

Capítulo 2 – Conhecendo o SIMULINK

2.1 - Acessando o SIMULINK

Para acessar o SIMULINK deve-se primeiro abrir o MATLAB, pois apesar de ser uma aplicação específica, este não trabalha independente e utiliza suas ferramentas de cálculo.

A partir do Windows 95/98, deve-se clicar duas vezes no ícone do MATLAB. Aberto o programa deve-se então clicar no ícone “Start Simulink” na barra de ferramentas do MATLAB ou digitar “simulink” na linha de comando e pressionar enter logo em seguida, como mostrado a seguir:

>> simulink <enter>

2.2 - Construindo um Modelo Simples

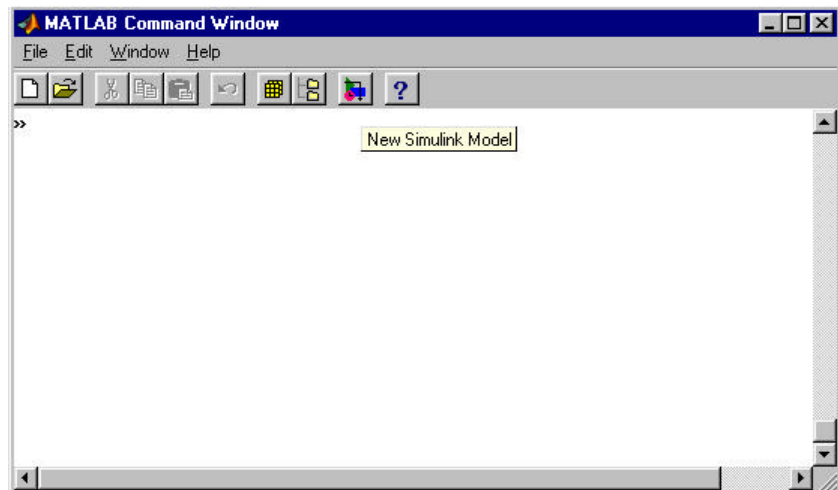
Exemplificando a utilização do SIMULINK, temos um modelo a criar. Este deve resolver a equação diferencial:

$$\dot{x} = \text{sen}(t) ,$$

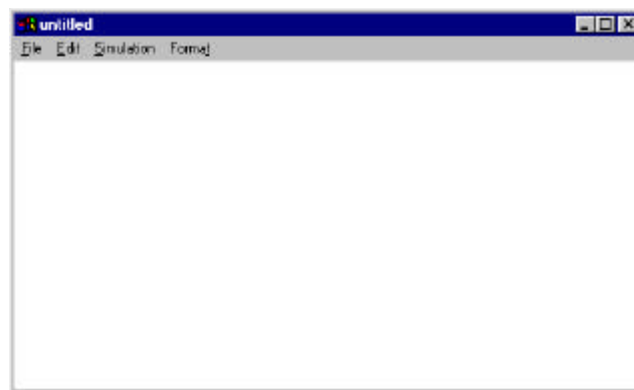
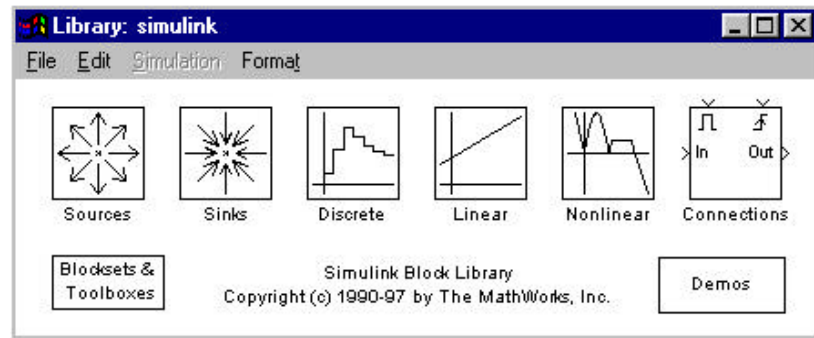
onde $x(0) = 0$.

Sendo o SIMULINK uma extensão do MATLAB, este deve então ser carregado a partir do MATLAB. Inicie o SIMULINK clicando no seu ícone na barra de ferramentas do MATLAB, como mostrado na figura :

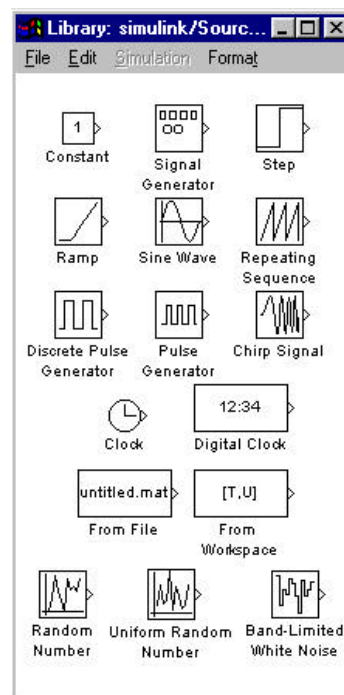
- (1) Todos os comandos do MATLAB são em letras minúsculas.
- (2) O MATLAB é sensível ao tipo de fonte (maiúsculo ou minúsculo). Por exemplo: a variável x é diferente à variável X .



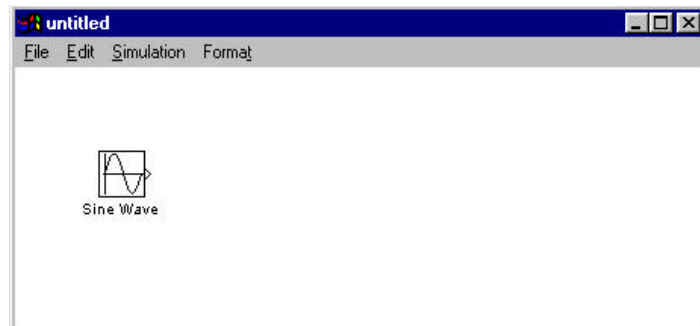
Duas janelas se abrirão na tela. A primeira janela é a biblioteca de blocos do SIMULINK mostrado na figura. A segunda é uma janela em branco para construção do modelo, nomeada untitled até que seja salvo com outro nome.



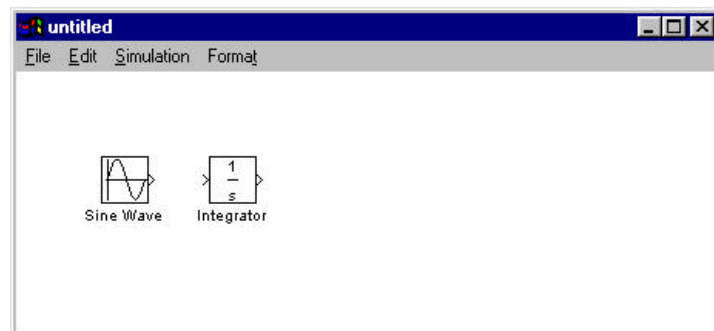
Dê um click duplo no ícone Sources na janela de bibliotecas do SIMULINK.



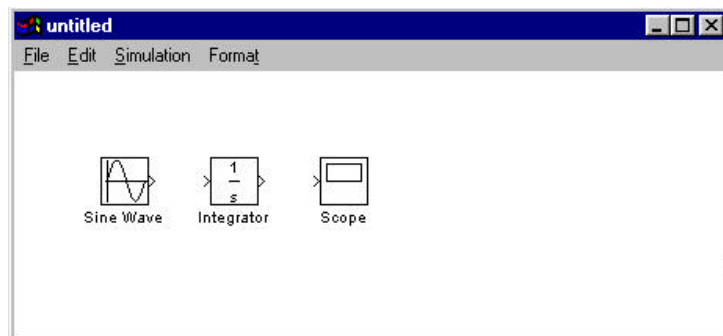
Arraste o bloco de onda senoidal (Sine Wave) para a janela do modelo. Uma cópia deste bloco deve ser criada nesta janela.



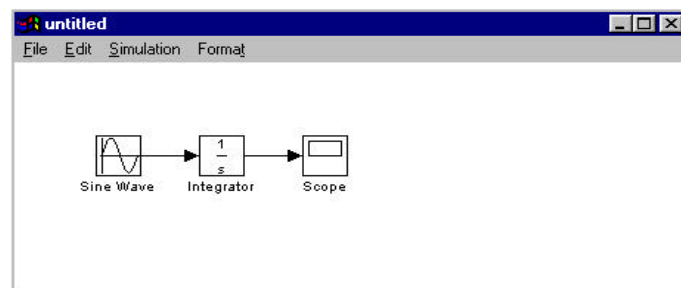
Abra a biblioteca de blocos lineares e arraste um bloco integrador (Integrator) para a janela do modelo.



Abra a biblioteca dispositivos de saída (Sinks) e arraste um SCOPE para a janela do modelo em construção.

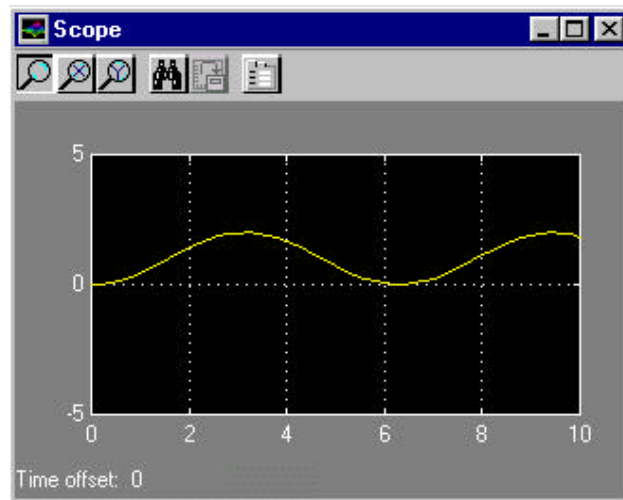


A seguir, conecte os blocos para completar o modelo como na figura a seguir:



Dê um duplo click no bloco SCOPE e na barra de menu do SIMULINK clique **SIMULATION:START**. A simulação será executada, resultando no gráfico gerado no bloco SCOPE, mostrado a seguir:

Obs.: A integral é definida entre t_0 e t_f . Para $t_0 = 0$, $\cos(t)=1$.



Para verificar se o gráfico gerado representa a solução da equação diferencial desejada, deve-se resolver a mesma analiticamente, cujo resultado é:

$$x(t) = 1 - \cos(t),$$

que corresponde ao gráfico apresentado.

2.3 - Outro Modelo

O modelo anterior serviu como exemplo de implementação no SIMULINK, mas está longe de representar um caso usual de utilização do software devido à pequena quantidade de blocos e ligações. Agora será usado um modelo de um processo biológico para ilustrar vários níveis adicionais de dificuldade na implementação.

Scheinerman descreveu um modelo simples do crescimento de bactérias isoladas do ambiente externo num pote. Admite-se que as bactérias nascem numa taxa proporcional ao número de bactérias presentes e que elas morrem a uma taxa proporcional ao quadrado do número de bactérias presentes. Se x representa o número de bactérias presentes, a taxa em que as bactérias nascem é definida por

$$\text{Taxa de Natalidade} = bx$$

E a taxa em que elas morrem

$$\text{Taxa de Mortalidade} = px^2$$

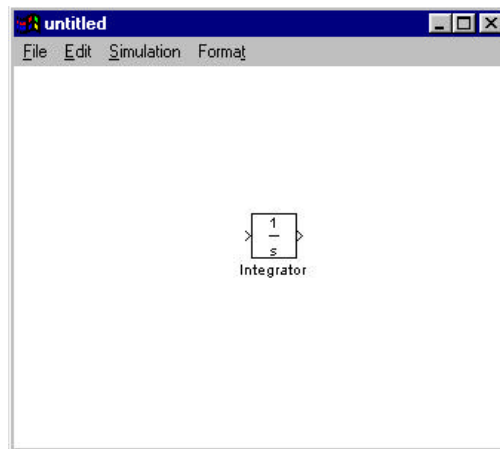
A taxa total de mudança na população de bactérias é a diferença entre a natalidade e a mortalidade de bactérias. O sistema pode ser então descrito pela equação diferencial a seguir:

$$\dot{x} = bx - px^2$$

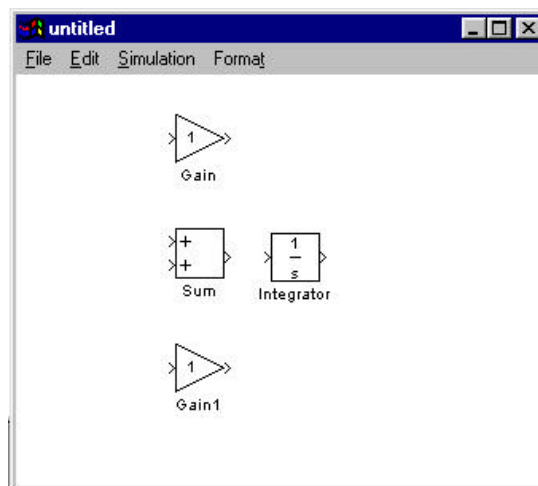
Partindo disto será então construído o modelo do sistema dinâmico supondo que $b=1$ bactéria/hora e $p=0,5$ bactéria/hora. Será determinado o número de bactérias contidas no pote após 1 hora, admitindo que inicialmente existiam 100 bactérias presentes.

Crie uma nova janela de modelo na barra de menu escolhendo **FILE:NEW**.

Este é um sistema de 1ª ordem, o que quer dizer que requer somente um integrador para resolver a equação diferencial. A entrada do integrador é \dot{x} e a saída é x . Abra a biblioteca linear e arraste o integrador para a janela do modelo, seguindo a posição mostrada na figura:

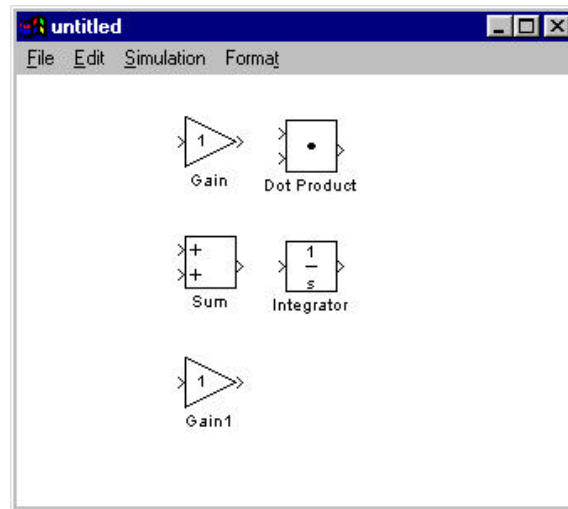


Ainda na biblioteca Linear arraste dois blocos de ganhos (Gain) para a janela do modelo e posicione-os como na figura. O SIMULINK exige que cada bloco tenha seu nome único. Devido a isto, o segundo bloco de ganho será nomeado GAIN1. Arraste ainda um bloco de soma (Sum) e a seguir feche a janela da biblioteca linear.

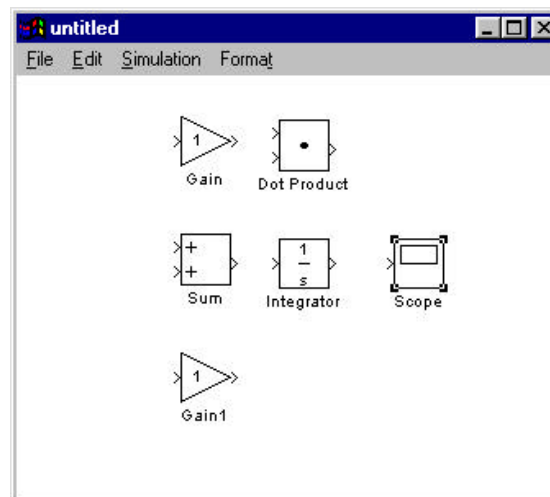


É boa técnica fechar todas as janelas que não estão sendo utilizadas. Isto favorece uma melhor utilização da memória disponível no microcomputador.

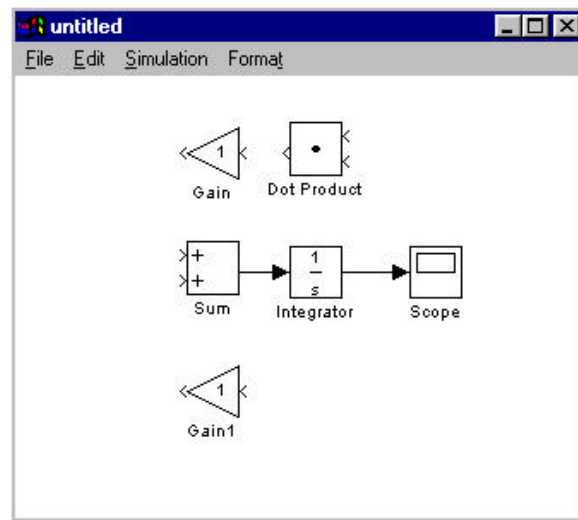
Abra agora a biblioteca de blocos não lineares (Nonlinear) e arraste um bloco de produto (product) para a posição mostrada. Este bloco será utilizado para calcular o valor de x^2 .



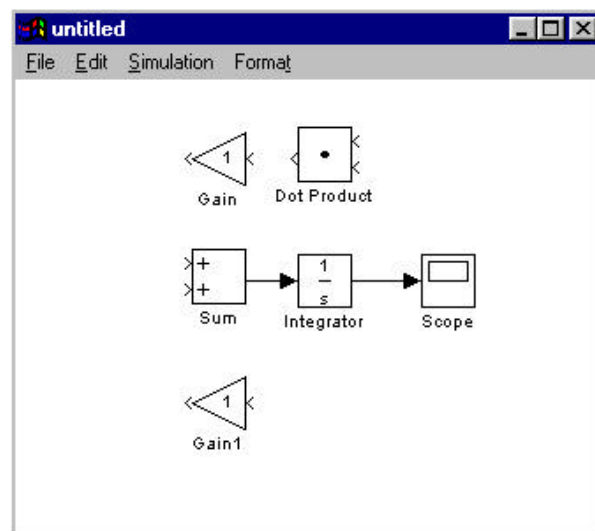
Abra a seguir a biblioteca dispositivos de saída (Sinks) e arraste um bloco SCOPE para a janela do modelo seguindo a posição mostrada.



A orientação padrão do SIMULINK de todos os blocos é posicionar entradas à esquerda e saídas à direita. Porém este modelo será muito mais legível se invertermos os blocos de ganho e produto. Iniciando com o Produto, deve-se primeiro clicar sobre ele de modo a selecioná-lo. Pequenos quadros pretos aparecerão nas quinas do bloco indicando seleção. No menu do SIMULINK, escolha **FORMAT:FLIP BLOCK**. Agora as entradas estão à direita e as saídas à esquerda. Repita a operação de inversão para cada bloco de Ganho. O modelo agora deve estar semelhante à figura:



Trace agora uma linha de sinal da saída do bloco de soma para a entrada do integrador e outra da saída do integrador para a entrada do SCOPE.

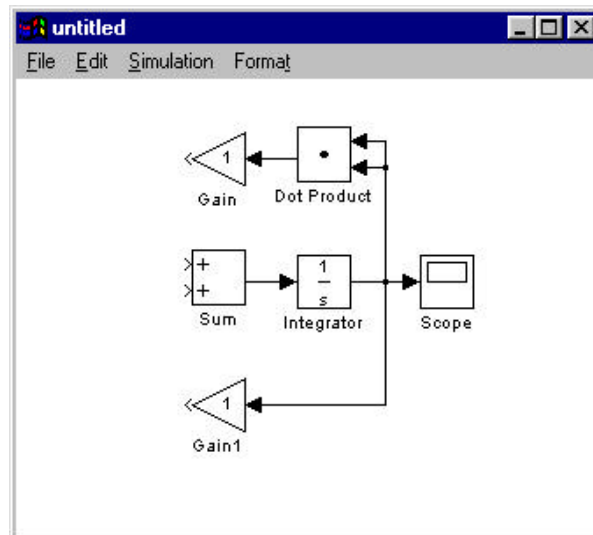


A seguir é necessário conectar a linha que liga o integrador ao SCOPE ao bloco de ganho situado na parte inferior da janela, pois esta linha contém o valor de x . Para fazê-lo, pressione a tecla CTRL do teclado e clique na linha de sinal. O cursor do mouse irá mudar para uma cruz. Conserve a tecla do mouse pressionada enquanto faz a ligação e solte agora a tecla CTRL. Leve a linha até a entrada do bloco de ganho. O SIMULINK automaticamente ajusta a linha com um ângulo de 90° .

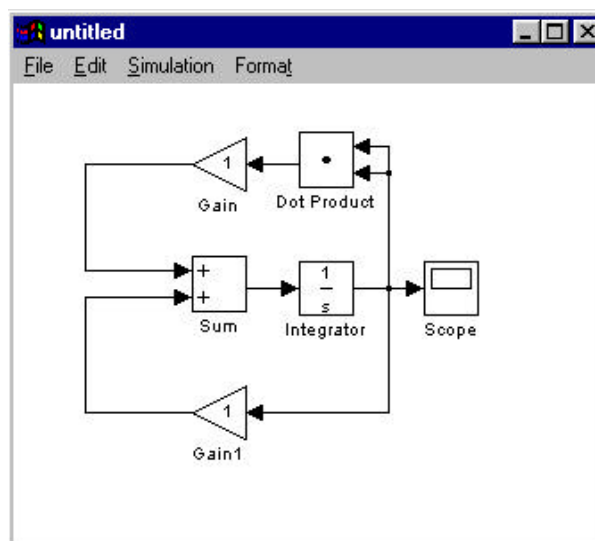
Se o mouse possuir três botões as operações de clicar e arrastar podem ser feitas utilizando o botão direito.

Repita a operação ligando a linha de sinal Integrador-SCOPE até a entrada superior do bloco de produto. Da linha de sinal que liga a entrada superior do bloco de produto repita a operação de ligação para a entrada inferior do mesmo bloco, de modo que o bloco execute a operação $x \cdot x = x^2$. Conecte agora a saída do bloco

de produto à entrada do ganho na parte superior da janela de modelo. Sua janela agora deve estar da seguinte forma:

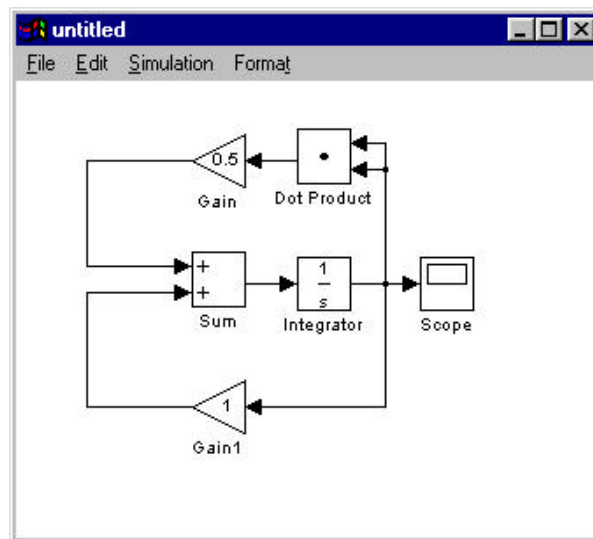
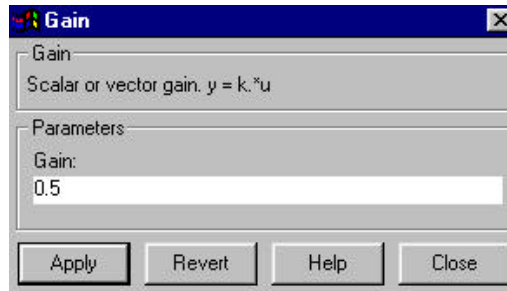


Conecte agora a saída do ganho superior à entrada superior do bloco de soma e a saída do ganho inferior à entrada inferior do mesmo bloco de soma.

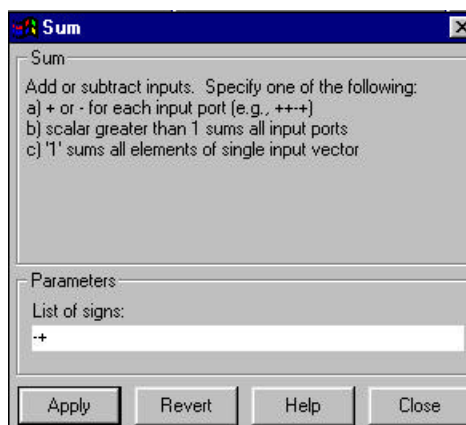


O modelo agora está completo, mas os blocos devem ser configurados (parametrizados) para que este represente o sistema desejado. O SIMULINK tem como *default* para os blocos de ganho o valor de 1.0, para o bloco de soma duas entradas positivas e para o integrador o valor inicial 0.0. O valor inicial do integrador representa o número inicial de bactérias presentes no pote.

Será iniciada agora a parametrização com os blocos de ganho. Dê um duplo clique no ganho da parte superior e mude o valor de 1.0 para 0.5 na caixa de diálogo que irá aparecer, a seguir clique em **Close**. Note que o valor do ganho do bloco muda para 0.5 no diagrama em blocos.

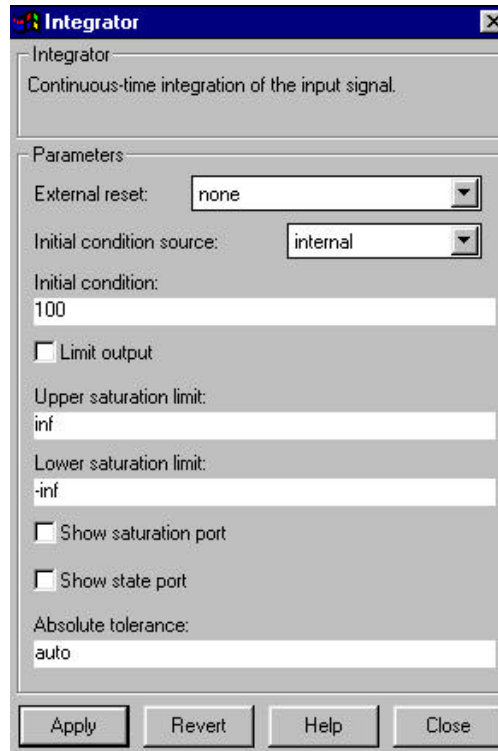


Agora dê um duplo clique no bloco de soma e no campo **List of signs** mude de ++ para -+ na caixa de diálogo que abrirá. Os sinais representam os próprios sinais de entrada no bloco. A seguir clique em **Close**. Note agora que no bloco de soma o sinal superior é negativo e o inferior é positivo, sendo então a saída a diferença das entradas que representa \dot{x} de acordo com a equação diferencial após substituir os valores de p e b .

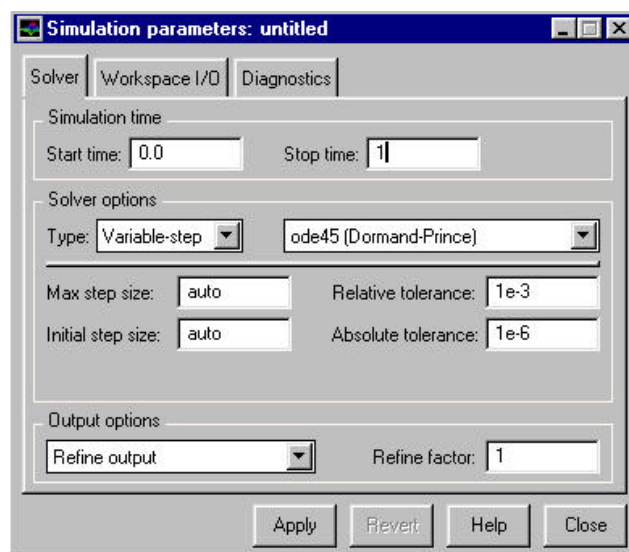


No SIMULINK, o sentido \downarrow no diagrama é representado pelo sentido \rightarrow das caixas de diálogos.

Para finalizar a configuração, deve-se definir o número inicial de bactérias. Para isto, dê um duplo clique no integrador e no campo **Initial condition** mude para 100, e após clique **Close**.



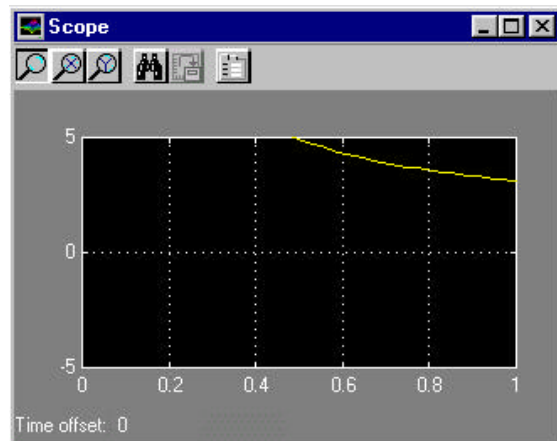
A duração da simulação é definida no tempo *default* de 0 a 10. Neste caso, deseja-se saber o resultado após 1 hora. Para mudar este tempo, seleciona-se na barra de menu a opção **Simulation:Parameters** e no campo **Stop Time** digita-se 1, fechando em **Close** logo a seguir.




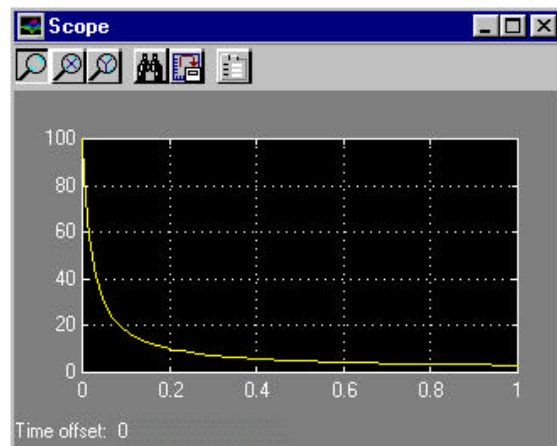
É sempre aconselhável salvar o modelo antes de executar a simulação.

O modelo agora está completo e pronto para ser executado. Para salvar na barra de menu clique em **File:Save** e entre com o nome desejado. O modelo será salvo com o nome digitado e a extensão *.mdl*, e seu nome aparecerá na barra de título da janela de edição.

Abra agora o SCOPE com um duplo clique e a seguir na barra de menu, clique em **Simulation:Start** para iniciar a execução.



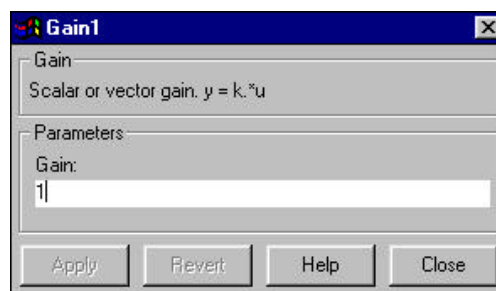
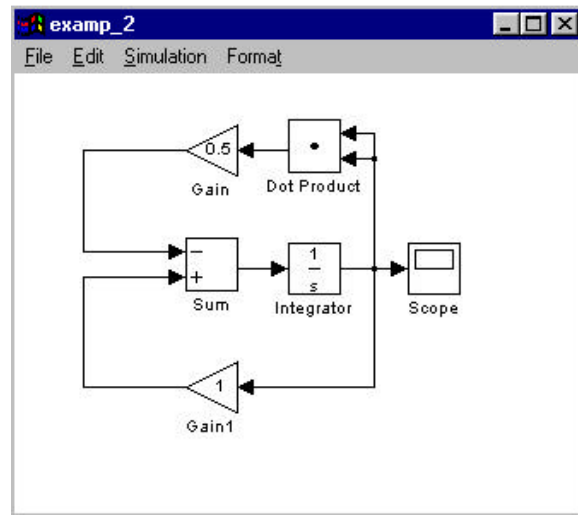
O SCOPE nem sempre mostra a figura numa boa escala para visualização. O botão **Autoscale**  na barra de ferramentas do SCOPE redimensiona a escala para acomodar todos os valores.



2.4 - Usando o Help do SIMULINK

O SIMULINK possui um extensivo sistema de help on-line. Os arquivos de help foram desenvolvidos para serem visualizados por navegadores internet como Netscape ou Internet Explorer. Uma detalhada documentação on-line para todos os blocos do SIMULINK está disponível no *Block-Browser*. Um detalhado help também está disponível clicando no botão de help na caixa de diálogo que se abre quando se seleciona **Simulation:Parameters** na barra de menu.

Para se consultar o help sobre um bloco qualquer deve-se inicialmente dar um clique duplo sobre o bloco desejado. A seguir clica-se no botão de help que aparece na caixa de diálogo que se abre. O seu Navegador Internet irá abrir o *Block Browser* correspondente.



Na janela do *Block Browser* existem 3 quadros. O superior contém um ícone para cada biblioteca do SIMULINK. O ícone selecionado é destacado com uma sombra.

O quadro inferior esquerdo contém ícones para todos os blocos contidos na biblioteca selecionada no quadro superior. Clicando num bloco nesta janela o help correspondente aparece no quadro inferior direito.

No quadro superior existe ainda um campo de pesquisa denominado **Search**, no qual pode se localizar rapidamente um bloco, mesmo quando não se sabe a que biblioteca este pertence.

O help do SIMULINK contém informações valiosas. É boa prática utilizá-lo com frequência.

Outra boa prática é o uso do notebook em anotações durante a aula. Isto facilita a execução de certas rotinas, por muitas vezes modificando somente parâmetros de configuração.