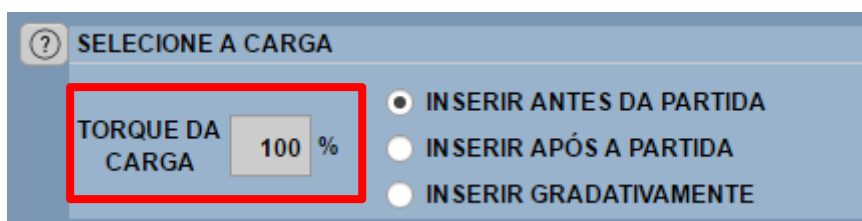
**Obs:** Note que, quando um parâmetro é alterado, uma ícone verde se ascende, sinalizando quais dados foram alterados.

## SELEÇÃO DE CARGA

O aplicativo disponibiliza duas funções para inserir carga ao motor:

- A primeira função, permite que o usuário insira a porcentagem de torque nominal que o motor irá receber em seu eixo:

**Ex:** Se o torque nominal é de 100 N.m e o usuário selecionou 80%, a carga conectada ao motor terá um torque de 80 N.m.

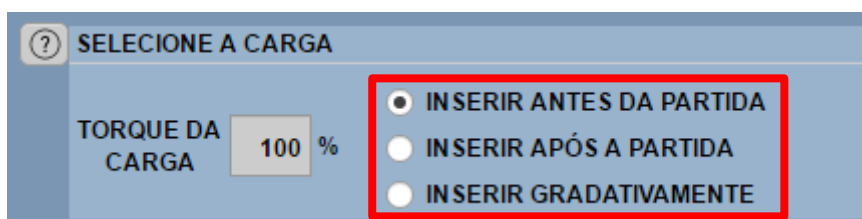


SELECIONE A CARGA

TORQUE DA CARGA 100 %

☒ INSERIR ANTES DA PARTIDA  
☐ INSERIR APÓS A PARTIDA  
☐ INSERIR GRADATIVAMENTE

- A segunda função, irá configurar como e quando esta carga será adiciona ao longo da simulação, sendo possível, escolher entre três de opções:
  - 1) Antes da partida: o motor iniciará a simulação com o total da carga escolhida pelo usuário, e continuará com a mesma até o final.
  - 2) Após a partida: o motor iniciará a simulação a vazio e na metade da simulação, 100% da carga escolhida pelo usuário será adicionada ao seu eixo.
  - 3) Gradativamente: o motor iniciará a simulação a vazio, no primeiro terço de simulação, 50% da carga escolhida pelo usuário será adicionada e, no segundo terço, os outros 50% serão inseridos.



SELECIONE A CARGA

TORQUE DA CARGA 100 %

☒ INSERIR ANTES DA PARTIDA  
☐ INSERIR APÓS A PARTIDA  
☐ INSERIR GRADATIVAMENTE



## SELEÇÃO DE ACIONAMENTO

O acionamento do motor simulado pode ocorrer de três formas:

- 1) Senoidal: Alimentação trifásica equilibrada puramente senoidal. Simula condições ideais de uma alimentação feita de forma direta, ou seja, o motor conectado diretamente à rede elétrica.
- 2) Inversor PWM: Alimentação trifásica feita por um inversor de frequência com modulação por largura de pulso (*PWM - Pulse Width Modulation*), operando com uma frequência de comutação de 2500 Hz.
- 3) Inversor SVPWM: Alimentação trifásica feita por um inversor de frequência com modulação por largura de pulso através de vetores espaciais (*SVPWM - Spacial Vector Pulse Width Modulation*), operando a uma frequência de comutação de 2500 Hz.

## OPÇÕES DE SIMULAÇÃO

Nesta seção, o usuário poderá escolher o tempo máximo de simulação e o “passo” de simulação. Sendo “passo” definido como o menor espaço de tempo entre dois pontos de amostragem. Este parâmetro ditará quantos dados o aplicativo irá gerar, bem como a resolução amostral do sinal prosuzido.

**Obs:** O usuário deve evitar escolher um tempo máximo maior que 10 segundos e um passo menor que  $10^{-6}$  segundos. Quanto maior o tempo de simulação e menor o “passo”, mais dados gerados e melhor a resolução do sinal, entretanto, maior a demanda computacional, podendo levar o programa à falha.

## AÇÕES DO APLICATIVO

Esta seção é o centro de comandos principal do aplicativo. Nela, o usuário executará as principais funções do programa, sendo divididas em duas categorias: adição de dados e ações internas.

## 1) Adição de dados: funções que irão inserir dados ao programa

- a. Simular: esta função irá executar a simulação do modelo dinâmico do motor tomando como parâmetro as seleções feitas pelo usuário e, ao final, irá carregar automaticamente os dados para o aplicativo.
- b. Carregar: esta função irá abrir uma aba de seleção de arquivos, na qual o usuário poderá selecionar um arquivo de dados em formato csv, que será carregado para o aplicativo.

**Obs:** Quando uma destas funções é executada, os dados antes carregados no aplicativo são substituídos. Ou seja, apenas uma base de dados poderá ser carregada por vez.

**Obs:** O aplicativo apenas carrega arquivos de dados gerados pelo próprio aplicativo.

## 2) Ações internas:

a. Salvar: esta função irá salvar os dados que estão carregados no aplicativo em arquivo csv, seguindo a seguinte configuração:

→ A primeira linha contém os dados do motor e o tempo gasto na simulação, dispostos da seguinte forma:

Coluna \ Linha	1
1	Tensão nominal [V]
2	Frequência nominal [A]
3	Resistência do estator [ $\Omega$ ]
4	Impedância de dispersão do estator [ $\Omega$ ]
5	Torque nominal [N.m]
6	Impedância mútua entre rotor e estator [ $\Omega$ ]
7	Momento de inércia [kg.m <sup>2</sup> ]
8	Resistência do rotor [ $\Omega$ ]
9	Impedância de dispersão do rotor [ $\Omega$ ]
10	Polos
11	Tempo gasto para simulação [s]
12 a 22	0

→ As demais linhas contém os dados do motor e da simulação, dipostos da seguinte forma:

Coluna \ Linha	2 até n +1 (sendo n o número de amostras coletadas pela simulação)
1 a 3	Tensões trifásicas (abc) [V]
4 a 6	Correntes trifásicas do estator (abc) [A]
7 a 9	Correntes trifásicas do rotor (abc) [A]
10 a 12	Fluxos magnéticos trifásicos do estator (abc) [Wb]
13 a 15	Fluxos magnéticos trifásicos do rotor (abc) [Wb]
16	Tempo [s]
17	Torque eletromagnético [N.m]
18	Torque da carga (torque aplicado no eixo) [N.m]
19	Rotação [rpm]
20	Potência ativa de saída [W]
21	Potência ativa média de entrada ao longo do tempo [W]
22	Potência ativa de entrada [W]

- Limpar: esta função irá excluir todos os dados e configurações do aplicativo.
- Sair: esta função irá fechar a aba do aplicativo.

## GERAÇÃO DE GRÁFICOS

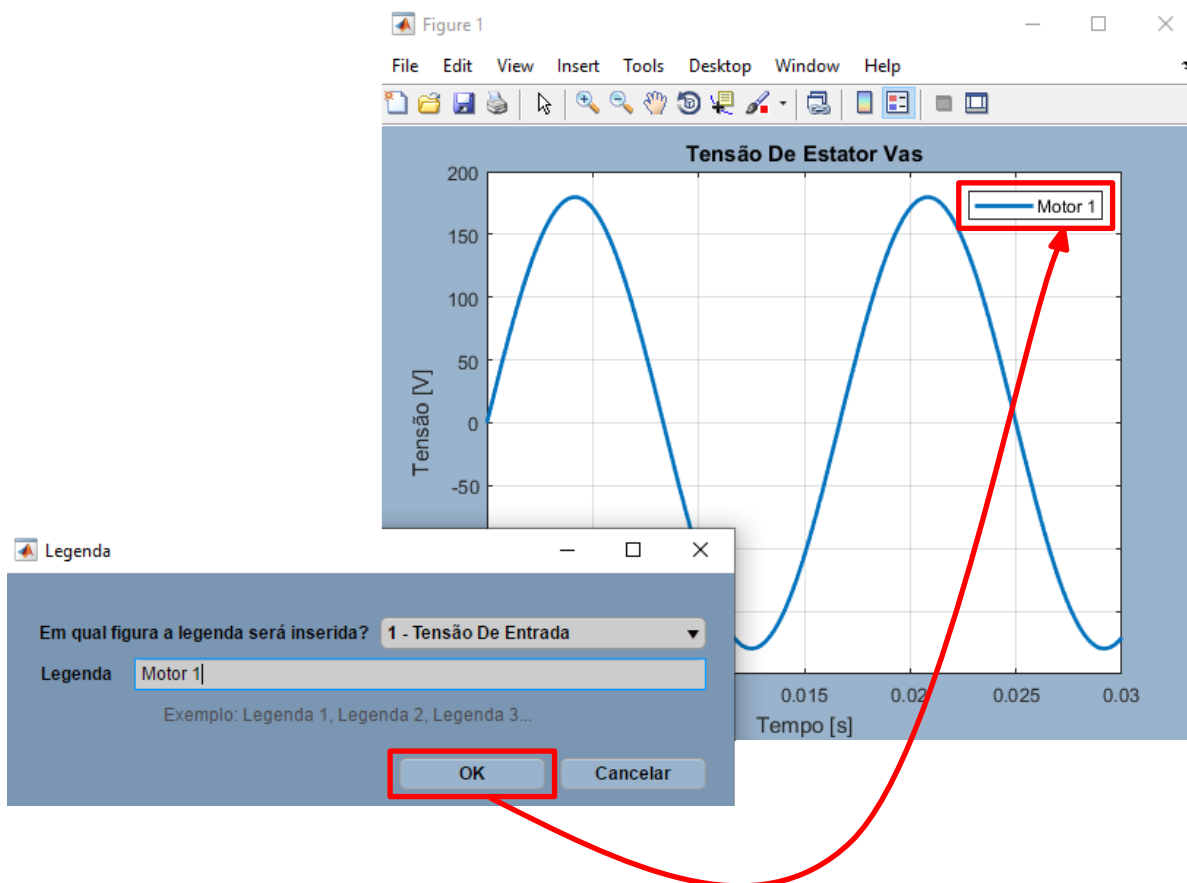
Nesta seção, o usuário poderá escolher qual gráfico deseja vizualizar. Esta função irá gerar um gráfico a partir dos dados que estão simulados ou carregados no programa, no momento da seleção.

- **Função multigráficos**

Caso o usuário queira fazer plotagens múltiplas com o intuito de comparar simulações, basta que a imagem do gráfico não seja fechada entre cada adição de dados (simulação ou resgate de dados). Através da função “hold on”, novos gráficos serão anexados aos já existentes.

- **Inserir legendas**

Ao clicar no botão “INSERIR LEGENDA”, uma aba pop-up irá se abrir. Nela, o usuário poderá escolher qual a legenda e em qual imagem deseja inserí-la.



## REFERÊNCIAS

[1] KRAUSE, Paul C., et al. *Analysis of Electric Machinery and Drive Systems*. New York: IEEE press, 2002.