

Tutorial – *Simulink* (MATLAB)

Sistemas de Controle – Prof. Thiago F. K. Cordeiro

O *Simulink* é um software incluído no MATLAB que permite a modelagem e simulação de sistemas dinâmicos lineares e não-lineares, contínuos, discretos e híbridos. A modelagem é feita de forma gráfica e bastante intuitiva.

Ao abrir o MATLAB, digita-se *simulink* para abrir a ferramenta.

```
>> simulink
```

Ao digitar o comando, abrirá uma janela com a biblioteca de blocos disponíveis na ferramenta. A Figura 1.1 mostra essa janela:

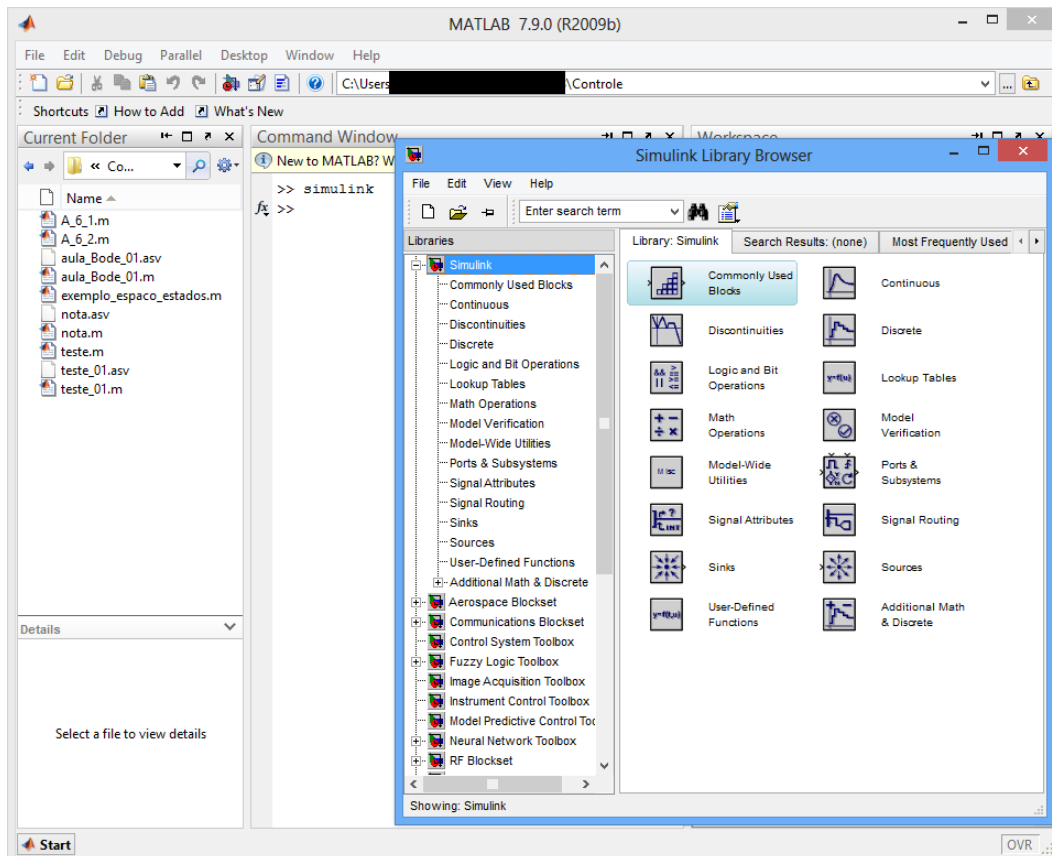


Figura 1.1 – Biblioteca de blocos do *Simulink*.

Deve-se então criar um modelo novo (ou abrir um pré-existente). Para criar um modelo novo, basta escolher a folha em branco na barra de ferramentas ou então escolher File→New→Model. Uma janela em branco será aberta, conforme mostrado na Figura 1.2.

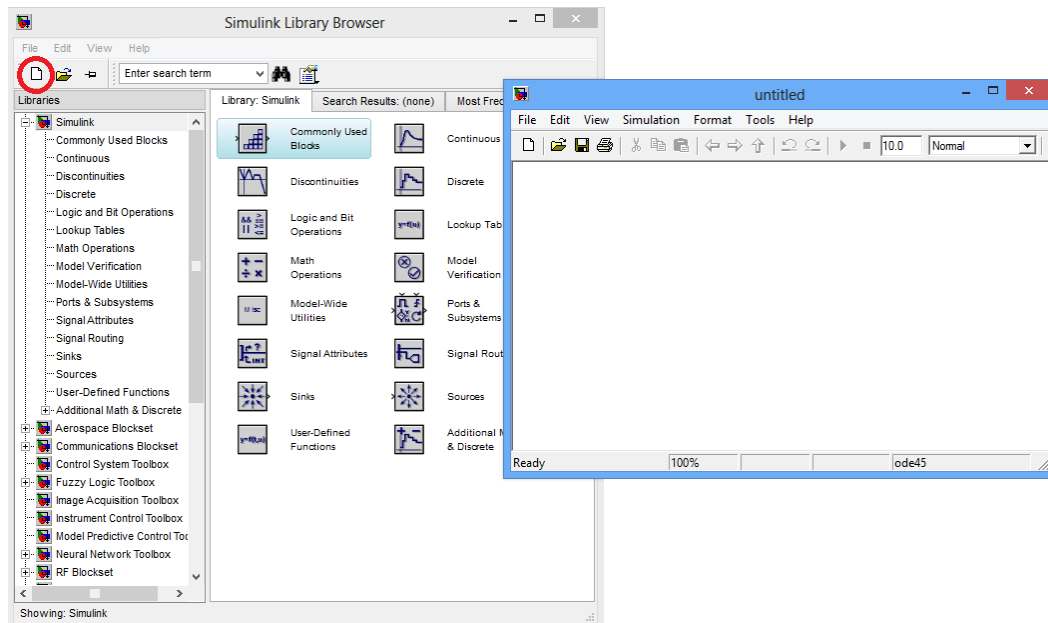


Figura 1.2 – Novo modelo *Simulink*.

Com a biblioteca e a janela do novo modelo abertos, é possível arrastar alguns blocos para o modelo. Como exemplo, serão escolhidos alguns blocos da categoria *Commonly Used Blocks*. Clica-se em *Commonly Used Blocks* (seja na lista à esquerda ou no ícone à direita) para se ter acesso a esses blocos.

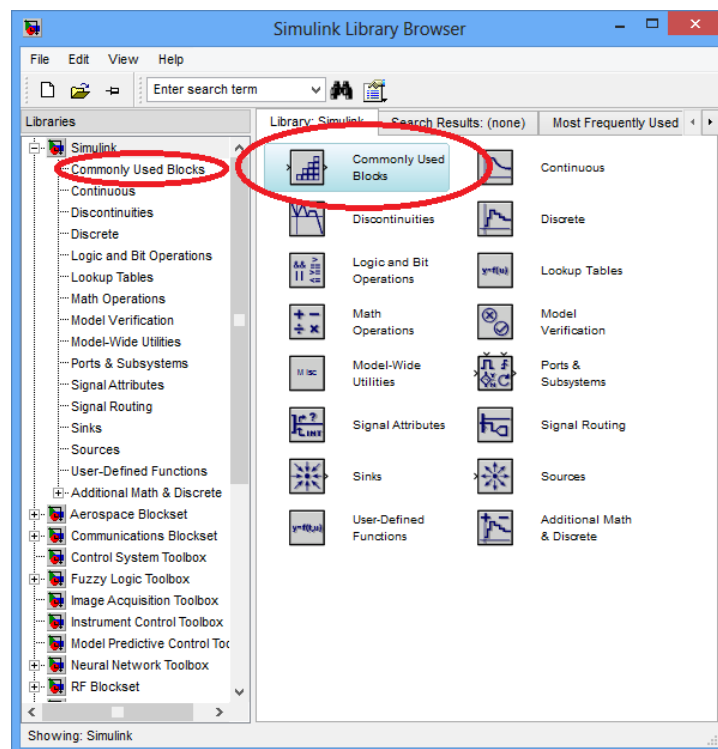


Figura 1.3 – Escolhendo a categoria *Commonly Used Blocks*.

Arrastam-se então, como exemplo, os blocos *Constant*, *Sum*, *Integrator* e *Scope* da biblioteca para o modelo. A Figura 1.4 mostra o resultado. Ao seguir este tutorial, recomenda-se manter aproximadamente a mesma disposição dos blocos.

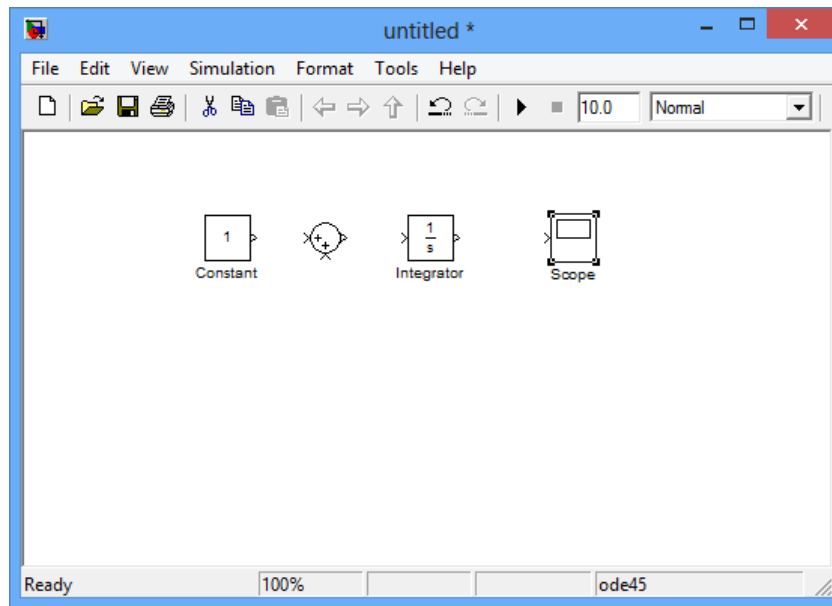


Figura 1.4 – Alguns blocos arrastados para o modelo.

Pode-se ligar então os blocos. Deseja-se ligar os blocos de forma que formem um modelo matemático de um sistema realimentado, com o bloco *Constant* funcionando como entrada, o *Integrator* como sistema em malha aberta, o *Scope* como saída e o *Sum* como forma de realimentar o sistema. Para ligar os blocos, basta clicar e segurar o botão na saída de um bloco e arrastar até a entrada do próximo. Para efetuar a realimentação, inicia-se na entrada do somador, e arrasta-se criando partes do trajeto. As Figuras 1.5 e 1.6 ilustram as ligações e a Figura 1.7 ilustra o resultado final.

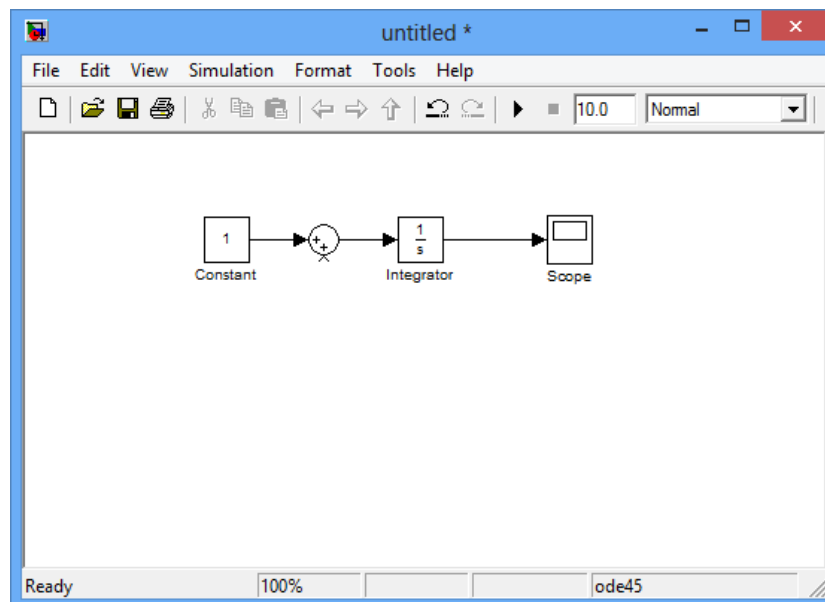


Figura 1.5 – Conexão parcial dos blocos.

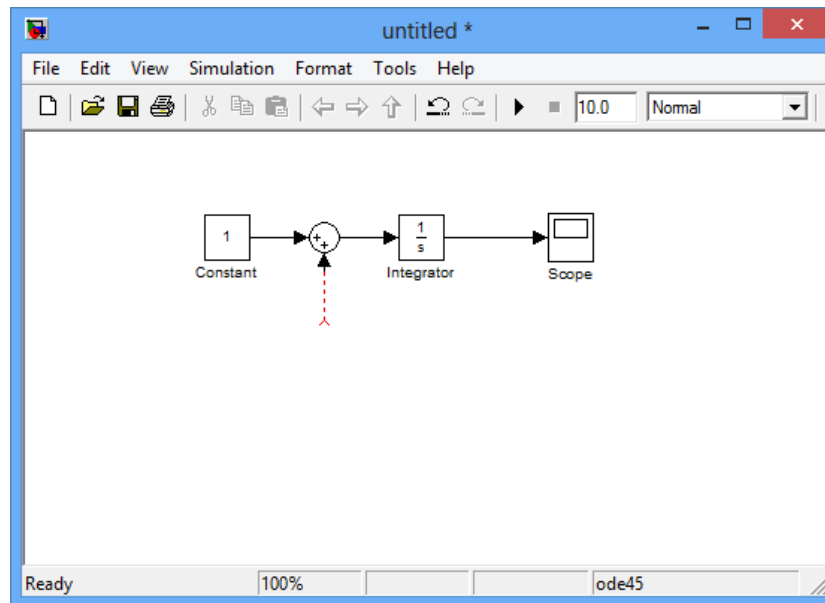


Figura 1.6 – Conexão parcial dos blocos.

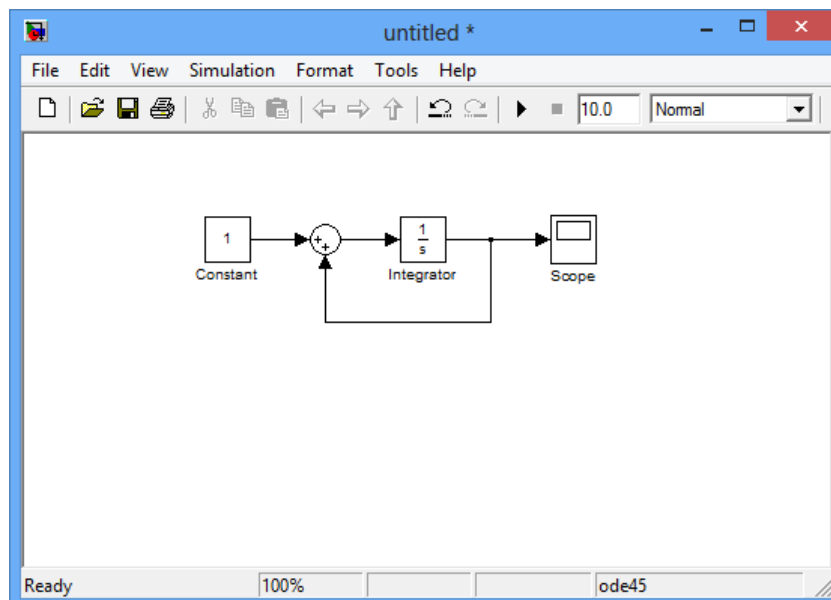


Figura 1.7 – Blocos conectados.

Ao analisar a construção do modelo matemático, percebe-se que o sistema está em realimentação positiva, enquanto que o usual é utilizar realimentação negativa. Para mudar para realimentação negativa, clica-se duas vezes sobre o somador. Isso fará abrir uma janela de configuração do bloco (Figura 1.8). No campo *List of signs*, deve-se mudar de “|++” para “|+-” (Figura 1.9). Nas configurações do bloco somador, o caractere “|” é um espaço em branco (sem entrada), o elemento “+” gera uma entrada somadora e o caractere “-” gera uma entrada cujo valor é subtraído (sugestão: retire temporariamente o caractere “|” e/ou adicione caracteres “+” e “-” para verificar como varia o formato do somador. Não se esqueça de retornar para a configuração sugerida, “|+-”).

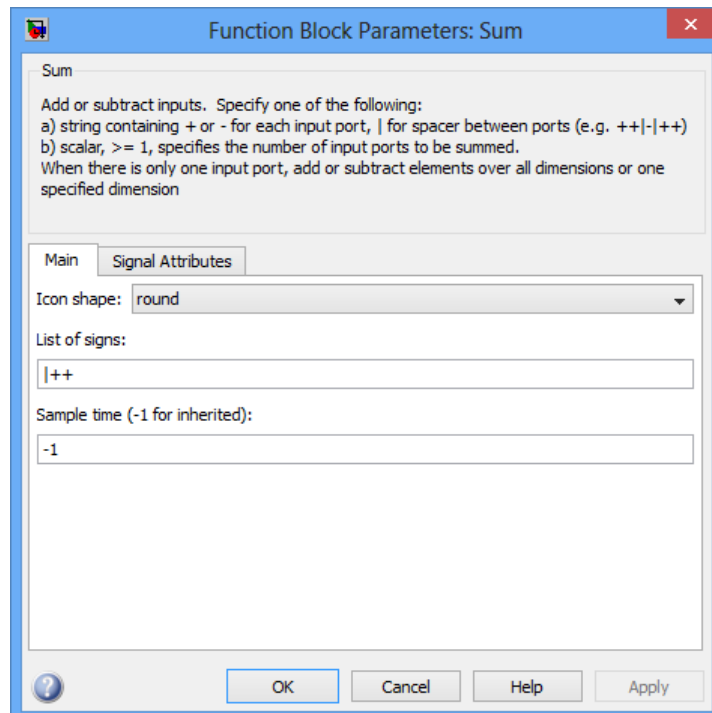


Figura 1.8 – Configurações do bloco somador.

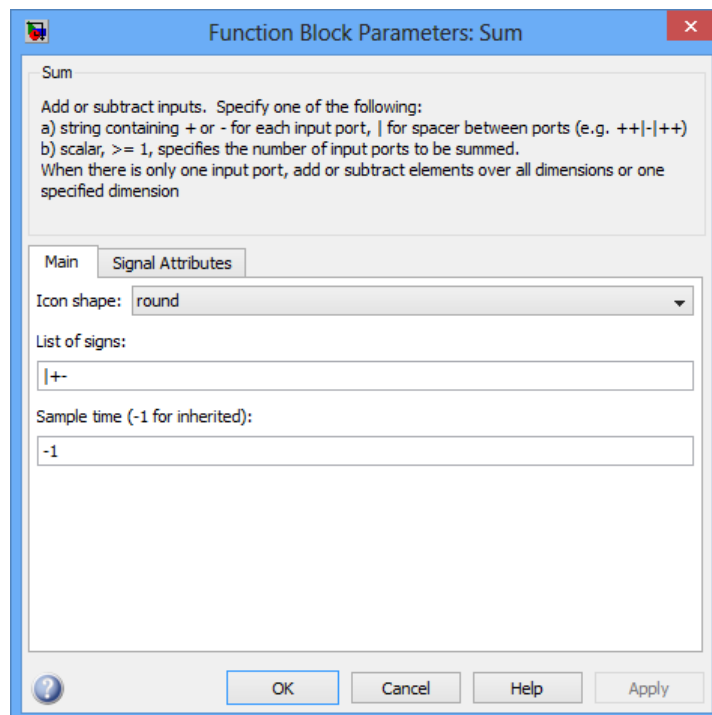


Figura 1.9 – Bloco somador reconfigurado para realimentação negativa.

O resultado é mostrado na Figura 1.10. Com o sistema completo, pode-se simular o sistema, clicando no botão play (destacado na Figura 1.10).

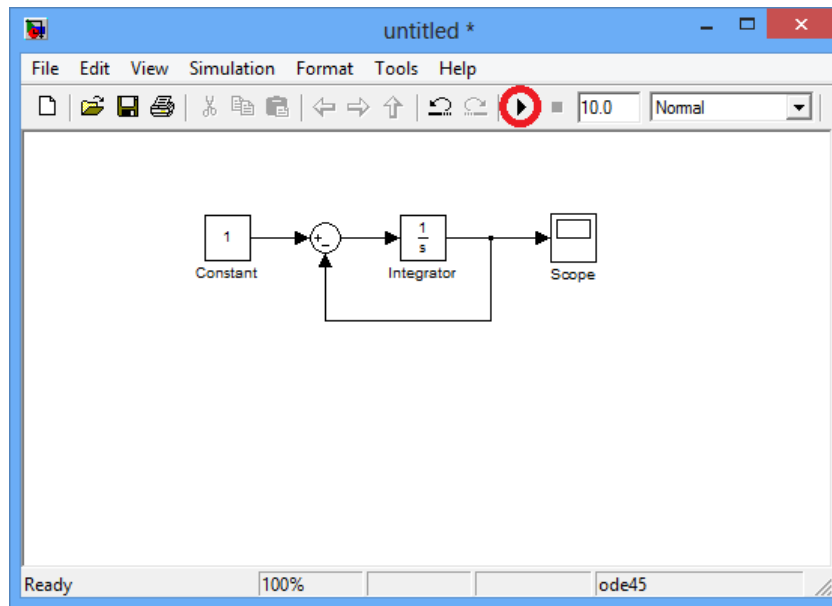


Figura 1.10 – Sistema com realimentação negativa e botão para início da simulação.

Ao terminar a simulação (como o sistema é bastante simples, a simulação será concluída quase que instantaneamente), clique 2x sobre o *Scope* para ver o resultado. Será obtido o resultado mostrado na Figura 1.11. Em simulações longas (ou com elementos em tempo real, como sensores ou interface com hardware), pode-se abrir o *Scope* e verificar o resultado sendo plotado em tempo real.

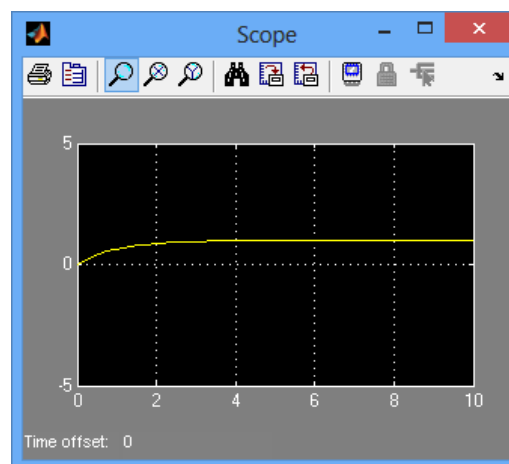


Figura 1.11 – Resultado obtido pelo bloco *Scope*.

Clicando no binóculo, a escala do gráfico será ajustada para um valor mais adequado, conforme mostra a Figura 1.12.

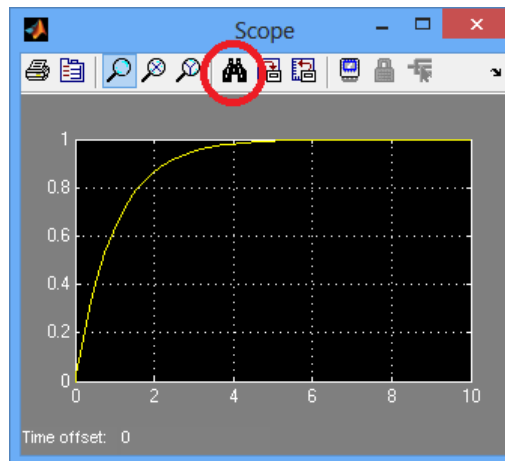


Figura 1.12 – Gráfico após comando *Autoscale*.

Pode-se salvar o projeto clicando no ícone em forma de disquete, conforme ilustra a Figura 1.13.

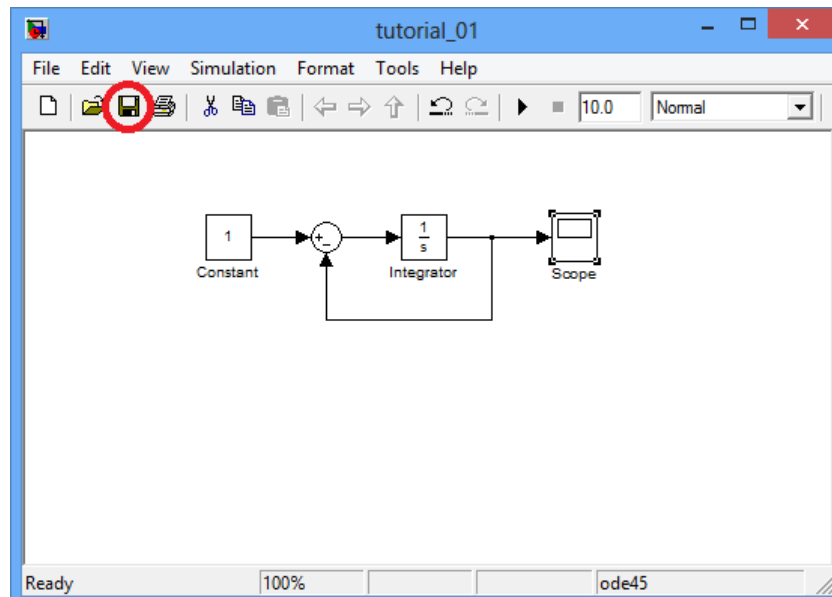


Figura 1.13 – Salvando um modelo *Simulink*.

Pode-se querer plotar não apenas a saída, mas também a entrada do sistema. A forma mais simples é utilizando um segundo *Scope*, conforme mostrado na Figura 1.14. Essa abordagem, entretanto, gera dois gráficos distintos, o que pode dificultar a análise.

Uma alternativa é configurar o *Scope* para receber duas entradas, conforme mostra a Figura 1.15. Abre-se o gráfico gerado pelo *Scope*, clica-se no segundo ícone e, então, muda-se o campo *Number of axes* para 2. Deve-se então ligar a entrada na porta recém criada. O resultado, dois gráficos em uma única janela, é mostrado na Figura 1.16.

Outra alternativa é usar o bloco *Mux*, que se encontra em *Commonly Used Blocks*. Esse bloco une dois ou mais sinais em um. O *Scope*, ao receber os sinais unidos, plota todos eles em um único gráfico, conforme é ilustrado na Figura 1.17.

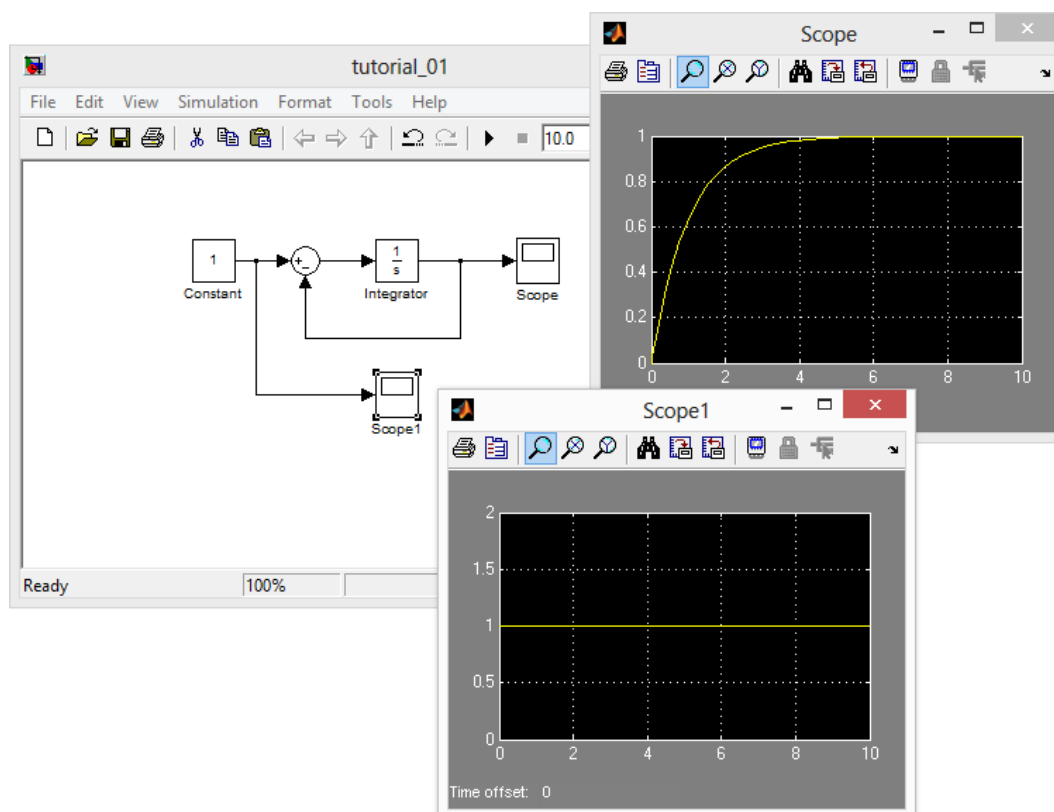


Figura 1.14 – Dois blocos *Scope*, gerando dois gráficos.

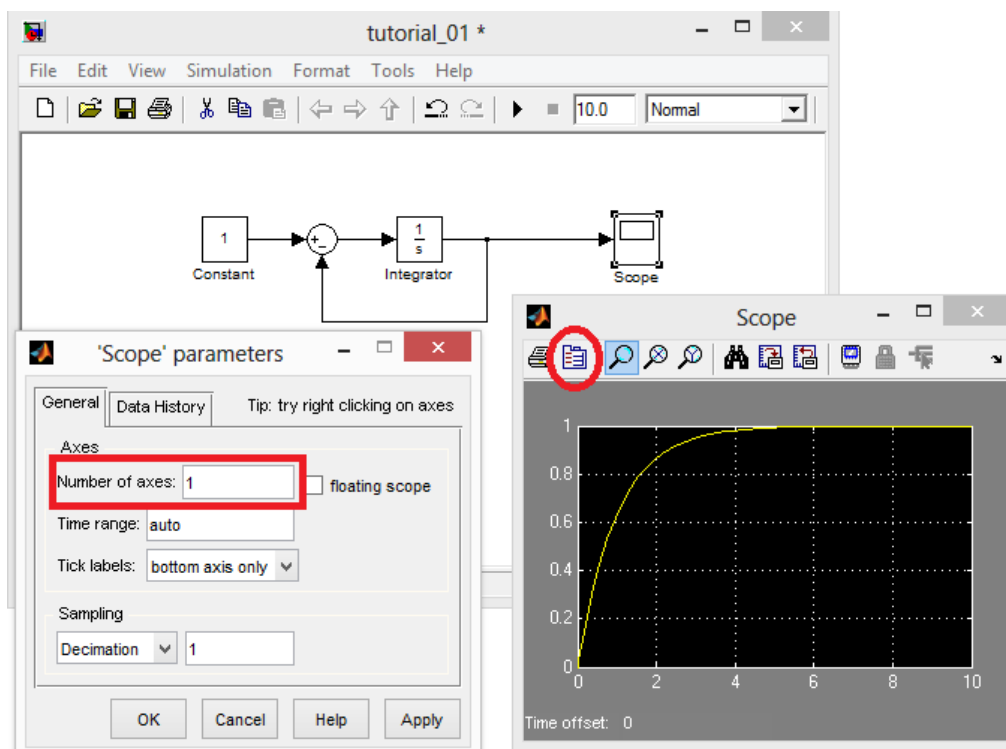


Figura 1.15 – Alterando configurações do bloco *Scope* para criar uma segunda entrada de dados.

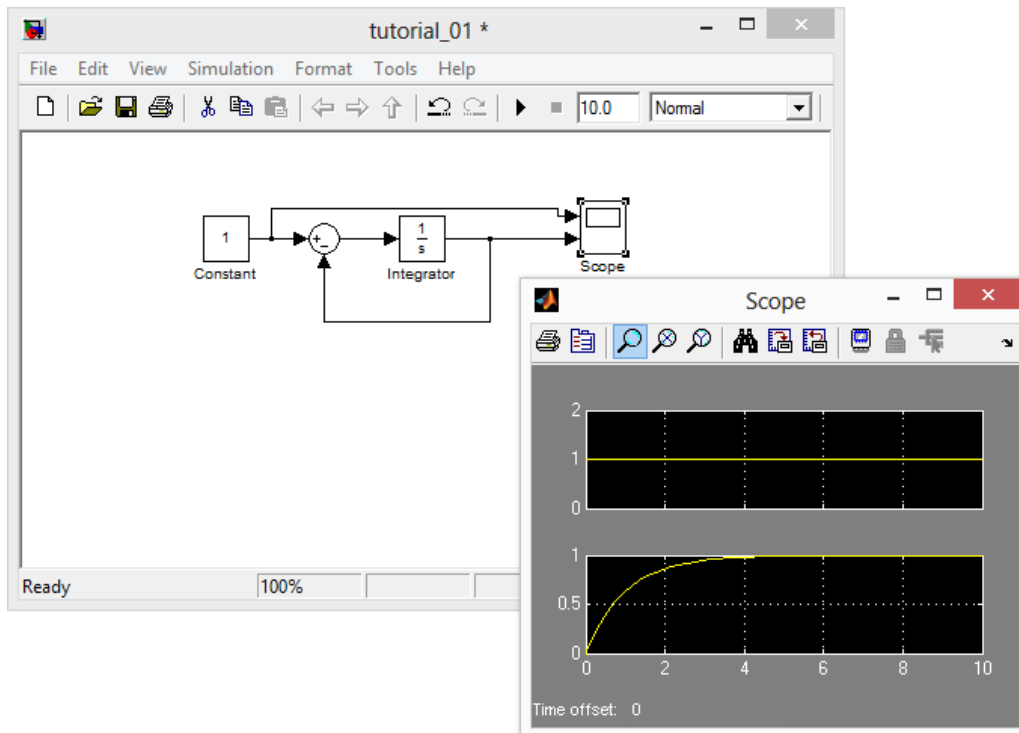


Figura 1.16 – Scope com duas entradas.

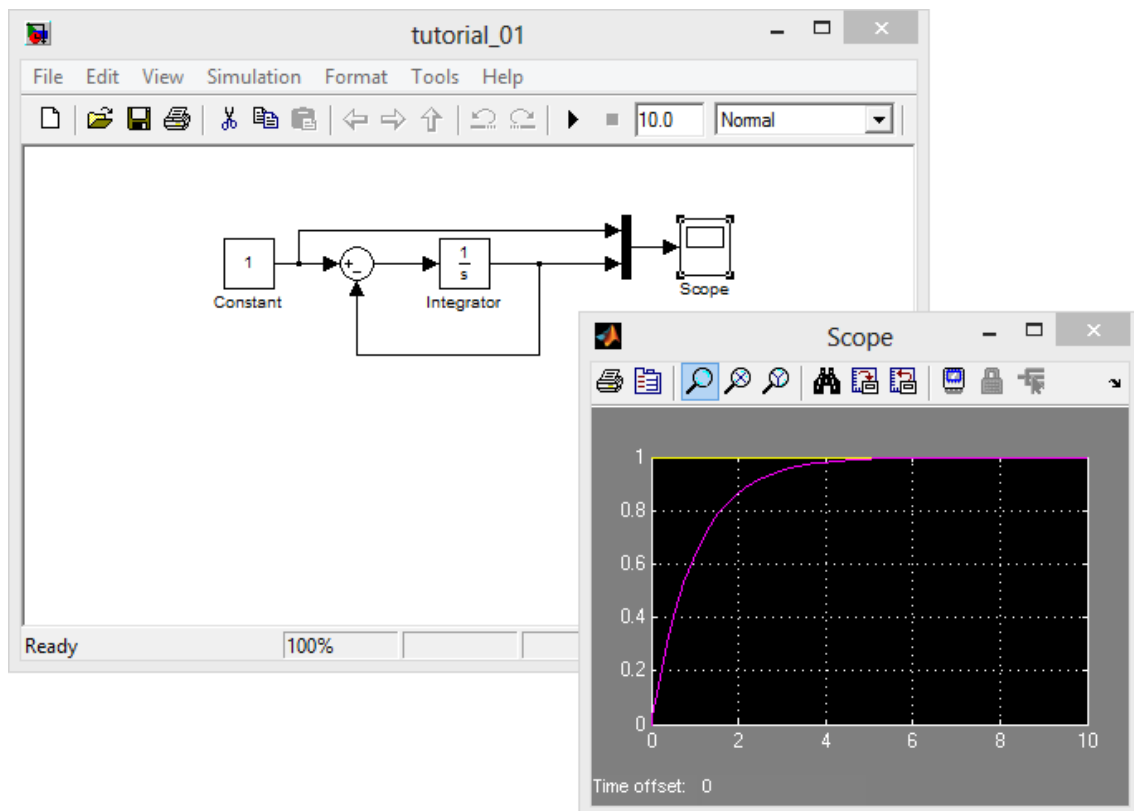


Figura 1.17 – Bloco *Mux* permite que os dois sinais sejam plotados de forma sobreposta.

A maioria dos blocos possui algum tipo de configuração. Para acessar essas configurações, basta clicar com o botão direito e escolher *Nome_do_bloco Parameters...* Por exemplo, o bloco *Constant* pode ter seu valor alterado de 1 para 5. O *Mux* pode ser alterado para conter 3 portas de entrada (e, com isso, poderemos plotar também o erro entre entrada e saída, por exemplo).

O bloco *Integrator* pode ter sua condição inicial (ou seja, seu valor de saída para $t = 0$) alterado para 2.5.

Além dessas mudanças, podemos mudar o tempo de simulação de 10.0 segundos para 5.0 segundos. Para isso, basta mudar o valor numérico ao lado do ícone *Stop*. A Figura 1.18 ilustra o resultado de todas essas mudanças.

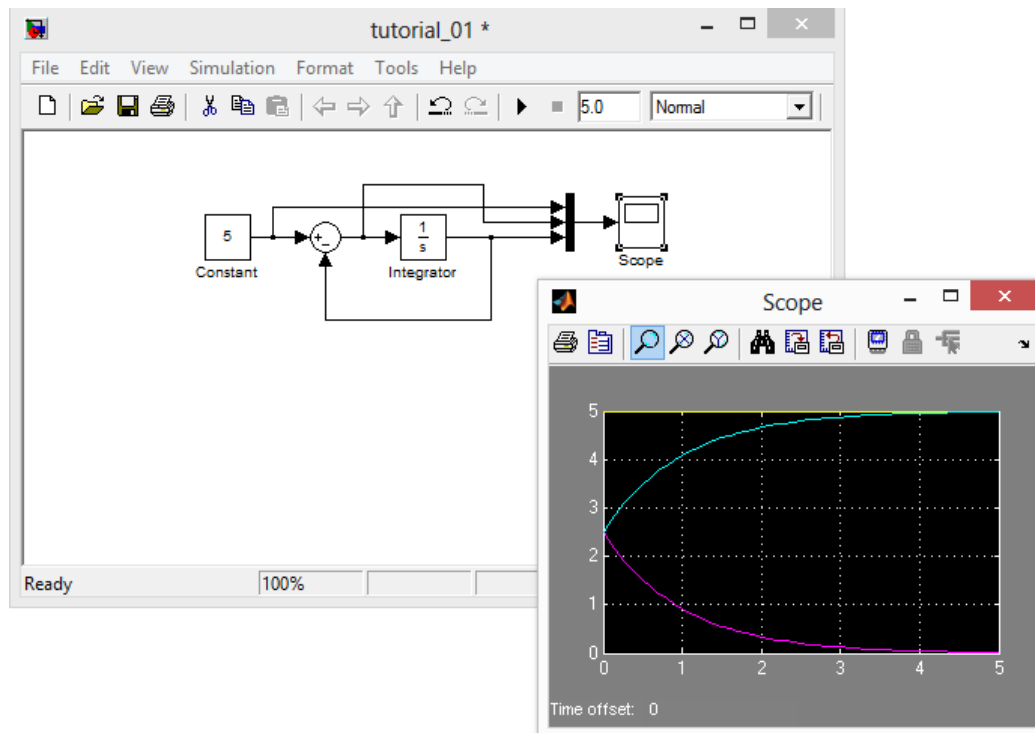


Figura 1.18 – Blocos e simulação com parâmetros mudados. No gráfico, em amarelo a entrada degrau, em azul a saída e em roxo o erro. Perceba que, devido à condição inicial, a saída já é iniciada em 2,5.

Analisando o Library Browser, podemos ver outros conjuntos que contenham blocos interessantes no estudo de sistemas de controle.

Por exemplo, na categoria *Continuous*, encontramos os blocos *Transfer Fcn* e *Zero-Pole*. É importante destacar que esses blocos já possuem uma função de transferência “sugerida”, mas que pode ser facilmente mudada através das propriedades de cada um dos blocos.

Na categoria *Sources* (fontes), encontramos blocos como:

- Band-Limited White Noise: ruído branco com frequência limitada. É um ruído que possui componentes desde a frequência nula até a frequência escolhida. É um ruído mais realista que o ruído branco comum (o ruído branco verdadeiro possui energia infinita, o que é impossível no mundo real). Além disso, o ruído branco comum não pode ser integrado corretamente em uma simulação numérica no *Simulink*.
- Step: entrada degrau. Possui mais configurações que o bloco Constant, além de ser mais apropriado. Por exemplo, na simulação do tutorial, não é intuitivo que o bloco constante está funcionando como uma entrada degrau. Ele foi escolhido apenas porque estava no conjunto de blocos mais usados.
- Ramp: entrada rampa.
- Sine wave: entrada senoidal.

Em *Math Operations*, também existem blocos úteis, como o bloco *Gain* (multiplica o sinal por uma constante, e é adequado para representar o ganho de um sistema).

É importante verificar que existem outros conjuntos de blocos para *Simulink* com uso mais específico, como blocos para simulação de sistemas aeroespaciais, lógica fuzzy ou redes neurais artificiais.