

Dinâmica de Sistemas

I Parte

Vensim-PLE

**O software Vensim-PLE (Personal Learning Edition)
é uma versão gratuita do Vensim, da Ventana Systems, Inc.
para uso exclusivo pessoal e na Educação
(www.vensim.com)**

**Este manual foi preparado pelo Prof. Hélder Leal da Costa
para apoio em cursos que utilizem conceitos da Teoria Geral dos Sistemas,
do Pensamento Sistêmico e da Dinâmica de Sistemas.**

Índice das páginas nos arquivos (.doc)

Arquivo: CapaManualIntroduçãoVENSIM-PLE = **páginas 01-02**

Arquivo: Manual-IntroduçãoVensim-(1).doc = **páginas 03-12**

Primeira Barra de Controle Horizontal (Menu)
Segunda Barra de Controle Horizontal (Main Toolbar)
Terceira Barra de Controle Horizontal (Sketch Tools)
Barra Vertical na Esquerda do Vídeo (Analysis Tools)
Etapas para criação de um modelo
Barra azul do Sketch (em cima da Primeira Barra Horizontal)
Conclusão Parcial

Arquivo: Manual-IntroduçãoVensim-(2).doc = **páginas 13-19**

Etapas para melhorar o primeiro modelo anterior
Veja as equações criadas pelo Vensim
Os 3 tipos de variáveis criadas pelo Vensim

Arquivo: Manual-IntroduçãoVensim-(3).doc = **páginas 20-21**

Última Barra de Controle Horizontal (Status Bar)

Arquivo: Manual-IntroduçãoVensim-(4).doc = **páginas 22-27**

Funções que permitem DECISÕES: (IF THEN ELSE) e (LOOKUP)
Exemplos
Outras FUNÇÕES do Vensim
Alguns comentários sobre as Funções

Arquivo: Manual-IntroduçãoVensim-(5).doc = **páginas 28-31**

A importância da definição das unidades nos modelos
Um padrão para a definição dos “nomes” das variáveis no Vensim
Algumas informações para facilitar o desenvolvimento de modelos em Vensim

Arquivo: Manual-IntroduçãoVensim-(6).doc = **páginas 32-33**

Exemplos das funções EXP, INTEGER e LN
Exemplos de funções DELAY

Arquivo: Manual-IntroduçãoVensim-(7).doc = **páginas 34-36**

Funções MAX, MIN e MODULO
Funções PULSE e PULSE TRAIN
Função RAMP

Arquivo: Manual-IntroduçãoVensim-(8).doc = **páginas 37-38**

Funções RANDOM
Funções SMOOTH e STEP

Arquivo: Manual-IntroduçãoVensim-(9).doc = **páginas 39-40**

Funções SIN, SQRT, XIDZ e ZIDZ
Exemplos de equações simples em Vensim

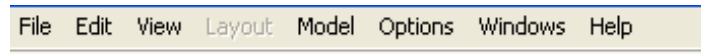
Utilização deste manual:

- ✓ Faça a instalação completa do Vensim PLE, indicando que é para uso pessoal para ter acesso gratuito ao software e aos manuais fornecidos pela Ventana Systems, Inc. (www.vensim.com).
- ✓ No “site” do Prof. Craig W. Kirkwood (<http://www.public.asu.edu/~lirkwood/sysdin/SDRes.htm>) existem manuais em inglês para introdução à Dinâmica de Sistemas e ao Vensim.
- ✓ O livro do Prof. Juan Martin Garcia, “Teoría y ejercicios prácticos de Dinámica de Sistemas” tem uma excelente introdução à Dinâmica de Sistemas com diversos exemplos comentados em Vensim. A versão deste livro, em CD, pode ser adquirida por um valor acessível. O autor tem outro livro, “Sysware”, com mais informações na área.
- ✓ Para a utilização deste manual, em português, disponibilize o Vensim teclando Iniciar / Programas / Vensim / Vensim PLE, para acessar a página SKETCH (inicial) do Vensim PLE e poder executar os 13 exemplos, cujos nomes de arquivo indicam a página onde são usados.
- ✓ O manual está dividido em três partes:
 - I Parte / Dinâmica de Sistemas – Vensim PLE
 - II Parte / Dinâmica de Sistemas – DCC’s e modelos
 - III Parte / Dinâmica de Sistemas - Referências
- ✓ Leia a I e II Partes em seqüência, mas vá lendo a III simultaneamente com as duas primeiras. Esta parte apresenta alguns conceitos teóricos importantes para entender melhor o que é a Dinâmica de Sistemas.

Dinâmica de Sistemas – Vensim PLE

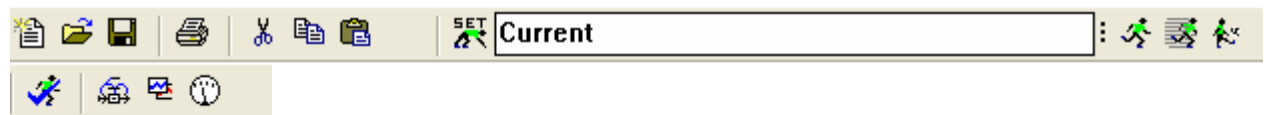
Uma linguagem para construir simuladores de sistemas

Primeira Barra de Controle Horizontal (Menu)



Função	Abre janela com diversas funções	Obs.
	Janela semelhante Windows.	
	Janela semelhante Windows.	
	Janela semelhante Windows.	Com funções específicas para o Vensim.
		Não disponível.
	Janela semelhante Windows.	A função “settings” define o período da simulação.
	Janela semelhante Windows.	Com funções específicas para o Vensim.
	Janela semelhante Windows.	Com funções específicas para o Vensim.
	Janela semelhante Windows.	Com o Help do Vensim. Diversas funções não estão disponíveis no Vensim PLE.








Segunda Barra de Controle Horizontal (Main Toolbar)



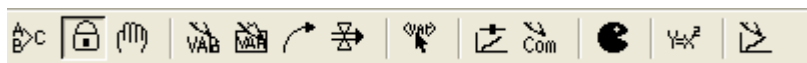
Função	Texto que aparece com o cursor	Obs.
	New Model	Função do Windows.
	Open Model	Função do Windows.
	Save	Função do Windows.
	Print	Função do Windows.
	Cut	Função do Windows.
	Copy	Função do Windows.
	Paste	Função do Windows.
	Set Up a Simulation	Executa uma simulação, permitindo alterar as variáveis exógenas NEGRITADAS.
	Name the Simulation to be Made	Nome do arquivo criado na simulação

Dinâmica de Sistemas – Vensim PLE





Uma linguagem para construir simuladores de sistemas

Função	Texto que aparece com o cursor	Obs.
		corrente.
	Run a Simulation	Executa uma simulação.
	Automatically Simulate on Change	Executa “n” simulações, mostrando gráficos das variáveis endógenas e “sliders” para alterar em tempo real as variáveis exógenas.
	Start a Game	Não disponível no Vensim PLE.
	Run Reality Checks	Permite simulações especiais.
	Build Windows - show/circulate	Não disponível no Vensim PLE.
	Output Windows – show/circulate	Não disponível no Vensim PLE.
	Control Panel	Mostra um painel de controle para funções especiais, como gráficos personalizados.

Terceira Barra de Controle Horizontal (Sketch Tools)












Esta barra aparece após informarmos o período da simulação (Model > Settings).

Função	Texto que aparece com o cursor	Obs.
	Causes Tree	Mostra quadro com as relações entre variáveis dependentes.
	Lock Sketch	Permitir apontar uma variável, sem movê-la.
	Move/Size Words and Arrows	Permite apontar uma variável, movê-la e alterar o tamanho. Quando esta tecla é pressionada surge uma “bolinha” no canto inferior direito das variáveis do modelo. Deslocando a “bolinha” com o cursor podemos alterar o tamanho / formato da variável.
	Variable – Auxiliary/Constant	Define / cria uma variável, normalmente uma “Constant”. Pode ser uma “auxiliar” especificada “with lookup”. Estas definições são feitas no Editor de Equações, que aparece quando apontamos a variável e o botão “Equations” abaixo.

Dinâmica de Sistemas – Vensim PLE

Uma linguagem para construir simuladores de sistemas

Função	Texto que aparece com o cursor	Obs.
		Usada para definir constantes, equações e tabelas “x” e “y”. Não deve ser usada para acumular valores.
	Box Variable – Level	Define / cria uma variável onde vão ser acumulados valores. Normalmente do tipo “Level”. Os valores que vão ser somados ou subtraídos devem ser sempre indicados com variáveis definidas com o botão “Rate”. No Editor de Equações temos de informar o valor inicial do acumulador.
	Arrow	Informa a uma variável a existência de outra variável, que será usada numa equação. A ponta da seta ficará no local onde o movimento do cursor terminar. No meio da Arrow vai aparecer uma “bolinha” que permite ajustar a seta resultante.
	Rate	Define / cria uma variável do tipo “Constant”, que poderá ser um valor ou uma equação. Estas variáveis indicam os valores que vão ser somados ou subtraídos nas variáveis acumuladores (Box Variable - Level).
	Shadow Variable	Define / cria uma variável já existente. Uma das que nós já criamos ou uma do sistema como <Time>. Ajuda a construir modelos sem setas (Arrow) cruzadas.
	Input Output Object	Não disponível no Vensim PLE.
	Sketch Comment	Permite adicionar comentários ao modelo. Sketch é o quadro do Vensim onde construímos os modelos.
	Delete	Elimina (deleta) o objeto indicado.
	Equations	Abre o Editor de Equações para colocarmos valores ou equações numa variável.
	Reference Mode	Mostra gráficos das variáveis endógenas.







Dinâmica de Sistemas – Vensim PLE

Uma linguagem para construir simuladores de sistemas

Barra Vertical na Esquerda do Vídeo (Analysis Tools)



Os dois primeiros botões desta barra também fazem parte das Barras Horizontais 2 e 3.

Função	Texto que aparece com o cursor	Obs.
	New Model	Ver 2ª Barra de Controle horizontal
	Causes Tree	Ver 3ª Barra de Controle horizontal
	Uses Tree	Mostra quadro com as relações entre variáveis dependentes. Função inversa da “Causes Tree”.
	Loops	Mostra quadro com o uso de uma variável num “loop”.
	Document	Mostra quadro com as equações de um modelo.
	Causes Strip	Mostra quadro com os gráficos das “variáveis” e constantes que afetam a variável selecionada.
	Graph	Mostra quadro com o(s) gráfico(s) da variável selecionada.
	Table	Mostra quadro com tabela (semelhante Excel) apresentando os valores da variável selecionada, em linha(s) na horizontal.
	Table Time Down	Mostra quadro com tabela (semelhante Excel) apresentando os valores da variável selecionada, em coluna(s) na vertical.
	Runs Compare	Mostra quadro com os nomes dos arquivos e valores das constantes nas simulações que alteraram a variável selecionada.

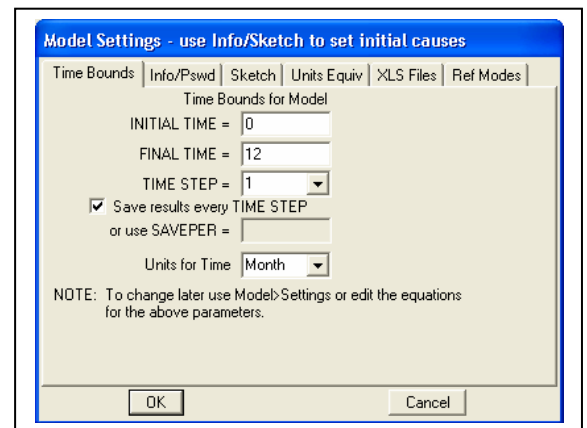
Dinâmica de Sistemas – Vensim PLE

Uma linguagem para construir simuladores de sistemas

Etapas para a criação de um modelo:

Descrição do modelo: Calcular a evolução de uma variável-acumulador, com valor inicial de 1000, onde vamos somar um valor de 200 e retirar um valor de 100, mensalmente, numa simulação cujo período é de 12 meses.

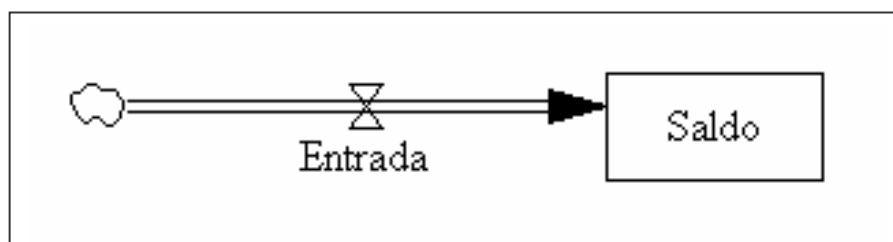
1ª etapa – Para definir o período da simulação, pressionar Model na primeira barra horizontal do Vensim e, depois, Settings. Vai aparecer o quadro à direita, Model Settings, onde vamos indicar o início e fim da simulação, 0 e 12. Selecionar a unidade de tempo, Month. e OK.



2ª etapa – Para definir a variável Saldo, pressionar o botão Box – Variable Level, digitar a palavra Saldo e pressionar a tecla Enter.



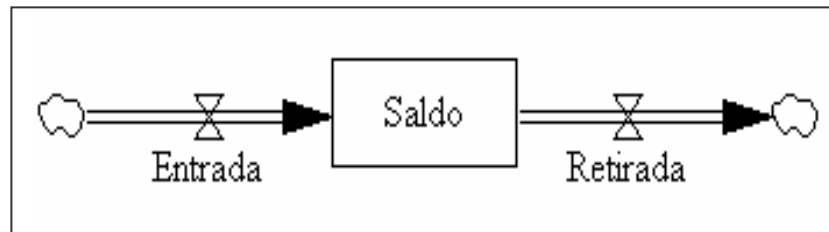
3ª etapa – Para definir a variável que vai adicionar no Saldo um valor, em cada ciclo da simulação, pressionar o botão Rate, posicionar o cursor num local à esquerda de Saldo e pressionar e soltar a tecla esquerda do Mouse. Depois, posicionar o Mouse no meio do Saldo, pressionar e liberar a tecla do Mouse. Digitar o nome da variável “Entrada” e Enter. Aparece uma “núvem” à esquerda da Rate, que significa que, neste modelo, não nos interessa de onde vem o valor. Não pode aparecer uma “núvem” na ponta da seta.



Dinâmica de Sistemas – Vensim PLE

Uma linguagem para construir simuladores de sistemas

4ª etapa – Para definir a variável que vai subtrair do Saldo um valor, em cada ciclo da simulação, pressionar o botão Rate, posicionar o cursor no meio do Saldo, pressionar e liberar a tecla esquerda do Mouse. Posicionar o Mouse num ponto à direita do Saldo, pressionar e liberar a tecla do Mouse. Digitar o nome da variável “Retirada” e Enter. Cuidado com as “nuvens”.

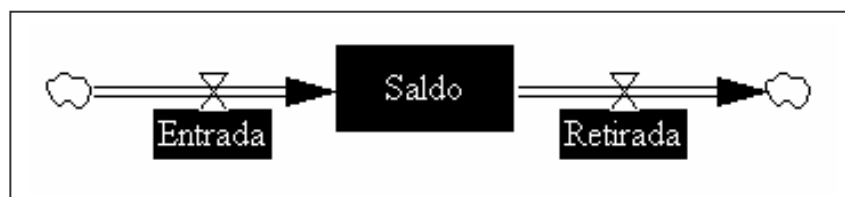


Atenção

As “nuvens” nas extremidades das Rate’s – opostas ao Saldo – indicam que não estamos interessados em saber de onde vêm ou para onde vão os valores somados ou subtraídos de Saldo.

Caso apareça uma “nuvem” entre Entrada e Saldo significa que o valor de Entrada não vai ser somado em Saldo. Se aparecer entre Retirada e Saldo significa que o valor de Retirada não vai ser subtraído de Saldo.

5ª etapa – Para colocar valores ou equações nas variáveis Entrada, Saldo e Retirada, pressionar a tecla Equations. As variáveis cujos valores ou equações ainda não foram definidos ficarão NEGRITADAS. No exemplo abaixo as três ainda não foram definidas.



Dinâmica de Sistemas – Vensim PLE

Uma linguagem para construir simuladores de sistemas

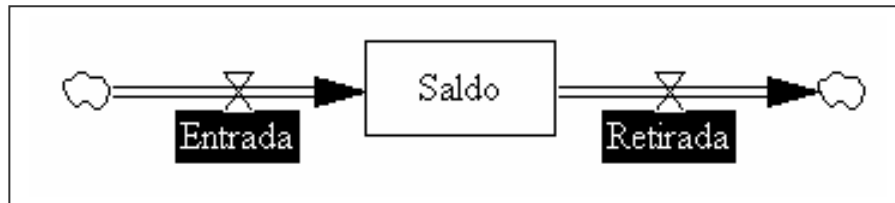
6ª etapa – Para definir a variável Saldo, vamos pressionar o botão Equations e a variável Saldo – vai aparecer o quadro Editing equation for - Saldo.
Agora vamos indicar como o Saldo vai ser obtido: $\text{Saldo} = \text{Integ} (\text{Entrada} - \text{Retirada})$. Se o Vensim não tiver preparado esta equação, usar o cursor para indicar onde “Entrada – Retirada” vão ser colocados.
Com o cursor indicar Entrada no quadro Choose Initial Variable..., depois indicar a operação (-) no teclado à esquerda daquele quadro e, finalmente, Retirada.
A seguir colocar o valor 1000 no quadro Initial Value.
Debaixo deste quadro manter o Type = Level, já definido pelo Vensim.
Podemos colocar comentários no quadro Comment, para indicar o significado desta variável.
Apertar o botão OK.

The screenshot shows the 'Editing equation for - Saldo' dialog box. The equation is defined as $\text{Saldo} = \text{INTEG} (\text{Entrada} - \text{Retirada})$ with an initial value of 1000. The Type is set to Level. A 'Choose Initial Variable...' window is open, showing a list of variables: Saldo, Entrada, and Retirada. The 'Entrada' variable is selected. The 'Units' field is empty. The 'Comment' field is empty. The 'Errors' field shows 'Equation OK'. Buttons for OK, Check Syntax, Check Model, Delete Variable, and Cancel are at the bottom.

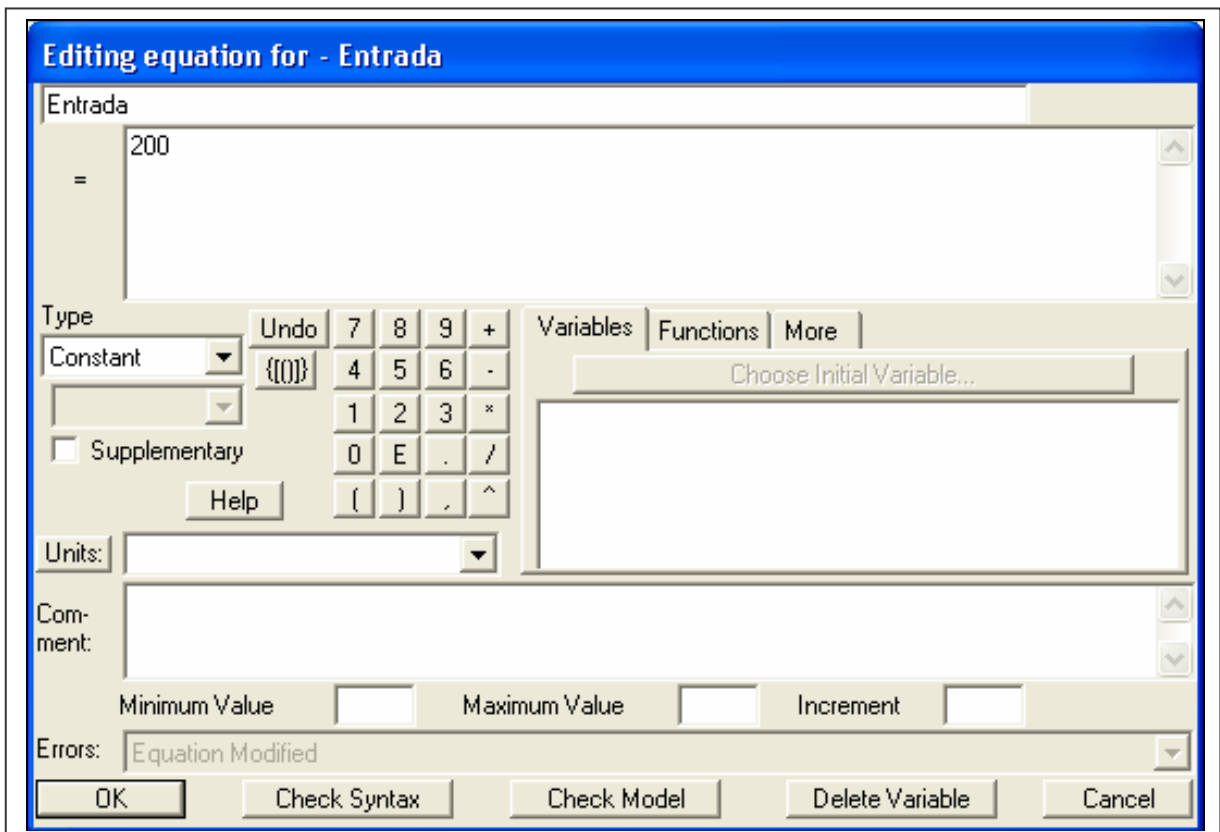
Dinâmica de Sistemas – Vensim PLE

Uma linguagem para construir simuladores de sistemas

7ª etapa – Após dar OK no quadro Editing Equation for – Saldo, o modelo vai mostrar as variáveis Entrada e Retirada NEGRITADAS, indicando que as duas ainda não tiveram seus valores ou equações definidos.



8ª etapa – Para definir os valores ou equações de Entrada e Retirada, primeiro pressionar o botão Equations e a variável Entrada. Vai aparecer o quadro Editing Equation for – Entrada. Digitar o valor 200, indicando $\text{Entrada} = 200$. O Type deve permanecer igual Constant. Podemos colocar comentários. Depois, proceder da mesma maneira com a variável Retirada, digitando o valor 100. O modelo não vai apresentar nenhuma variável NEGRITADA, indicando estar pronto para uma simulação.



Dinâmica de Sistemas – Vensim PLE

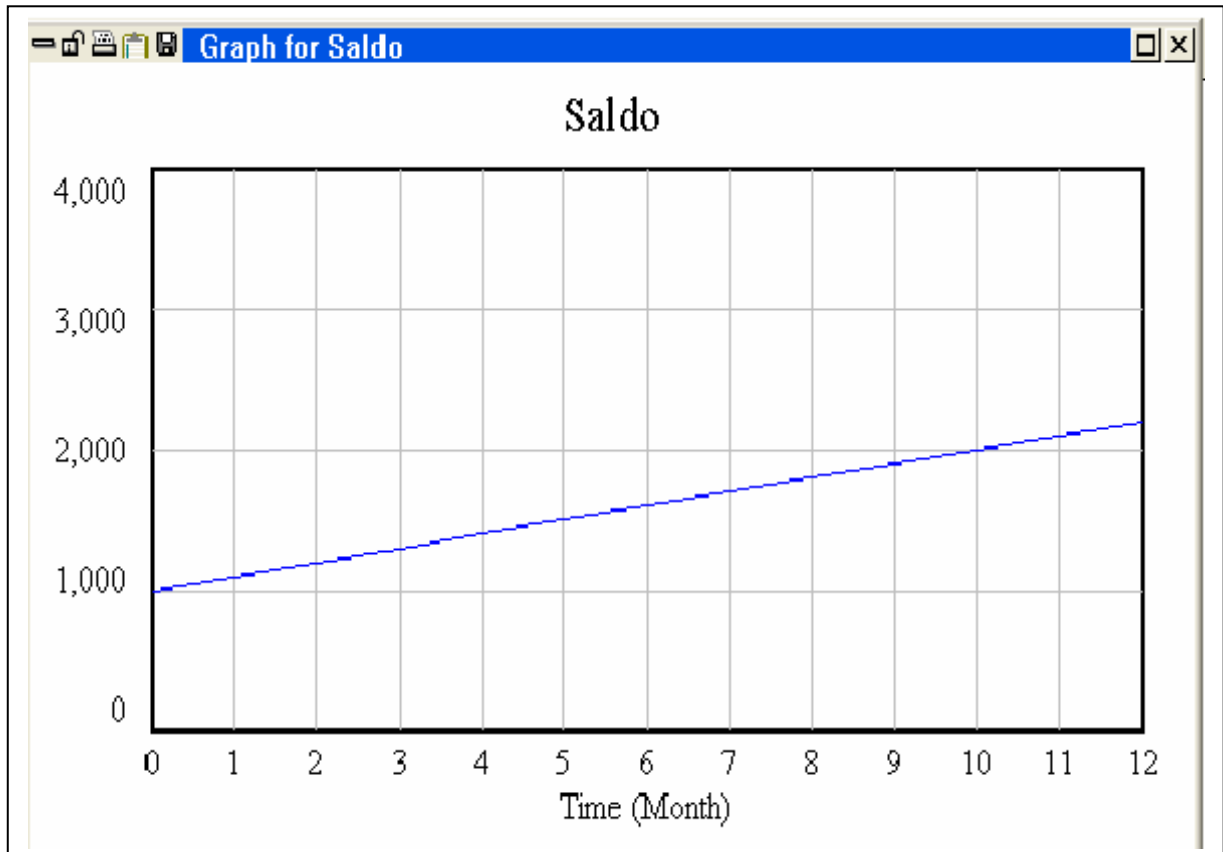
Uma linguagem para construir simuladores de sistemas

9ª etapa – Para fazer uma simulação, pressionar o botão Run a Simulation.

Depois pressionar o botão Lock Sketch e indicar a variável que queremos analisar, por exemplo, Saldo. Para indicar a variável pressionar o Mouse no centro de Saldo.

Para vermos o gráfico com os valores de Saldo ao longo dos 12 meses, pressionar o botão Graph.

O Vensim vai mostrar uma janela com o gráfico ao lado.



Barra azul do Sketch



Em cima da Primeira Barra de Controle Horizontal (Menu) temos **uma barra azul** aonde o Vensim coloca informações importantes:

Vensim: Exemplo.mdl Var: Saldo

“Exemplo.mdl” é o nome do arquivo e “Var: Saldo” é a variável selecionada com o cursor, para a função GRAPH apresentar o gráfico resultante da simulação.

Conclusão Parcial

Estas etapas mostram como implementar um modelo muito simples. Faça algumas modificações e experimente os comandos do Vensim descritos acima.

Anote: cada vez que é feita uma simulação o Vensim cria um arquivo com os resultados.

Nas simulações feitas após a primeira, o Vensim vai apresentar um quadro com o texto (Dataset “nome-de-arquivo” already exists. Do you want to overwrite it?).

Se a resposta for SIM vai gravar a segunda simulação sobre a primeira.

Se NÃO, vai criar outro arquivo com o nome e a pasta que indicarmos e o resultado serão as duas ou mais simulações feitas.

Dinâmica de Sistemas – Vensim PLE

Uma linguagem para construir simuladores de sistemas

Etapas para melhorar o primeiro modelo

O modelo abaixo, só pode apresentar resultados onde a variável Saldo cresce ou aumenta de forma linear.

Para que os resultados de Saldo possam variar de uma forma não linear (exponencial, por exemplo) precisamos fazer algo para as variáveis Entrada e / ou Retirada não serem valores constantes.

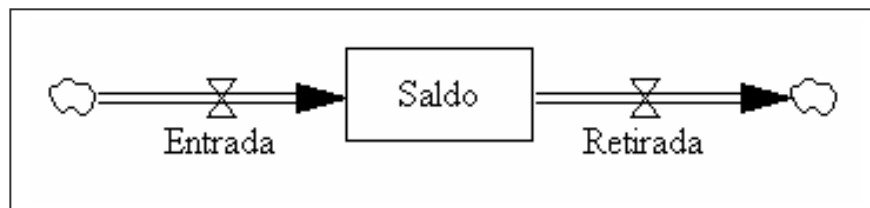


Fig. a

Se o Saldo representar o valor de uma poupança, precisamos definir uma “taxa de juros” para aumentar progressivamente o valor do saldo.

Para definir uma variável Taxa de Juros, pressionamos com o cursor o botão Variable – Auxiliary/Constant, posicionamos o cursor abaixo da variável Entrada, pressionamos o cursor, escrevemos Taxa de Juros e Enter.

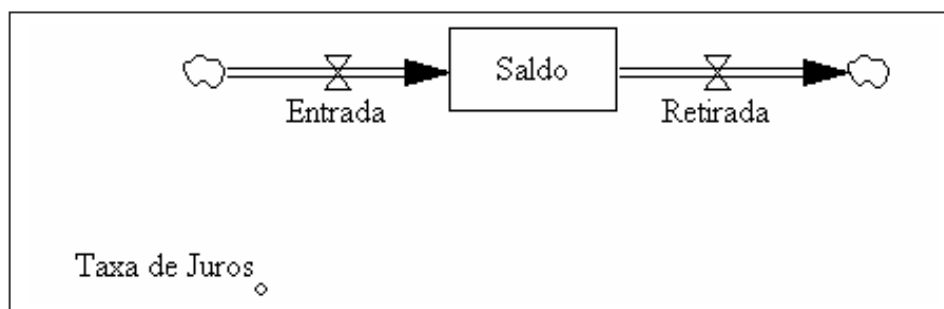


Fig. b

Dinâmica de Sistemas – Vensim PLE

Uma linguagem para construir simuladores de sistemas

A variável Taxa de Juros foi definida, mas não tem um valor.

Colocar o valor é um processo semelhante aquilo que fizemos na definição dos valores de Entrada e Retirada. Assim, vamos colocar um valor de taxa de juros de 15% ao mês (0.15). Além disso, para que os juros sejam calculados é necessário escrever a seguinte equação:

$\text{Entrada} = \text{Saldo} * \text{Taxa de Juros}$.

Mas a variável Entrada, onde vamos escrever a equação acima, não sabe da existência das variáveis Taxa de Juros e Saldo.

Para isso vamos usar o botão Arrow e apontar a Taxa de Juros para a Entrada e apontar o Saldo para a Entrada.

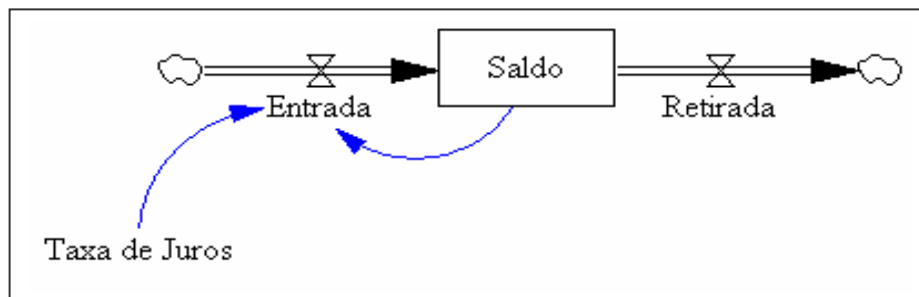
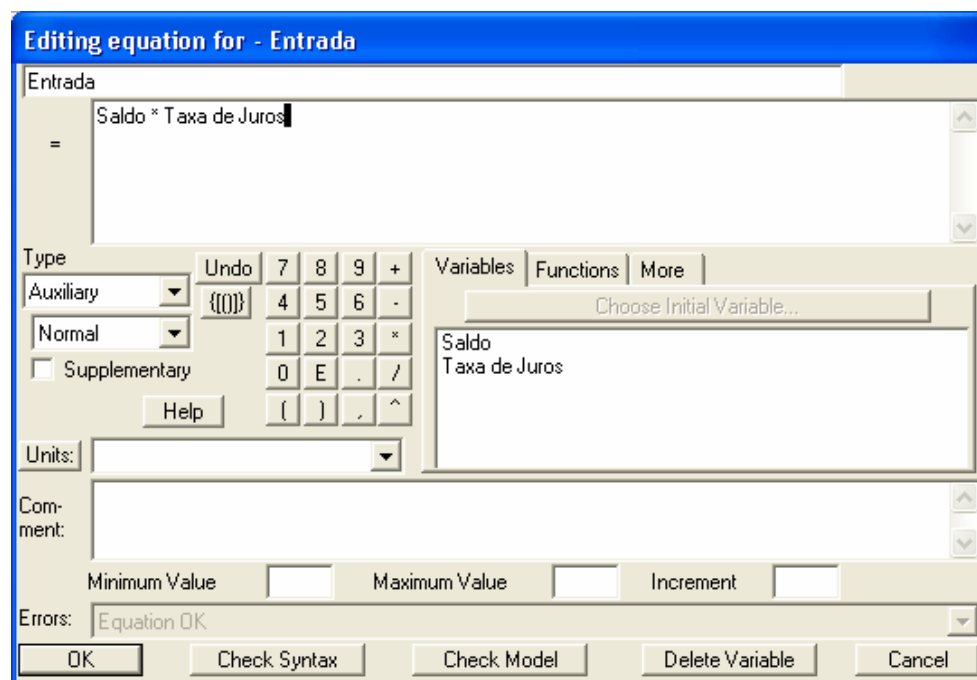


Fig. c

Observe como ficou a variável Entrada.

Pressione o botão Equations e a variável Entrada para aparecer o quadro Editing equation for – Entrada.

Por motivo do uso do botão Arrow, o Saldo e a Taxa de Juros estão identificados na janela com título Variables. Assim, a equação foi aceita pelo Vensim.



Dinâmica de Sistemas – Vensim PLE

Uma linguagem para construir simuladores de sistemas

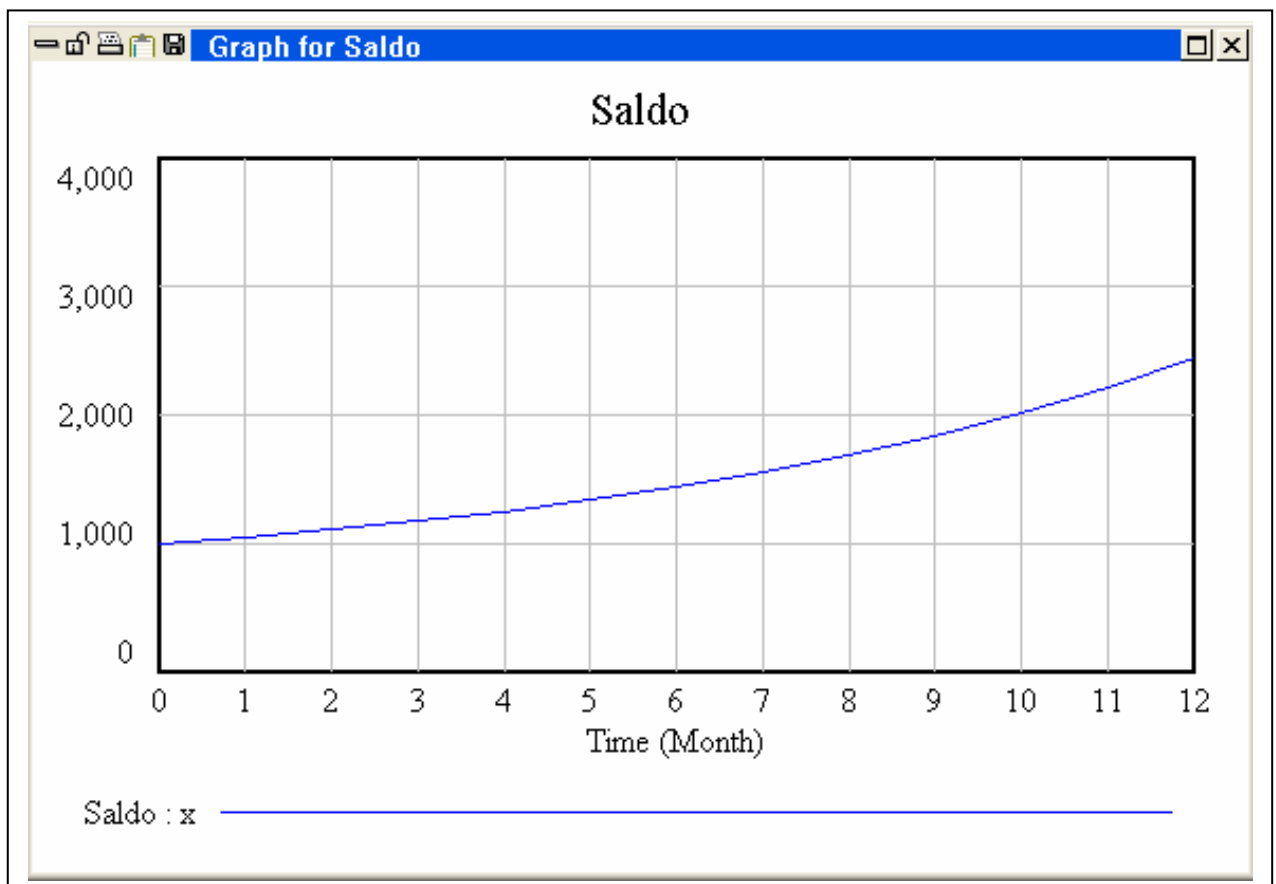
Podemos agora fazer uma simulação e observar os resultados.

A variável Saldo apresenta uma curva crescente ao longo dos 12 meses do período programado em Model – Settings.

Este tipo de crescimento é o exponencial.

Podemos fazer algo semelhante em Retirada, por exemplo, criando uma taxa para que o valor retirado não seja uma constante.

Este modelo poderia ser usado para simular o crescimento de uma população. Com uma Taxa de Natalidade e uma Taxa de Mortalidade.



Dinâmica de Sistemas – Vensim PLE

Uma linguagem para construir simuladores de sistemas

Veja as equações criadas pelo Vensim

Na barra vertical à esquerda, temos a função **Doc** que é de grande importância na análise de um modelo em Vensim.

As variáveis que nós definimos são apresentadas com as respectivas unidades e equações ou valores constantes.

Entrada, na linha (1).

Retirada, na linha (4).

Saldo, na linha (5).

Taxa de Juros, na linha (7).

O Vensim cria algumas variáveis para controle próprio.

FINAL TIME, na linha (2), indica o limite superior da simulação.

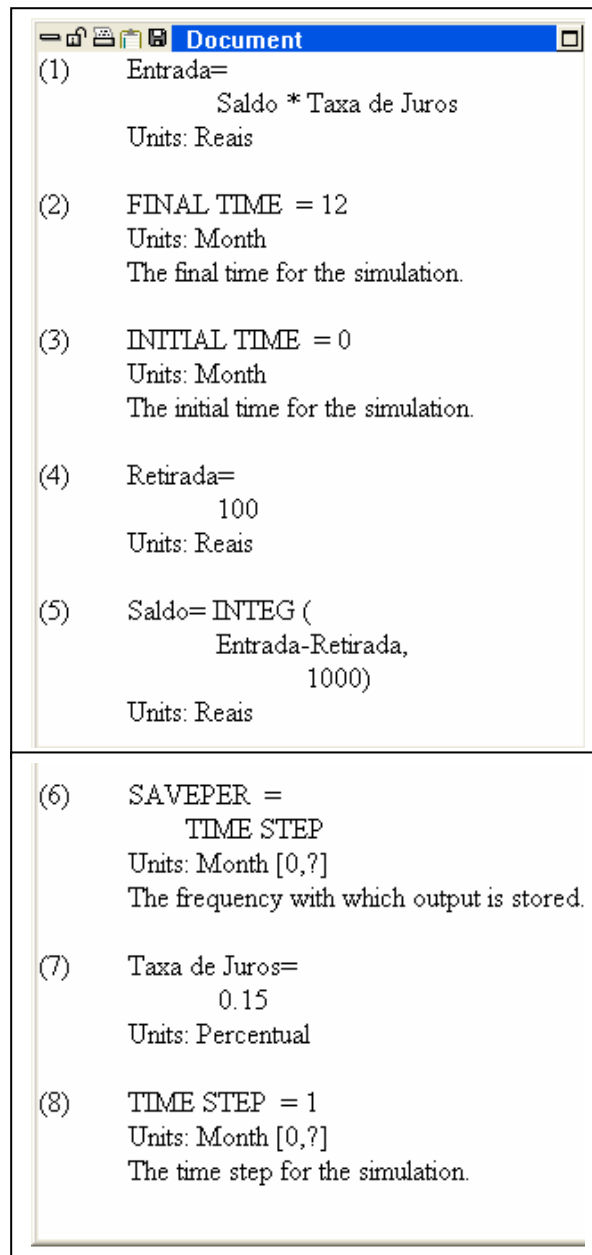
INITIAL TIME, na linha (3), indica o limite inferior da simulação. Estas duas informam o período de tempo que vai ser utilizado nesta simulação.

SAVEPER, na linha (6), indica a frequência na qual a saída vai ser registrada / guardada.

TIME STEP, na linha (8), indica a quantidade de ciclos de cálculo em cada unidade de tempo. Por exemplo, quando queremos que o Vensim faça 8 ciclos de cálculo em cada unidade de tempo, o TIME STEP deverá ser de 0.125. Estes casos serão explicados mais tarde.

TIME, é uma variável que não é apresentado pela função Doc. Indica a unidade de tempo durante a execução do Vensim. Neste caso, onde indicamos um período de 12 meses, a variável TIME vai ter os valores 1, 2, 3, ... 9, 10, 11, 12.

É importante utilizar esta função do Vensim para verificarmos se as variáveis estão corretas.



Esta função Doc pode listar, também, os comentários colocados em cada variável. Para isso, tecele View / Show Behavior, na Primeira Barra Horizontal, antes de teclar a função Doc.

Depois de listar, tecele View / Show Behavior de novo, para poder ver os comentários com o cursor.

Dinâmica de Sistemas – Vensim PLE

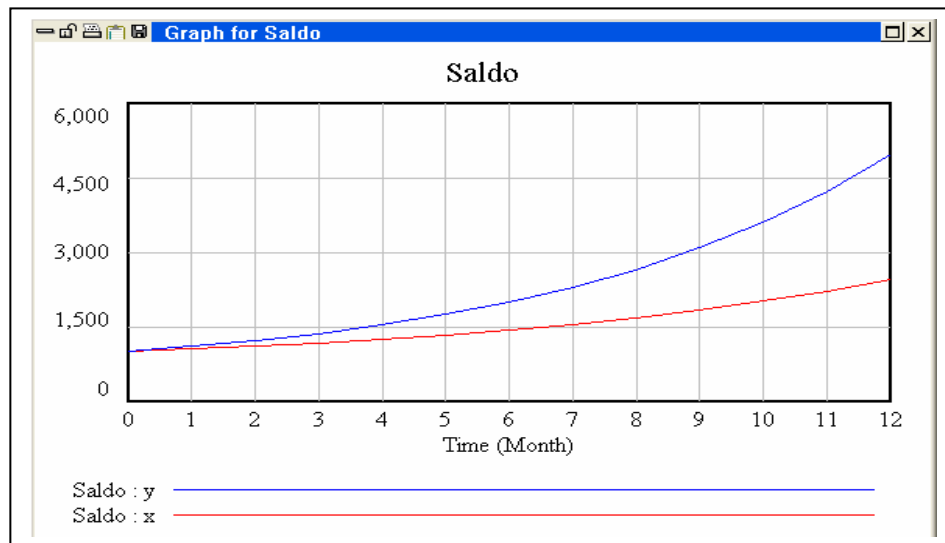
Uma linguagem para construir simuladores de sistemas

Vamos fazer uma segunda simulação utilizando o botão Set Up a Simulation.

Quando pressionado (mostra um hexágono vermelho, que deve ser pressionado no final desta simulação), as variáveis EXÓGENAS ficam negritadas, podendo ser alteradas somente para esta simulação.

Clicar na variável Taxa de Juros, alterar de 0.15 para 0.20 e Enter. Pressionar o botão Run a Simulation. O Vensim emite mensagem perguntando se vamos escrever em cima do arquivo da primeira simulação. Responder NÃO.

Indique a variável Saldo e pressione o botão Graph. O gráfico apresentado mostra os resultados das duas simulações.



Pressione o botão Table Time Down para ver um quadro com uma tabela, semelhante ao Excel, mostrando os valores mensais de cada uma das simulações (em duas colunas).

No gráfico é mais difícil identificar os valores que Saldo assumiu em cada um dos 12 meses da simulação.

Pressinando o botão Table vemos um quadro semelhante ao apresentado ao lado, com a diferença que os valores estão distribuídos em duas linhas e não em duas colunas.

Table Time Down			
Time (Month)	"Saldo"	Saldo	
0	Runs:	1000	1000
1	y	1100	1050
2	x	1220	1107.5
3		1364	1173.63
4		1536.8	1249.67
5		1744.16	1337.12
6		1992.99	1437.69
7		2291.59	1553.34
8		2649.91	1686.34
9		3079.89	1839.29
10		3595.87	2015.19
11		4215.04	2217.46
12		4958.05	2450.08

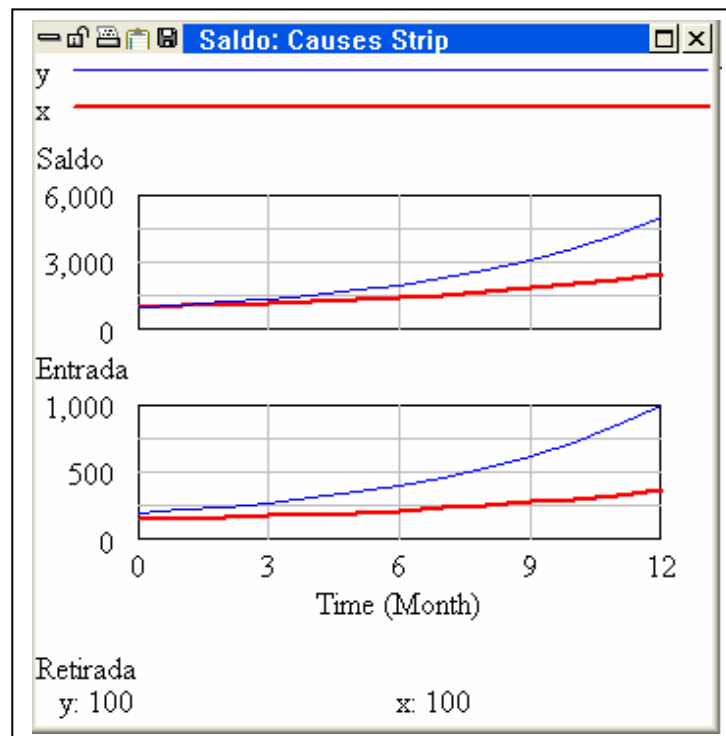
Dinâmica de Sistemas – Vensim PLE

Uma linguagem para construir simuladores de sistemas

Pressionando o botão Causes Strip, o Vensim apresenta o quadro abaixo com o Saldo e os valores da Entrada (aparece um gráfico, com duas curvas, porque Entrada não é uma constante).

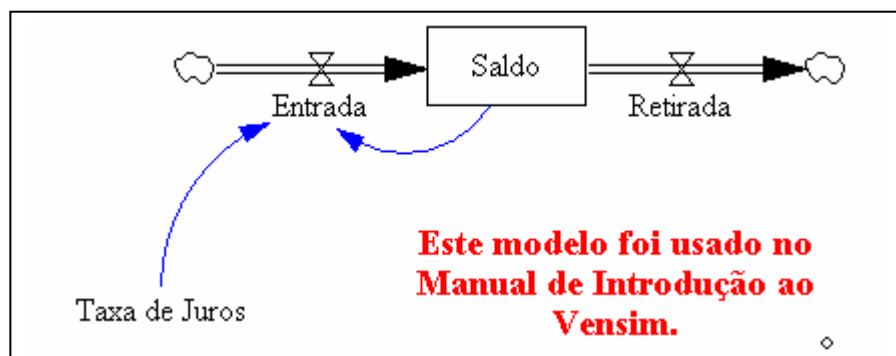
Como os valores de Retirada são constantes, não aparece um gráfico mas os valores de Retirada e os nomes dos arquivos relativos a cada simulação.

Pressione os botões Causes Tree, Uses Tree, Loops e Doc. Cada um mostra algo em relação à variável. Saldo. Doc mostra todas as equações do modelo, conforme já foi visto.



É importante colocar comentários que esclareçam o significado de cada modelo.

Pressione o botão Sketch Comment e escreva algo, como o texto em vermelho no modelo ao lado. O quadro Comment Description é auto explicativo.



Dinâmica de Sistemas – Vensim PLE

Uma linguagem para construir simuladores de sistemas

Os 3 tipos de variáveis criadas pelo Vensim

Lembre-se de que existem três tipos de variáveis (Variable – Auxiliary Constant, Box Variable – Level e Rate), cada uma delas com funções específicas, mas todas usando o mesmo editor de equações (Editing Equation for – “nome da variável”).

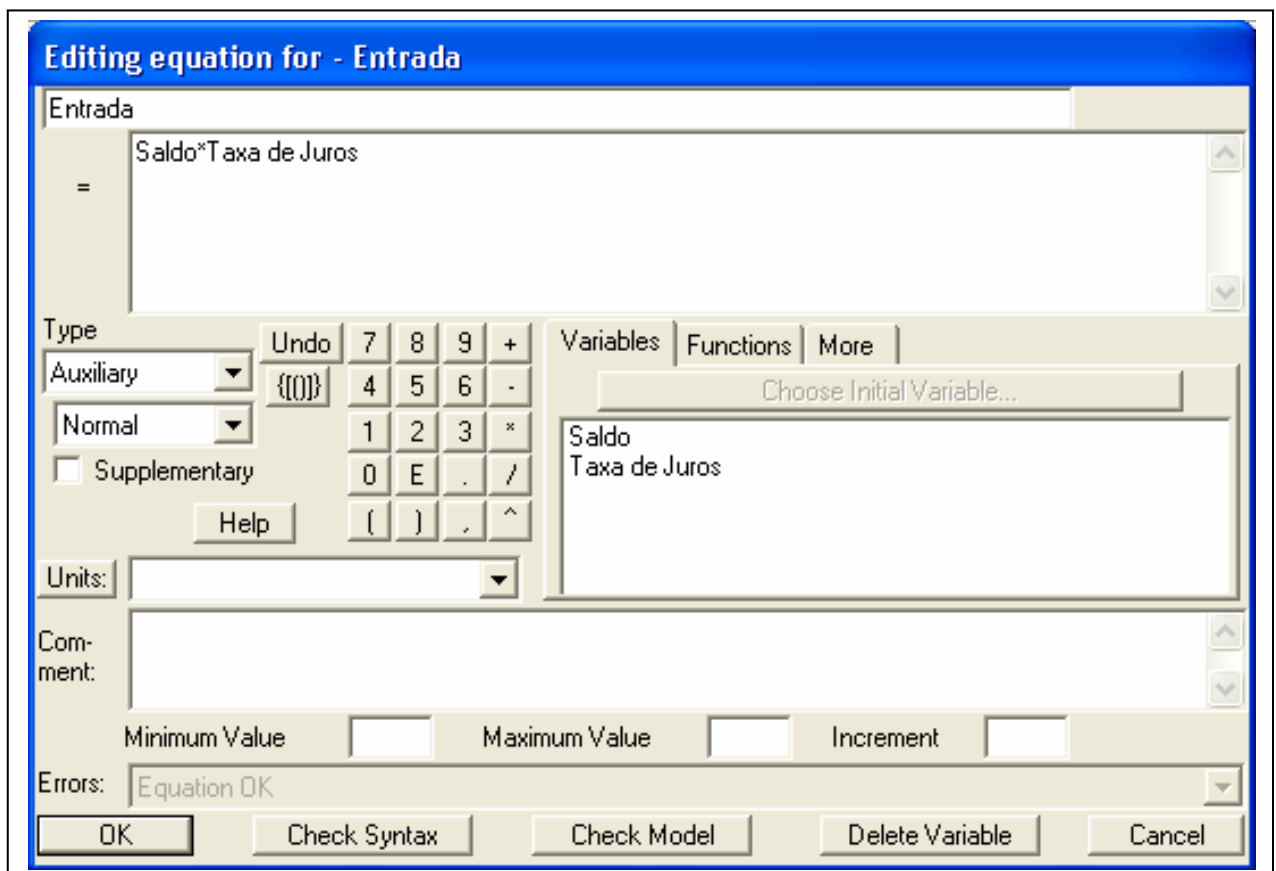
Mais ou menos no meio do quadro estão algumas funções importantes.

À esquerda, a janela Type caracteriza a variável. Para alterar o tipo de uma variável é necessário saber o que queremos fazer.

No meio, temos um teclado numérico, que auxilia na entrada de valores e operadores.

À direita, temos três pastas – Variables, Function e More.

A pasta Variable mostra as variáveis que iremos usar na equação acima. A Function mostra diversas funções úteis. A More apresenta operadores lógicos e outros.











Dinâmica de Sistemas – Vensim PLE

Uma linguagem para construir simuladores de sistemas



Última Barra de Controle Horizontal – na parte inferior do Sketch (Status Bar)



Função	Texto que aparece com o cursor	Obs.
	Show the previous view	Mostre a view anterior
	Choose a view to look at	Um modelo com muitas variáveis poderá exigir um espaço maior que o sketch normal do Vensim. Neste caso V. pode criar outros sketches pressionando este botão e fazendo a ligação entre eles utilizando o botão Shadow Variable, para utilizar as variáveis já definidas. O botão View, da Primeira Barra Horizontal, permite que V. renomeie as “View n” para outros títulos.
	Show the next view	Mostre a próxima view
	Set font on selected vars	Indique o tipo de letra (fonte) das variáveis selecionadas
	Set size on selected vars	Indique o tamanho da fonte das variáveis selecionadas
	b = Set bold on selected vars i = Set italic on selected vars u = Set underline on selected vars s = Set strikethrough on selectec vars	b = Ficam em negrito, as variáveis selecionadas. i = Ficam em itálico, as variáveis selecionadas. u = Ficam sublinhadas, as variáveis selecionadas. s = Ficam com um traço no meio, as variáveis selecionadas.
	Primeiro quadro = Set color on selected vars Segundo quadro = Set box color on selected vars	Primeiro quadro = Ficam coloridas, as variáveis selecionadas. Segundo quadro = Ficam coloridos, os quadros das var. selecionadas.
	Primeiro quadro = Set surround shape on selected vars Segundo quadro = Set text position on selected vars	Primeiro quadro = Coloque uma figura à volta da var. selecionada. Segundo quadro = Desloque/posicione o texto das var. selecionadas.

Dinâmica de Sistemas – Vensim PLE

Uma linguagem para construir simuladores de sistemas

	Primeiro quadro = Set color on selected arrows Segundo quadro = Set arrow width on selected arrows Terceiro quadro = Set polarity on selected arrows	Primeiro quadro = Coloque cor nas arrows selecionadas Segundo quadro = Dimensione a espessura das arrows selecionadas. Terceiro quadro = Informe o sinal das arrows selecionadas
	Push the highlighted words to the background	Coloque as palavras indicadas no background.

Os comandos desta barra ajudam nosso trabalho de fazer o modelo ficar mais claro, para quem vai utilizá-lo.

Colocar (1) cores nos modelos, nas palavras e nas setas, (2) diferenciar o tamanho e tipo das letras e (3) colocar figuras geométricas em algumas variáveis, é uma forma de documentação importante.

Como os modelos são utilizados preferencialmente em processos de aprendizagem é importante apresentá-los de tal maneira que sejam entendidos com facilidade.

O Vensim PLE tem diversos recursos para documentar um modelo, além daqueles apresentados nesta barra.

Podemos documentar cada variável e colocar textos em diferentes locais do sketch.

Podemos criar VIEWS que mostrem os ciclos de Feedback do Sistema relativo ao modelo.

Todo o esforço para tornar o modelo fácil de ser entendido é de grande importância, não só no Vensim como em qualquer outra linguagem.

Dinâmica de Sistemas – Vensim PLE

Uma linguagem para construir simuladores de sistemas

Funções que permitem DECISÕES: (If THEN ELSE) e (LOOKUP)

IF THEN ELSE é uma FUNÇÃO encontrada em diversas linguagens de programação. No Vensim seu formato é:

Vaiável = IF THEN ELSE ([condição] , [valor se condição verdadeira] , [valor se condição falsa])

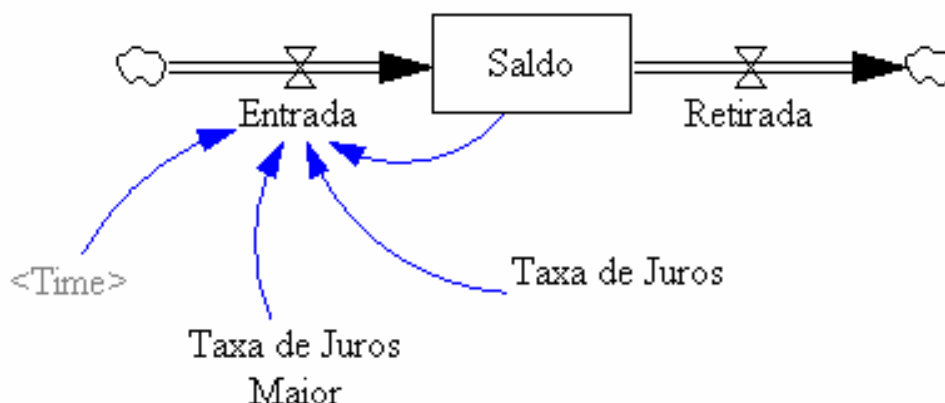
Se no exemplo dado for necessário modificar a Taxa de Juros de 15% para 20%, a partir do sétimo mês, podemos fazer o seguinte:

- (1) Criamos uma variável para colocar a taxa de 20%, chamada Taxa de Juros Maior, com um valor de 0.2 e apontamos (Arrow) para a variável Entrada.
- (2) Com o botão Shadow Variable, colocamos a variável Time no Sketch e apontamos para a variável Entrada.
- (3) Alteramos a equação que estava em Entrada para: $\text{Entrada} = \text{IF THEN ELSE} (\text{Time} < 7, \text{Saldo} * \text{Taxa de Juros}, \text{Saldo} * \text{Taxa de Juros Maior})$.

Faça uma simulação antes e outra depois da alteração. Não se esqueça de manter os arquivos resultantes de cada simulação.

Verifique a diferença entre as duas curvas.

Este modelo foi usado no Manual de Introdução ao Vensim.



Dinâmica de Sistemas – Vensim PLE

Uma linguagem para construir simuladores de sistemas

O LOOKUP é uma função com mais recursos que o IF THEN ELSE, não disponibilizada na Janela Functions e sim no Quadro Type, onde especificamos a espécie ou natureza das variáveis.

Compare o modelo anterior com o que está na próxima página. Este modelo foi criado na View 2. Como o modelo da View 1 e o modelo da View 2 fazem parte de um mesmo sistema, os nomes das variáveis foram modificados. (Um mesmo modelo não pode ter duas variáveis com mesmo nome em qualquer das View's).

Agora estamos usando só uma variável para a taxa de juros (Taxa de Juros – Lookup). Nesta variável alteramos o Type para “Auxiliary” e, na janela abaixo, selecionamos “with Lookup”.

O quadro do editor de equações ficou com o título “Editing equation for – Taxa de Juros – Lookup”. E a equação ficou definida: “Taxa de Juros – Lookup” = WITH LOOKUP Time (As aspas foram colocadas pelo Vensim por motivo do hífen, que também é usado como o sinal menos).

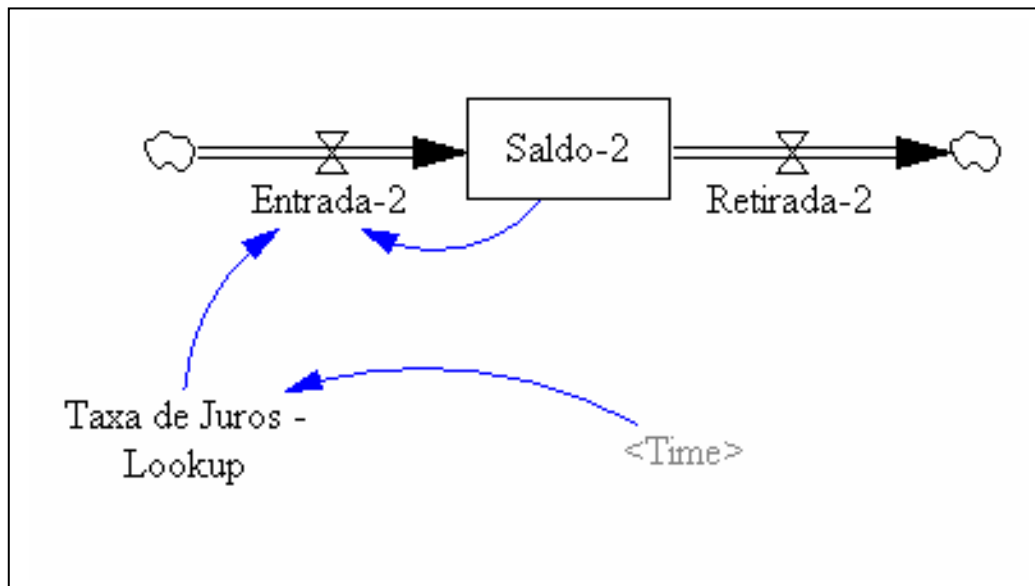
A sequência de Algarismos no quadro inferior é a definição de uma tabela criada pelo Vensim, onde colocamos os valores de x (Time = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12) e os valores de y (0.15 para Time = 1, 2, 3, 4, 5 e 6 e 0.2 para Time = 7, 8, 9, 10, 11, 12).

Aperte o botão “As Graph” e vai aparecer um quadro com o título Graph Lookup – “Taxa de Juros – Lookup”. Veja na página seguinte.

Dinâmica de Sistemas – Vensim PLE

Uma linguagem para construir simuladores de sistemas

Exemplos



Editing equation for - Taxa de Juros - Lookup

"Taxa de Juros - Lookup"

= WIT Time

H LOOKUP (

Look up

up

(((1,0),(12,0.2)),(1,0.15),(2,0.15),(3,0.15),(4,0.15),(6,0.15),(7,0.2),(8,0.2),(9,0.2),(10,0.2),(11,0.2),(12,0.2))

Type

Auxiliary

with Lookup

☐ Supplementary

As Graph Help

Units:

Comment:

Minimum Value Maximum Value Increment

Errors: Equation OK

OK Check Syntax Check Model Delete Variable Cancel

Dinâmica de Sistemas – Vensim PLE

Uma linguagem para construir simuladores de sistemas

À esquerda do quadro abaixo temos duas colunas: Input e Output (x y), com 11 linhas (se forem necessárias mais linha,s o Vensim coloca uma barra de rolagem).

Embaixo temos duas janelas sob o título New.

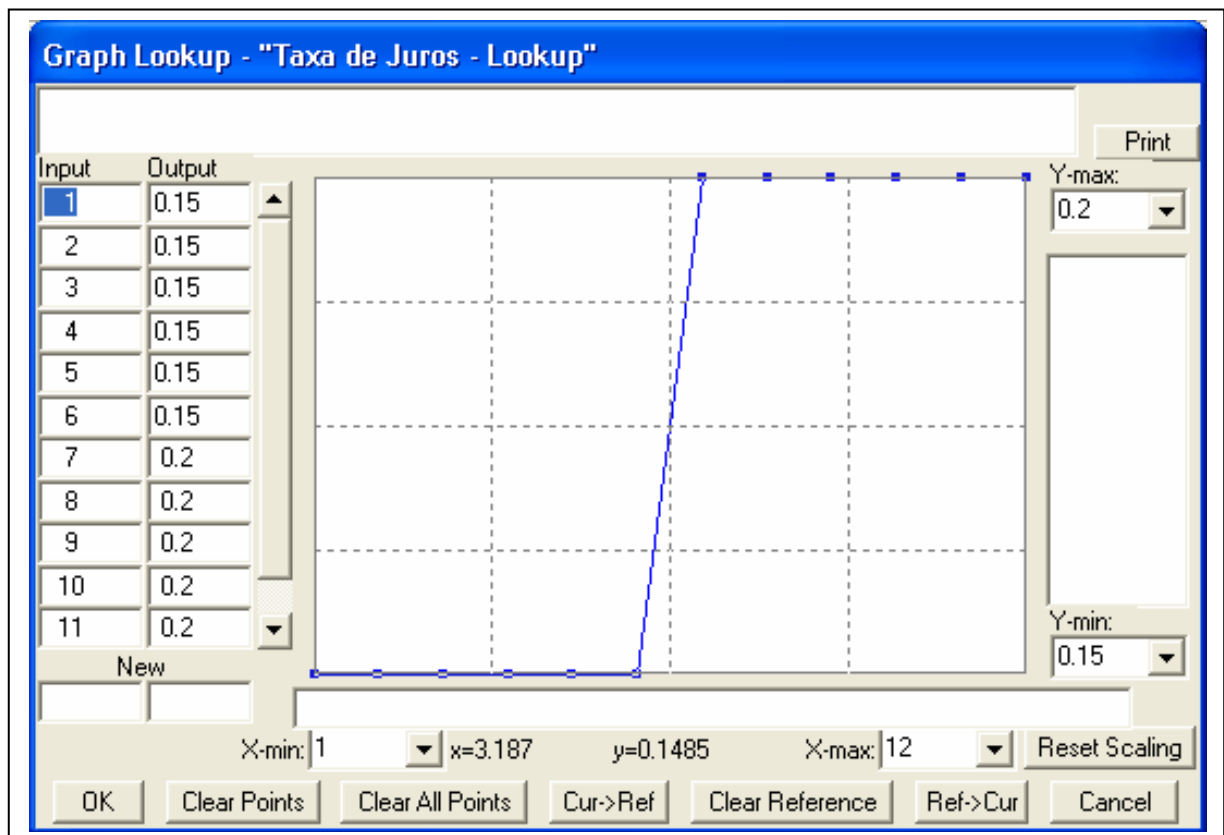
Para colocar os dados relativos aos juros de cada um dos 12 meses, usamos as janelas com título New. Digitamos 1 e Enter. Digitamos 0.15 e Enter. O Vensim irá colocar esses dados na primeira das 11 linhas acima. Repetimos os processo para os outros 11 meses.

Embaixo temos dois quadros: X-min: e X-max:, onde vamos colocar o x-minimo = 1 e o x-máximo = 12.

No lado direito temos outros dois quadros Y-max: e Y-min:, onde vamos colocar 0.15 (nos meses 1, 2, 3, 4, 5 e 6) e 0.2 (nos outros meses).

O gráfico toma a forma ao lado, após o ajuste de x e de y.

Pressione o botão OK, teste o novo modelo e cheque os resultados das View's 1 e 2.



Dinâmica de Sistemas – Vensim PLE

Uma linguagem para construir simuladores de sistemas

Outras FUNÇÕES do Vensim

Defina uma variável com qualquer dos três botões que permitem a criação de variáveis (“Variable - Auxiliary/Constant”, “Box Variable – Level” e “Rate”), pressione o botão Equations e o Editor de Equações, ao lado, vai aparecer.

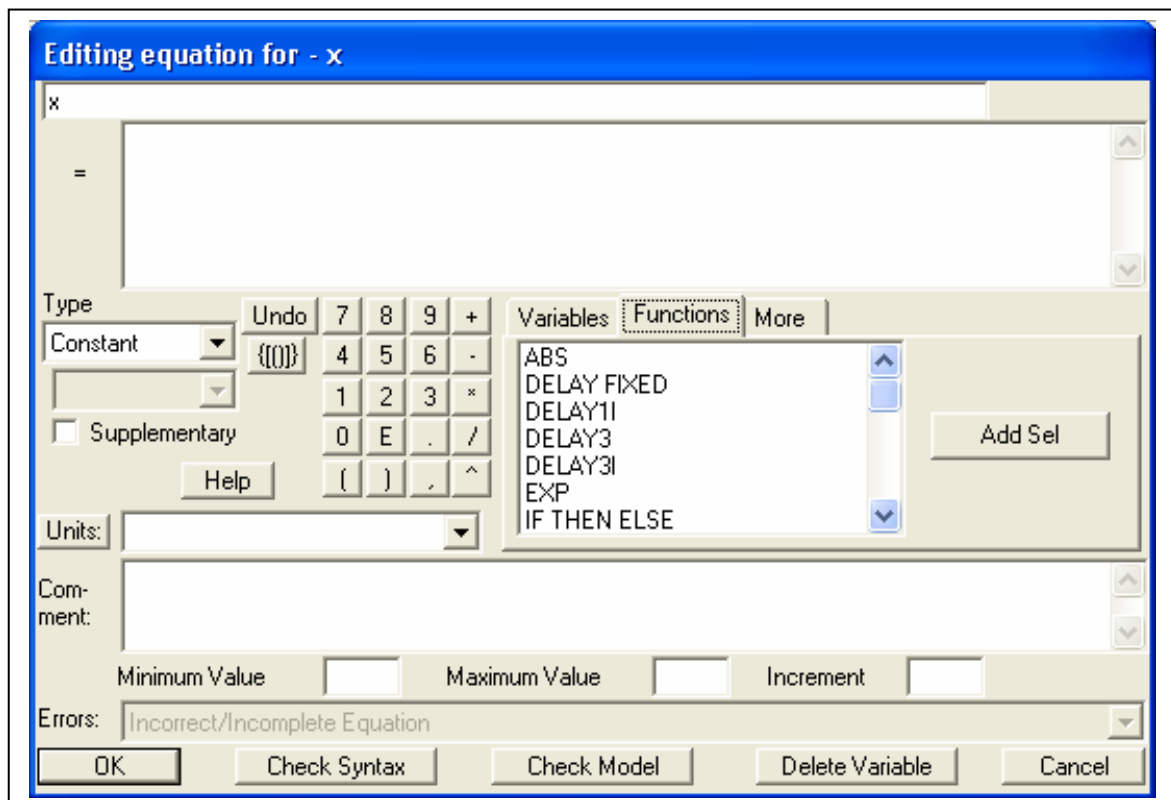
Pressione a janela Functions, no quadro do meio à direita, e o Vensim vai mostrar as funções relacionadas abaixo:

ABS, DELAY FIXED, DELAY1|, DELAY3, DELAY3|, EXP, IF THEN ELSE, INTEGER, LN, MAX, MIN, MODULO, PULSE, PULSE TRAIN, RAMP, RANDOM NORMAL, RANDOM UNIFORM, SIN , SMOOTH, SMOOTH3|, SMOOTH|, SQRT, STEP, XIDZ, ZIDZ.

Algumas não estão disponíveis no Vensim PLE, embora todas estejam documentadas no Help.

Para ver a documentação, em inglês, pressione o botão Help e selecione Vensim Manuals. No quadro à esquerda existem três janelas possíveis: Contents, Index e Search. Selecione Index e escreva o nome da função.

A documentação é boa (quase sempre) e os textos são relativamente fáceis.



Dinâmica de Sistemas – Vensim PLE

Uma linguagem para construir simuladores de sistemas

Alguns comentários sobre as Funções

IF THEN ELSE – já foi explicada.

ABS, INTEGER, EXP, LN, SQRT e SIN – são funções relativamente simples, intuitivas, com bom apoio do Help.

DELAY, RAMP e SMOOTH – alteram o valor de uma variável. Ou de forma abrupta (como um degrau) ou suavemente (como uma curva).

PULSE – altera o valor de uma variável durante uma quantidade determinada de “ciclos” do Vensim, voltando à situação original.

MAX e MIN – limitam valores máximo e mínimo.

MODULO – retorna o resto de uma divisão.

RANDOM – retorna um valor “randômico” ou “aleatório” dentro de limites estabelecidos.

XIDZ e ZIDZ – são usadas quando existe a possibilidade de uma divisão por zero.

Existem alguns modelos prontos do Vensim, fornecidos junto com este manual, que ajudam a entender algumas das funções citadas.

Durante o curso, o uso de diversas funções será apresentado com exemplos que ajudarão no entendimento e aplicabilidade em casos específicos.

Dinâmica de Sistemas – Vensim PLE

Uma linguagem para construir simuladores de sistemas

A importância da definição das unidades nos modelos (1/2)

No Vensim-PLE o Editor de Equações tem um espaço para a definição e registro das unidades de cada uma das variáveis utilizadas. À esquerda da janela do editor, logo acima dos comentários (Comment), existe um botão “Units:” e uma janela onde ficam registradas as unidades utilizadas.

No entanto, podemos desenvolver um modelo, simples ou complexo, e não informar as unidades das variáveis utilizadas. O Vensim vai calcular a simulação, assumindo unidades que poderão não ser as corretas. E o resultado poderá não ser consistente.

Quando indicamos as unidades das variáveis utilizadas no modelo, o Vensim faz uma verificação e emite avisos indicando erros como, por exemplo, uma tentativa de somar ou subtrair valores de variáveis com unidades diferentes:

⇒ “X” Reais + “Y” Dólares = ? (moedas diferentes)

⇒ “X” Barris de Óleo – “Y” Litros de Óleo = ? (unidades de medidas diferentes)

⇒ “X Litros” de Óleo + “Y litros” de Gasolina = ? (produtos diferentes)

Na Primeira Barra de Controle Horizontal (Menu), a função Model / Units Check faz a conferência das unidades de todas as variáveis do modelo, abrindo uma janela com informações para a solução dos problemas.

Na escola, todos nós aprendemos algumas regras simples para combinar e manipular unidades. Uma dessas regras simples é que só podemos somar ou subtrair variáveis que tenham a mesma unidade.

Na equação $x = y + z$, as unidades das três variáveis terão de ser iguais. Se “y” representar o peso em quilos de um aluno e “z” representar o peso em quilos de outro, então “x” (a soma dos dois) também terá quilos como unidade.

Adições e subtrações não alteram as unidades.

Mas multiplicações e divisões alteram as unidades.

Se tivermos um retângulo com 5m de comprimento e 3m de largura e multiplicarmos $5m * 3m$, obtemos a área do retângulo que tem como unidade o m^2 (metro quadrado). Neste caso multiplicamos os valores ($5 * 3 = 15$) e multiplicamos também as unidades ($m * m = m^2$), obtendo o resultado $15m^2$.

Para calcular o volume de um paralelepípedo, com 2m de largura, 3m de comprimento e 5m de altura, fazemos as seguintes operações: com as quantidades ($2 * 3 * 5 = 30$) e com as unidades ($m * m * m = m^3$), resultando em $30m^3$ (metros cúbicos).

Dinâmica de Sistemas – Vensim PLE

Uma linguagem para construir simuladores de sistemas

A importância da definição das unidades nos modelos (2/2)

Existem números que não têm unidades associadas a eles. São *números puros* (em inglês, no Vensim = *dimensionless / dmnl*) como o número PI ($\Pi = 3,14159265\dots$), que é a relação entre o perímetro e o diâmetro de uma circunferência qualquer.

Numa circunferência com perímetro de 12,5663m e diâmetro de 4m, o PI é igual a 3,1415... porque vamos dividir as quantidades e as unidades ($12,5663 / 4 = 3,1415\dots$) e ($m / m = 1$, isto é, as unidades foram anuladas).

Os expoentes também são números puros, sem unidades. Por exemplo, ($x = 10^2$) significa ($x = 10 * 10$). O mesmo acontece com logaritmos ($y = \log 100$); resulta em ($y = 2$) onde o 2 é um número puro ($10^2 = 100$).

Nos modelos em Vensim (ou outros softwares utilizados na Dinâmica de Sistemas) a variável de cada “Rate” (fluxo de entrada ou saída) deve ser mensurada na unidade da variável do respectivo “Level” (estoque), dividida pela unidade de tempo utilizada na simulação (Model / Settings).

Se temos uma conta no banco (Variável do Level = Conta) e um depósito mensal de 100 reais (Variável do Rate = Depósito), a unidade da Conta será Real e a unidade do Depósito será Real / Mês.

Quando desenvolvemos modelos para uma organização é fundamental utilizarmos as mesmas unidades que as pessoas dessa organização conhecem e estão acostumadas.

Podemos ter o hábito de trabalhar sempre com litros e a organização ter os seus controles em galões. Nestes casos, a não utilização de unidades nos modelos pode gerar erros grosseiros, como o caso da sonda para Marte que fez uma aterrissagem desastrosa porque alguns programas trabalhavam com milhas (5280 pés, 1760 jardas ou 1609 metros) e outros com quilômetros (1000 metros ou 0,62 milhas).

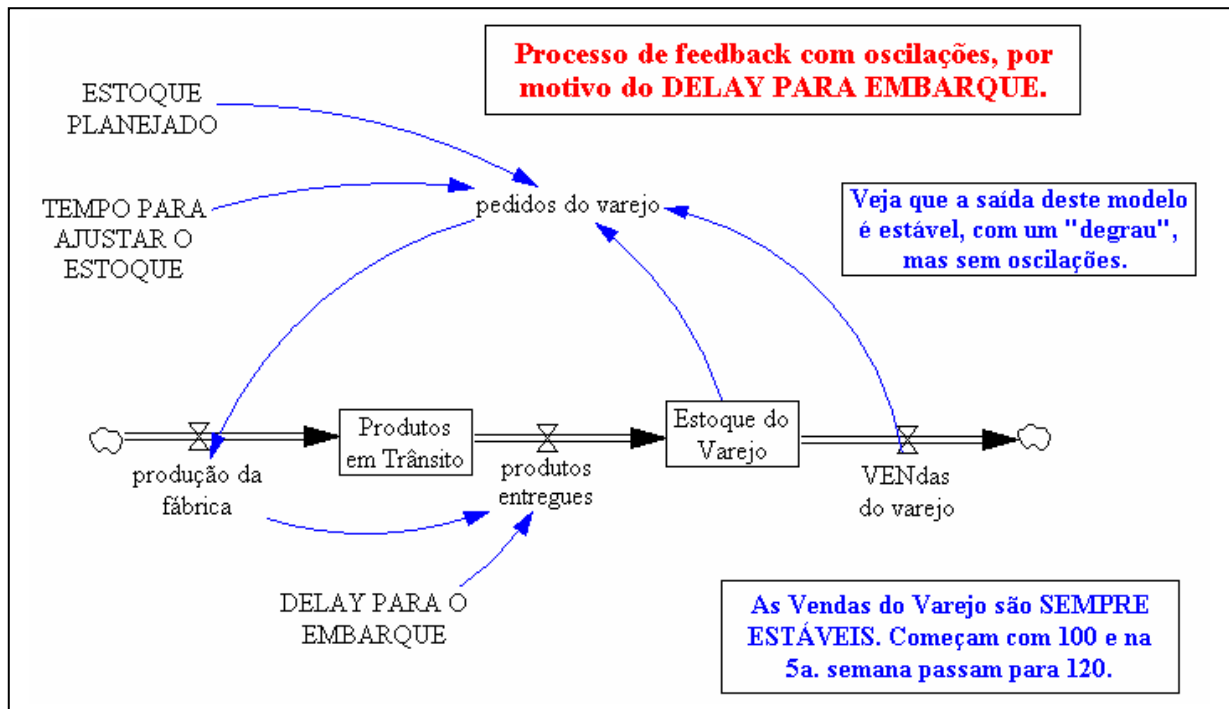
Embora os conceitos básicos sobre o uso das unidades sejam aprendidos na escola, a maioria das pessoas utiliza-os de uma forma automática, sem pensar muito a respeito.

O pessoal que estuda física, engenharia, economia, etc., e que trabalha com valores das mais diversas unidades, costuma ter presente as regras acima.

Dinâmica de Sistemas – Vensim PLE

Uma linguagem para construir simuladores de sistemas

Um padrão para a definição dos “nomes” das variáveis no Vensim



Este modelo, apresentado na página 14 de Dinâmica de Sistemas, foi feito utilizando um padrão que ajuda no entendimento de uma simulação existente.

As constantes (Variable-Auxiliary / Constant) estão definidas com “LETRAS MAIÚSCULAS”:

- ✓ ESTOQUE PLANEJADO
- ✓ TEMPO PARA AJUSTAR O ESTOQUE
- ✓ DELAY PARA O EMBARQUE

As variáveis (Rate e Variable-Auxiliary / Constant) estão definidas com “letras minúsculas”:

- ✓ pedidos do varejo
- ✓ produção da fábrica
- ✓ produtos entregues

Os estoques (Box Variable-Level) estão definidos com a primeira letra de cada palavra “maiúscula”:

- ✓ Produtos em Trânsito
- ✓ Estoque do Varejo

As variáveis que dependem de uma Função como STEP (neste caso um Rate) ficam com as três primeiras letras “MAIÚSCULAS”:

- ✓ VENDas do varejo

Esta padronização, muito simples, facilita a leitura de modelos feitos por outras pessoas.

Lembre-se que o Editor de Equações permite a colocação de comentários nas variáveis.

Os comentários são outro recurso importante para tornar os modelos mais claros, facilitando a compreensão do sistema que estamos simulando.

Sempre que estamos desenvolvendo um modelo em Vensim, ou em outro dos softwares utilizados na Dinâmica de Sistemas (como o STELLA, ithink, Powersim, Dynamo, etc.) precisamos ter em mente que estamos apresentando a nossa versão de um determinado sistema.

Outra pessoa poderá ter uma visão diferente desse sistema e ajudar a melhorá-lo, se entender claramente o que fizemos.

Dinâmica de Sistemas – Vensim PLE

Uma linguagem para construir simuladores de sistemas

Algumas informações para facilitar o desenvolvimento de modelos em Vensim

Conforme já foi comentado, o Vensim tem quatro “comandos” principais para a definição dos modelos:

1. **Variable-Auxiliary/Constant**
2. **Box Variable-Level**
3. **Arrow**
4. **Rate**

Com o **primeiro** definimos variáveis com valores constantes, equações ou funções.

O **terceiro** indica a uma das variáveis, definidas pelos outros três comandos, sobre a existência de uma variável também já definida.

O **segundo** e o **quarto** definem as variáveis-chaves do modelo.

Com o **segundo** (Box Variable-Level) definimos as variáveis aonde vamos acumular valores (stocks). Também conhecidas como variáveis-de-estado do sistema.

Com o **quarto** (Rate) definimos as variáveis que vão representar os valores (fluxos de entrada ou saída) a serem somados ou subtraídos dos “stocks” (Box Variable-Level).

Se V. estudou cálculo o resumo abaixo será suficiente para entender como o Vensim equaciona os modelos. **Caso V. não tenha estudado cálculo ou já tenha esquecido, não perca tempo lendo este quadro. O Vensim prepara as equações sem ajuda, operando com números reais.**

A quantidade existente num “stock” é o somatório dos “fluxos” de entrada menos os “fluxos” de saída. Os “stocks” integram os “fluxos”.

O “stock” no tempo t é igual ao valor inicial do “stock” no tempo $t=0$ mais a integral dos “fluxos” de entrada menos os “fluxos” de saída, em cada t .

A taxa líquida da mudança de qualquer “stock”, a sua derivada, é igual ao “fluxo” de entrada menos o de saída.

$$d(\text{stock}) / dt = \text{fluxo entrada}(t) - \text{fluxo saída}(t)$$

$$\text{stock}(t) = \text{stock}(t_0) + \int_{t_0}^t [\text{fluxo entrada} - \text{fluxo saída}] ds$$

Assim, percebemos que um modelo, nestes softwares da Dinâmica de Sistemas, é representado por um conjunto de equações diferenciais.

Dos dois quadros à esquerda concluímos que não devemos tentar fazer somatórios em variáveis definidas como Variable-Auxiliary/Constant, nem usar o comando Arrow no lugar de variáveis Rate.

Quando queremos uma variável para acumular algo (um stock) é indispensável definir essa variável com o comando Box Variable-Level.

E para somar ou subtrair valores acumulados nas variáveis Box Variable-Level é indispensável definir variáveis com o comando Rate.

Outra informação importante:

Quando V. for iniciar o desenvolvimento de um modelo, comece definindo as variáveis Box Variable-Level (stocks ou acumuladores).

Acredite, fica mais fácil.

Quando escrevemos um programa, em qualquer linguagem (português, Vensim, inglês, Pascal, Java, etc.), normalmente é necessário utilizar alguns valores quantitativos.

E esses valores poderão ser calculados no nosso programa ou serem fornecidos por alguma entidade externa.

Os valores calculados no nosso programa são definidos em variáveis endógenas e os fornecidos em variáveis exógenas.

No Vensim, os valores exógenos deverão registrados em variáveis do tipo Rate ou do tipo Variable-Auxiliary/Constant. Os valores endógenos podem utilizar qualquer dos três tipos de variáveis.

Quando um modelo não tem o comportamento esperado, temos de verificar todas as variáveis para identificar a origem do problema.

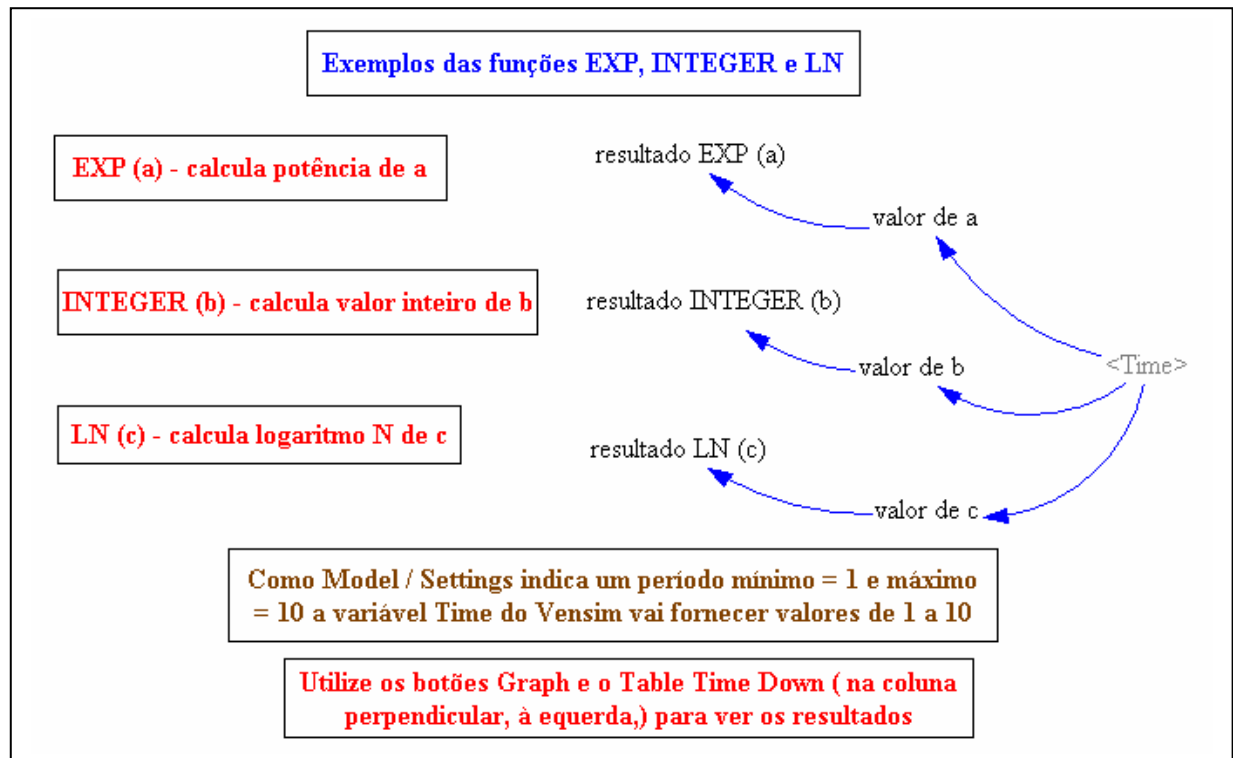
No caso do exemplo do Banco, onde temos uma poupança que é remunerada por uma determinada taxa de juros, esta taxa deve ocupar uma variável sem qualquer outro valor, porque se trata de um valor exógeno, não calculado no nosso modelo.

O botão “Set up a Simulation” permite simularmos diferentes alternativas para as variáveis exógenas.

Dinâmica de Sistemas – Vensim PLE

Uma linguagem para construir simuladores de sistemas

Exemplos das funções EXP, INTEGER e LN



A primeira figura à direita mostra os resultados das 3 funções, numa simulação com os seguintes valores nas variáveis:

- ✓ Time = varia de 1 a 10 (Esta é uma variável do Vensim. Veja Initial Time e Final Time com o botão Model / Settings).
- ✓ Valor de a = Time
- ✓ Valor de b = Time / 3
- ✓ Valor de c = Time

A segunda, mostra os valores de EXP (a) quando a = 1, 2, 3, ... 9, 10.

Utilize o botão Table Time Down, na coluna vertical do Sketch do Vensim, para ver os valores de INTEGER e LN.

A função INTEGER é utilizada quando trabalhamos com valores discretos, não contínuos, como no caso de uma população, onde não temos 1,2 indivíduos.

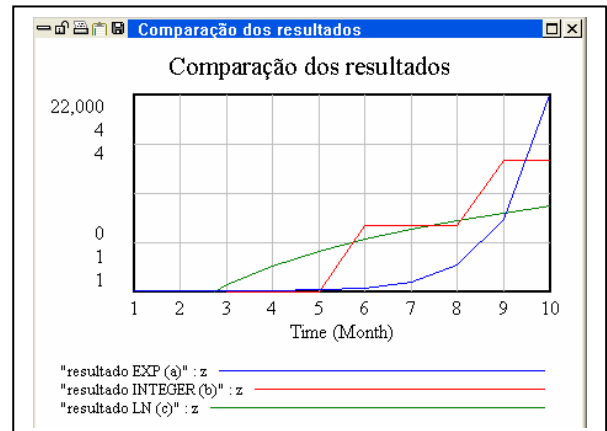


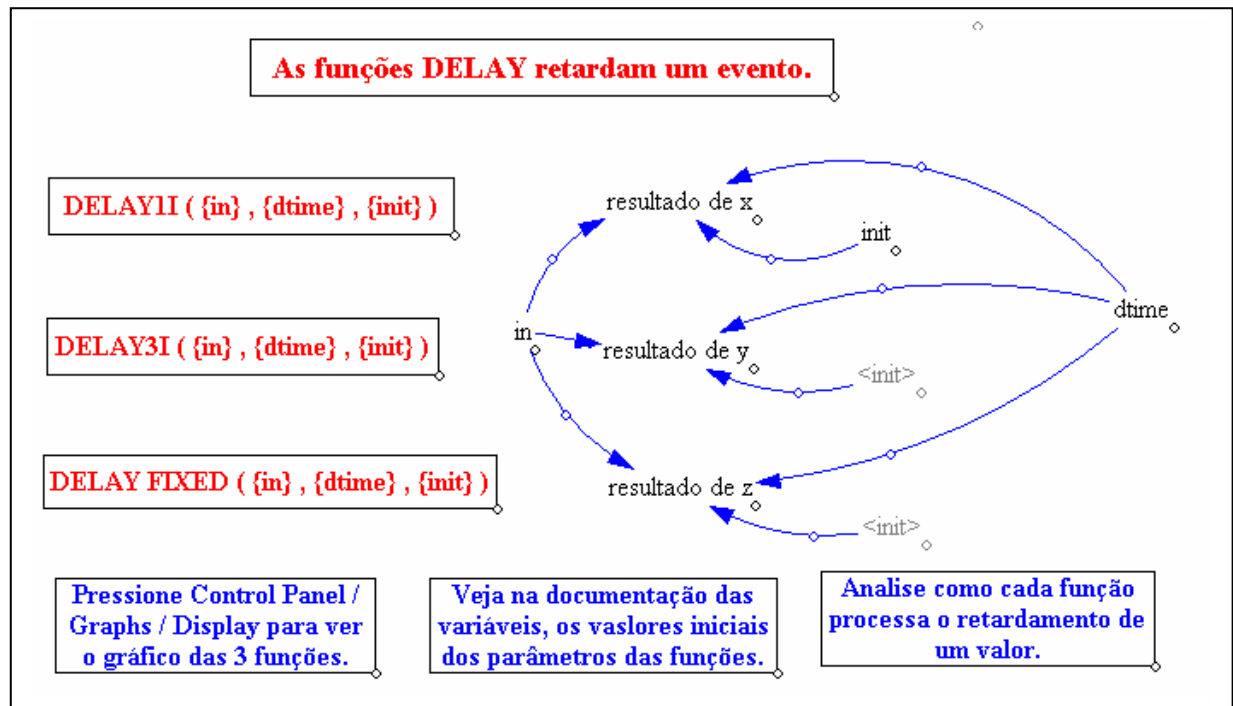
Table Time Down

Time (Month)	"resultado"	"resultado EXP (a)"
1	EXP (a)	2.71828
2	Runs:	7.38906
3	z	20.0855
4		54.5981
5		148.413
6		403.429
7		1096.63
8		2980.96
9		8103.08
10		22026.5

Dinâmica de Sistemas – Vensim PLE

Uma linguagem para construir simuladores de sistemas

Exemplos de funções DELAY



Algumas vezes o tempo de um DELAY é apresentado numa constante, como quando queremos indicar um período de 3 meses para modificar uma linha de produção.

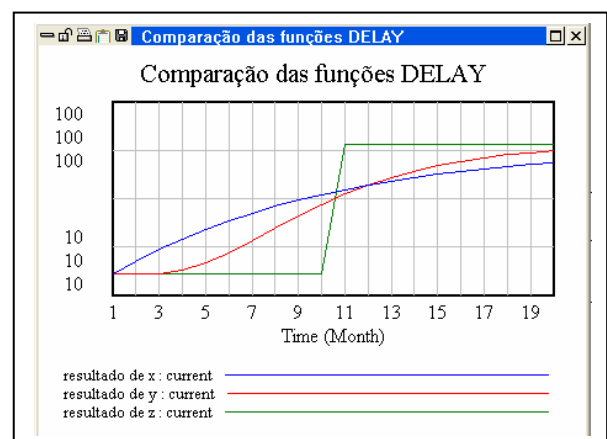
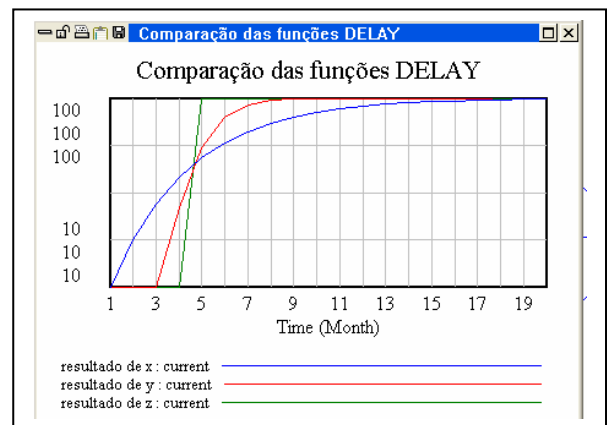
Duas destas funções DELAY (as primeiras) permitem um tratamento mais sofisticado da mudança. Veja no Help / Vensim Manuals a documentação dos diferentes tipos de DELAY. Algumas delas não estão disponíveis no Vensim PLE.

Os gráficos à direita mostram os resultados de duas simulações.

Na primeira simulação, com os seguintes valores na variáveis: dtime = 4, init = 10 e in = 100.

Na segunda, com dtme = 10, init = 20 e in = 80.

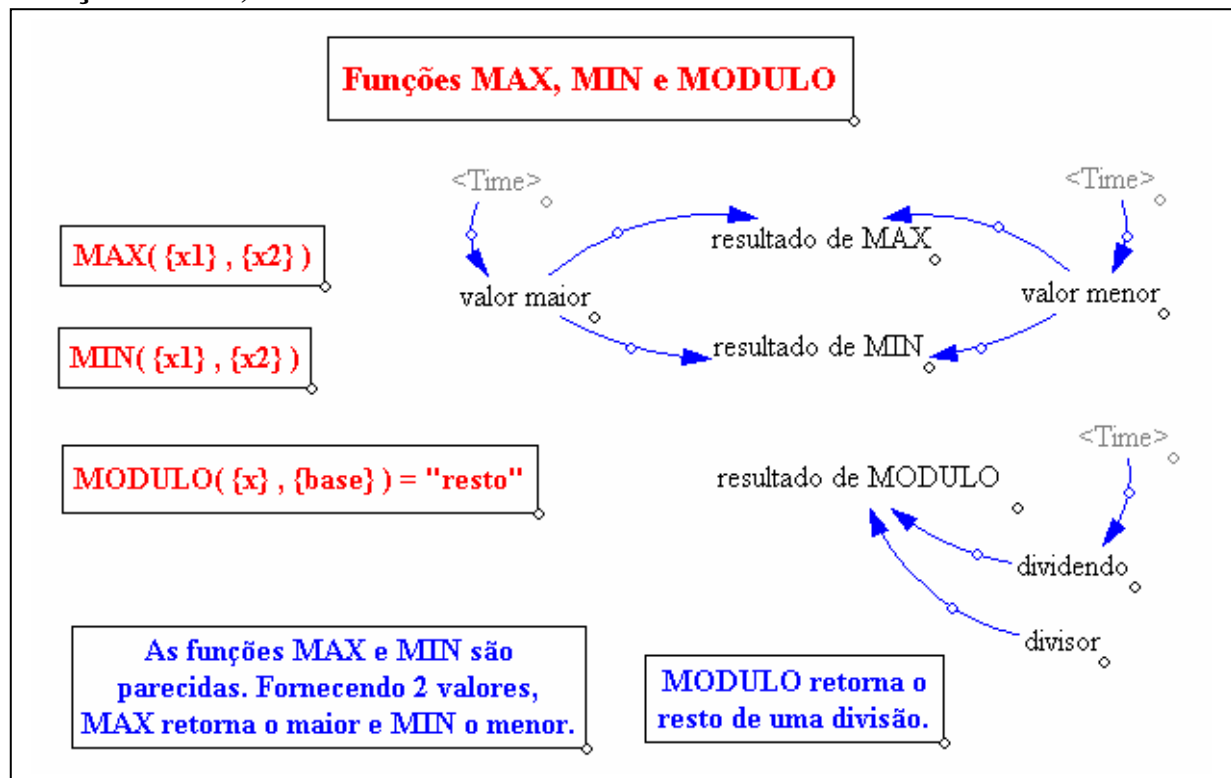
O DELAY FIXED pode ser substituído pela função STEP.



Dinâmica de Sistemas – Vensim PLE

Uma linguagem para construir simuladores de sistemas

Funções MAX, MIN e MODULO



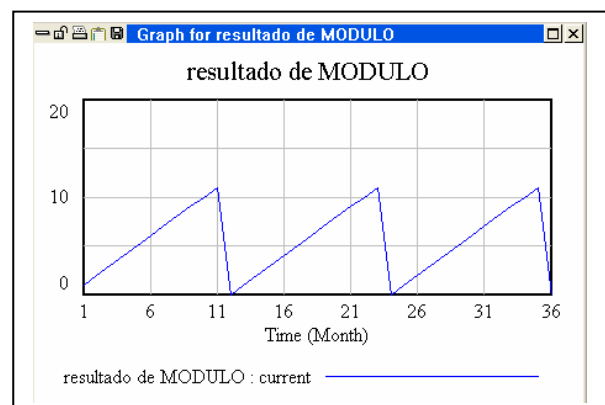
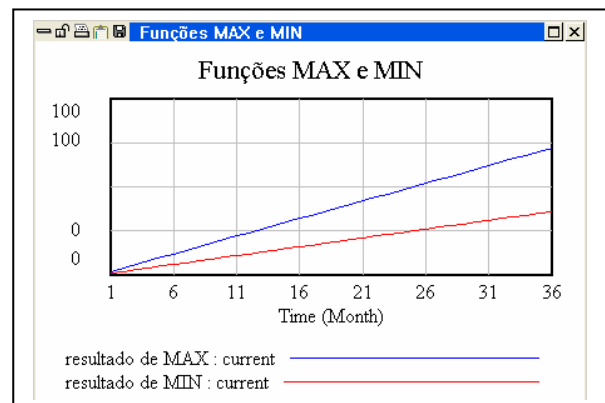
A primeira figura à direita (botão Control Panel / Graphs) mostra o resultado das funções MAX e MIN usando-se Time como valor menor e Time * 2 como valor maior.

A segunda figura (botão Graph) mostra o gráfico da função MODULO com dividendo = (Time até 36) e divisor = 12.

Este é um exemplo comum para a função MODULO. O resto da divisão indica o mês, num período qualquer maior que 12 meses. Quando o resto é 0, significa mês 12.

MIN e MAX são importantes naqueles modelos onde o sistema observado impõe limites a uma ou mais variáveis. Como no caso de um simulador de um processo produtivo onde possam existir limites conhecidos.

Faça algumas simulações.



Dinâmica de Sistemas – Vensim PLE

Uma linguagem para construir simuladores de sistemas

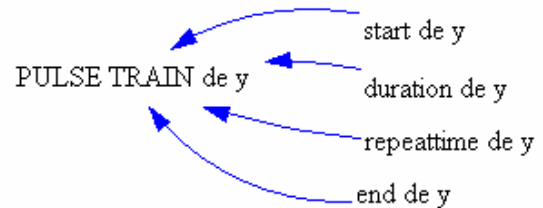
Funções PULSE e PULSE TRAIN

Funções PULSE e PULSE TRAIN

PULSE({start} , {duration})



**PULSE TRAIN({start} , {duration} ,
{repeattime} , {end})**



Como as funções PULSE retornam 1 ou 0, podemos multiplicar um valor qualquer pelo resultado do PULSE.

Por exemplo, quantidade de chuva em um determinado período de tempo.

As funções PULSE normalmente são utilizadas junto com variáveis existentes no modelo ou com outras funções.

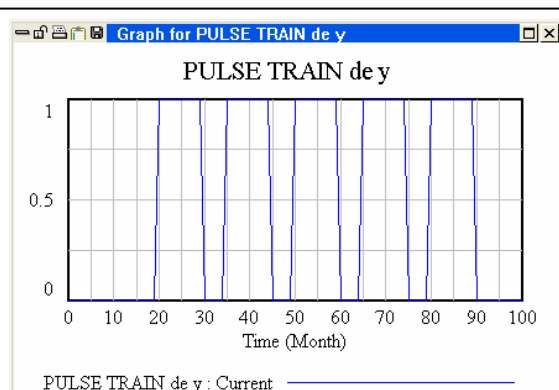
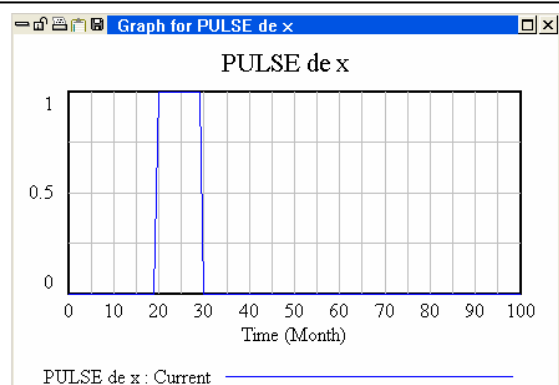
PULSE retorna 1 ou 0 durante um único período de tempo.

PULSE TRAIN fornece diversos períodos, onde o início de cada período é contado pelo “repeattime” a partir do início de cada período anterior e o final do ciclo é indicado pelo “end”.

Nas duas funções PULSE a duração de cada período é fornecida por “duration”.

As explicações acima talvez sejam desnecessárias, uma vez que a função é um tanto óbvia, mas foram colocadas dada a importância do PULSE, encontrada em modelos relacionados com sistemas da natureza.

É comum encontrar PULSE junto com RANDOM.



Dinâmica de Sistemas – Vensim PLE

Uma linguagem para construir simuladores de sistemas

Função RAMP

Função RAMP

Retorna 0 até o "start time" e depois "slopes upward" até "end time" quando permanece constante..

Subtrai o tempo final do inicial e multiplica pelo "slope", para obter o valor final.

NOTA - o valor resultado de RAMP não é modificado exceto nos intervalos do TIME STEP, não considerando o método de integração utilizado.

RAMP({slope} , {start} , {finish})

RAMP de x-1

RAMP de x-2

RAMP de x-3

RAMP de x-11

RAMP de x-21

RAMP de x-31

No exemplo de x-1 / RAMP (1, 10, 25) é 0 até o tempo 10, depois cria uma linha até o valor 15 no tempo 25, permanecendo com 15 até o final.

Ver os gráficos prontos no Control Panel / Graphs.

Lembrando: os exemplos em Vensim das funções estão anexados com o nome dos arquivos relacionados com as respectivas páginas deste manual.

As duas figuras à direita mostram os resultados de x-1 e x-3. Veja o impacto do "slope" nos resultados.

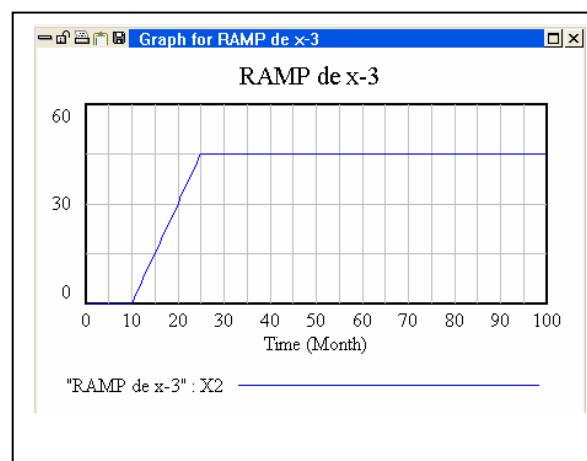
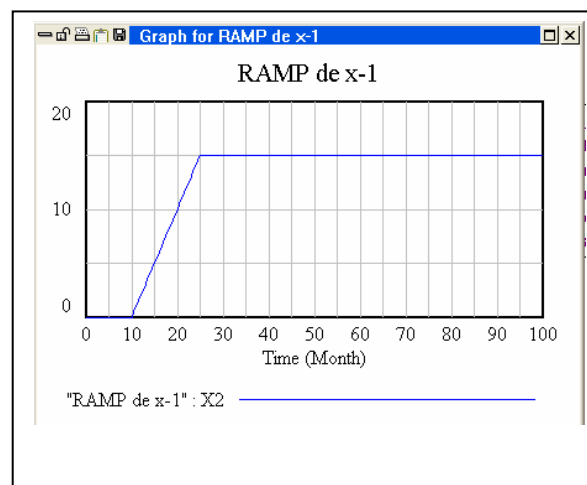
Com o botão Graph veja o resultado de x-2.

Com o botão Control Panel / Graphs analise o resultado de x-1, x-2 e x-3, na primeira comparação. E de x-11, x-21 e x-31 na segunda comparação.

As funções RAMP oferecem soluções interessantes para alguns casos de DELAY.

Embora sejam funções relativamente simples insisto em que sejam feitas algumas simulações para entender como funcionam.

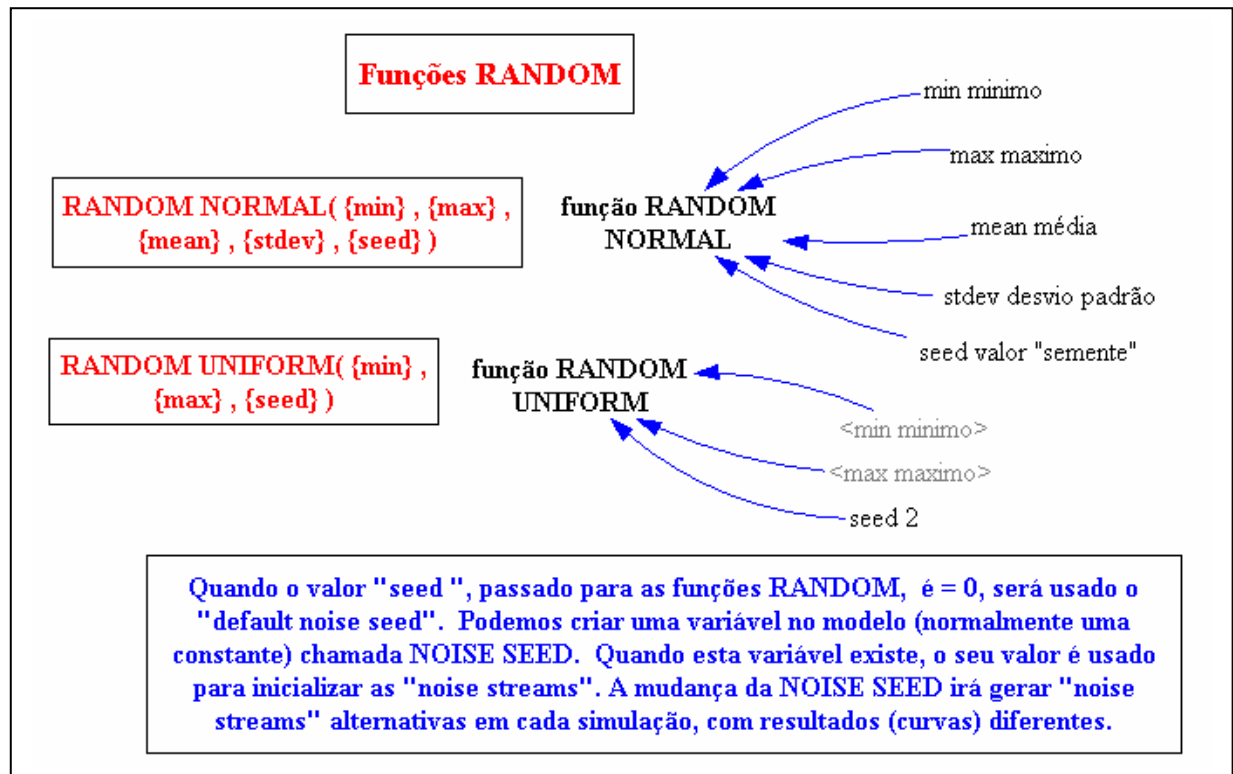
Fazer algumas simulações é muito importante neste processo de aprendizagem.



Dinâmica de Sistemas – Vensim PLE

Uma linguagem para construir simuladores de sistemas

Funções RANDOM



A funções RANDOM fornecem valores aleatórios dentro dos parâmetros indicados. Algo parecido com os resultados obtidos jogando um dado (que só tem os valores 1, 2, 3, 4, 5 e 6).

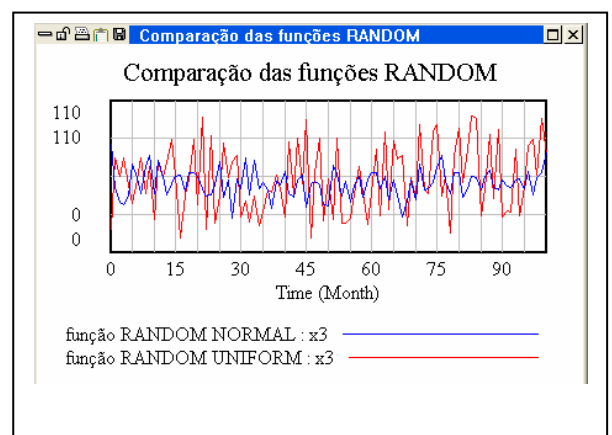
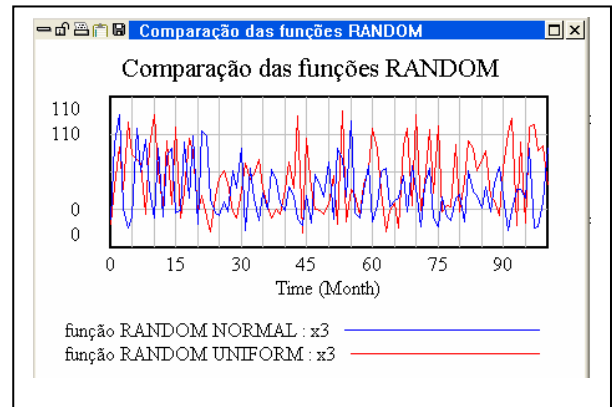
Na primeira figura (Control Panel / Graphs) temos os resultados das duas, quando a média é = 45 e o desvio padrão = 1.

Na segunda, quando a média é = 50 e o desvio padrão = 10.

Nas duas simulações seed = 0.

A RANDOM UNIFORM tem uma amplitude de variação maior. Na RANDOM NORMAL a variação está condicionada pelos parâmetros média e desvio padrão.

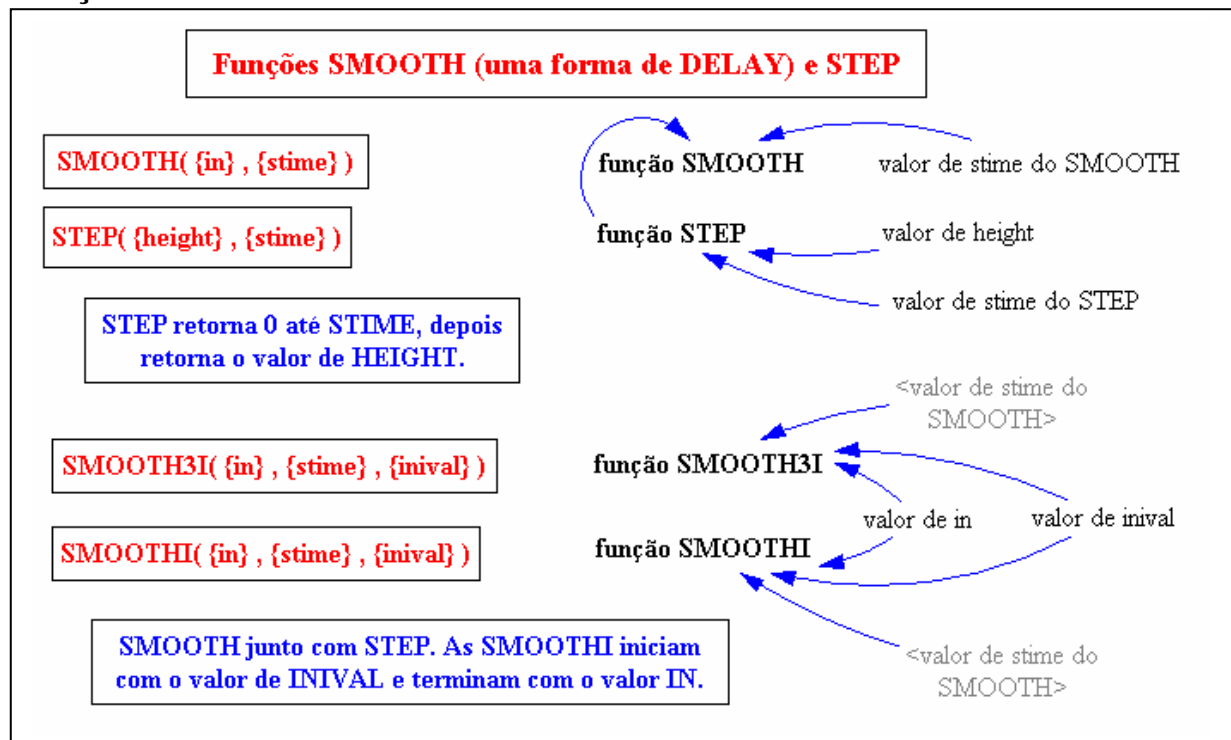
Se V. tem dúvidas quanto ao impacto destes 2 parâmetros, faça algumas simulações.



Dinâmica de Sistemas – Vensim PLE

Uma linguagem para construir simuladores de sistemas

Funções SMOOTH e STEP



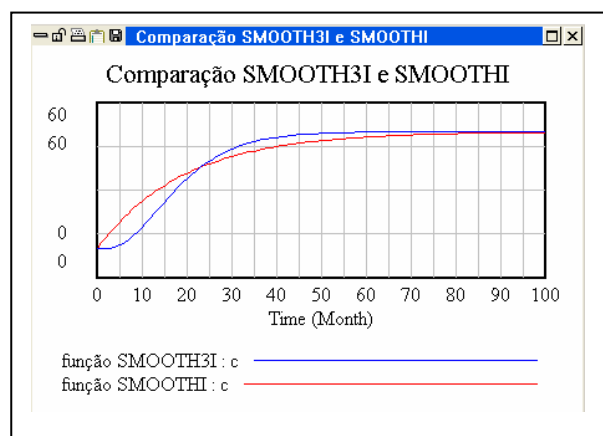
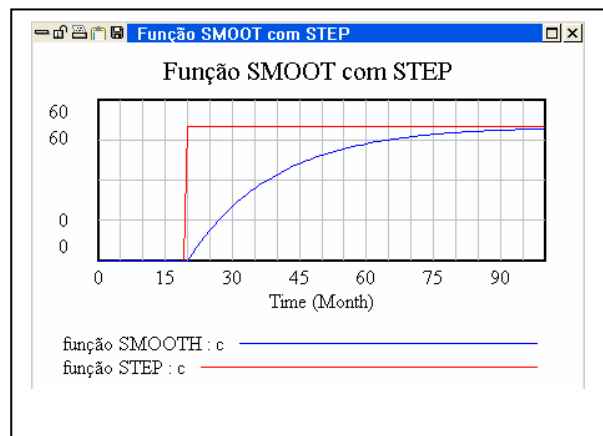
A funções SMOOTH são outro tipo de DELAY.

SMOOTH costuma ser usada em associação com **STEP**, conforme mostrado na primeira figura à direita. Note que **STEP** sozinha gera um degrau reto, enquanto **SMOOTH**, associada, gera uma curva.

SMOOTH3I e **SMOOTH3**, na segunda figura, também resultam curvas, mas com características diferentes comandadas por parâmetros específicos.

O “Help / Vensim Manuals / Index” do Vensim mostra as respectivas equações. Se V. tiver dificuldade para entender as equações, faça algumas simulações com diferentes parâmetros e observe o comportamento das curvas resultantes.

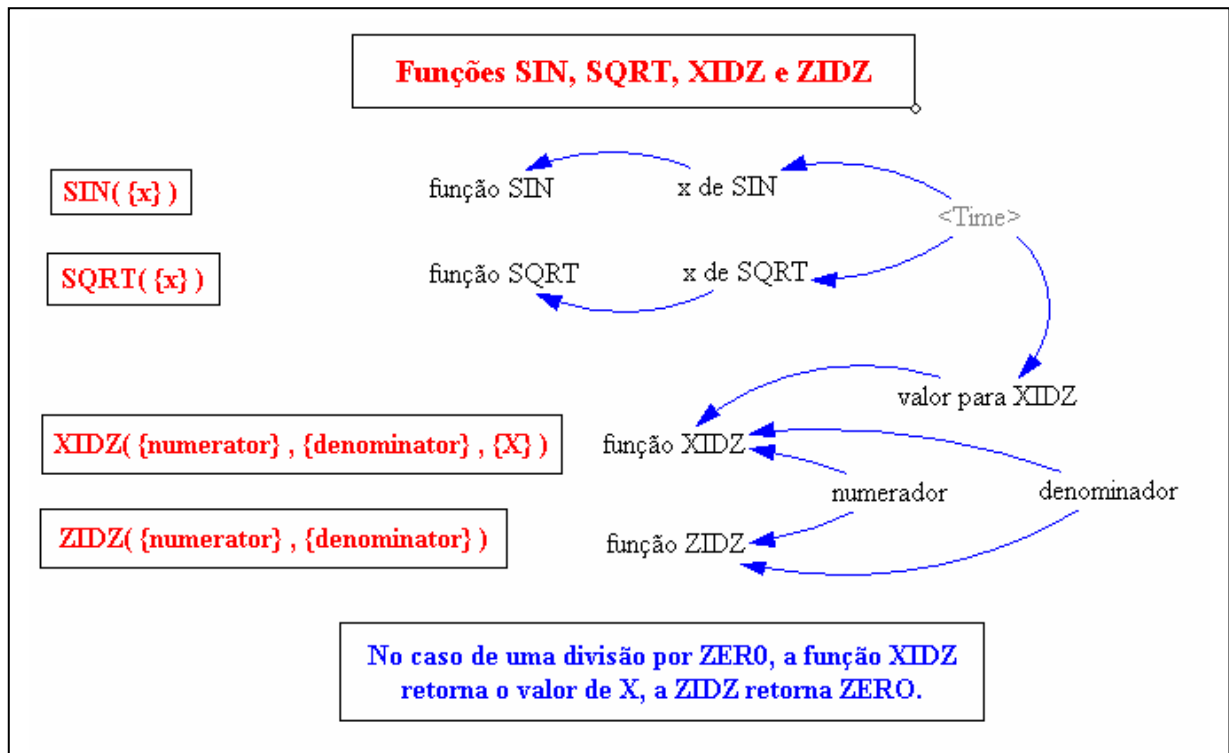
Conhecendo o comportamento das funções V. poderá usa-las com facilidade.



Dinâmica de Sistemas – Vensim PLE

Uma linguagem para construir simuladores de sistemas

Funções SIN, SQRT, XIDZ e ZIDZ

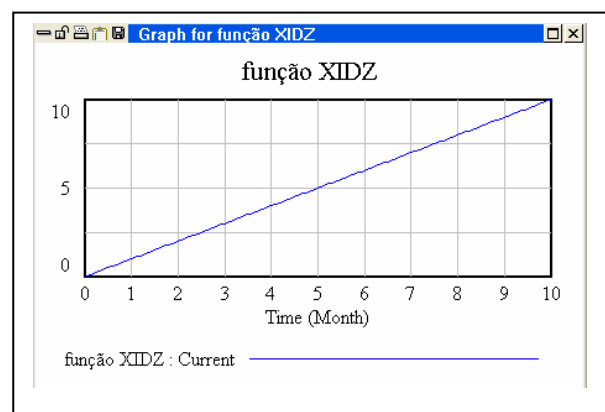
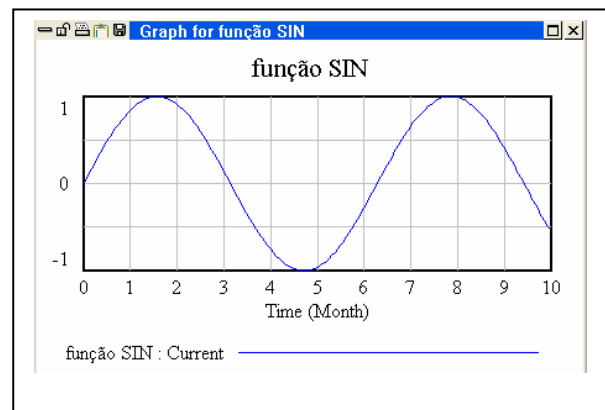


A primeira figura à direita mostra a curva resultante da função SIN, quando x varia de 0 a 10.

Neste caso, somos obrigados a fazer o Time Step = 0.0625 (Model / Settings). Isso indica que queremos que o Vensim faça 16 cálculos em cada unidade de tempo e, por consequência, Time assume valores decimais entre cada inteiro (de 0 a 10). Como o Vensim utiliza o método de integração Euler, se usarmos Time Step = 1, não vamos obter uma curva.

As outras três funções, SQRT (raiz quadrada), XIDZ e ZIDZ, são muito simples, intuitivas.

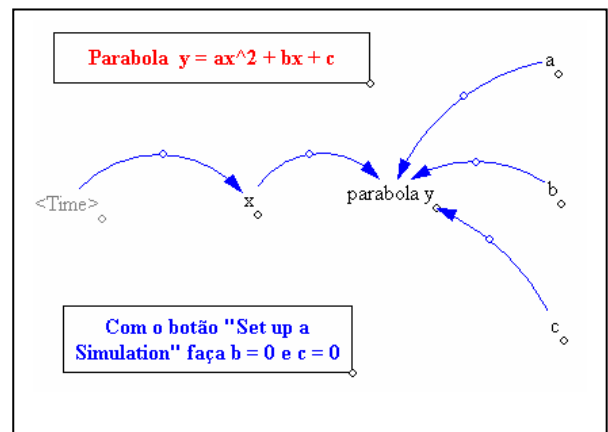
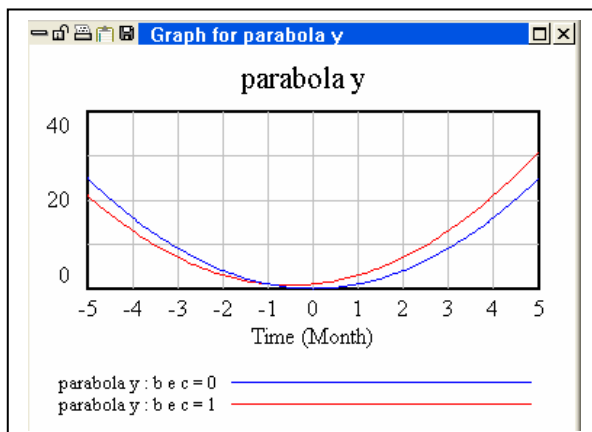
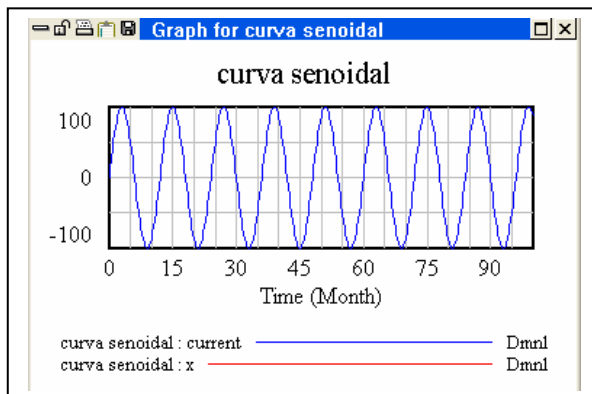
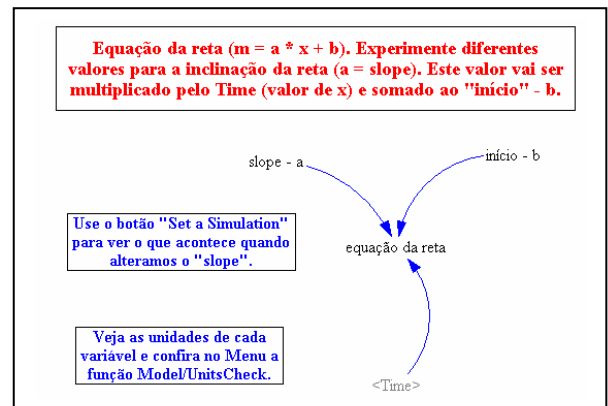
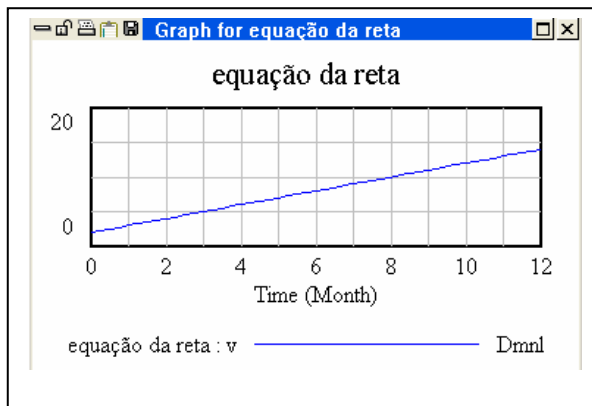
Como sempre, sugiro que V. faça algumas simulações com as quatro funções. Teste SIN com Time Step = 1 veja um resultado estranho (motivo da Euler).



Dinâmica de Sistemas – Vensim PLE

Uma linguagem para construir simuladores de sistemas

Exemplos de equações simples em Vensim



Estes três modelos mostram o Vensim sendo utilizado como um recurso informatizado para introduzir alguns conceitos simples de matemática.

Como podem ser feitas simulações com valores diferentes, o aluno consegue facilmente “alterar” as equações e “ver” os resultados em forma de gráficos, que podem ser apresentados com os comentários necessários para facilitar o entendimento.

Dinâmica de Sistemas

II Parte

Exemplos de DCC's (Diagramas de Ciclos Causais) e de modelos em Vensim.

- ✓ Vários exemplos foram coletados do Manual “System Dynamics Methods: A Quick Introduction”, de Craig W. Kirkwood, College of Business Arizonas State University.
- ✓ O manual acima está disponível nos “site’s” do Prof. Craig W. Kirkwood (<http://www.public.asu.edu/~kirkwood/sysdyn/SDRes.htm>), e da Ventana Systems (www.vensim.com) desenvolvedora do software Vensim-PLE, que é gratuito para a educação.
- ✓ Os textos foram desenvolvidos por Hélder Leal da Costa, Professor da Uniso – Universidade de Sorocaba. Alguns dos exemplos tiveram expressiva participação de alunos da Uniso e outros foram coletados dos manuais da Ventana Systems, Inc.
- ✓ Esta II Parte tem 18 modelos em Vensim, cujos nomes de arquivo referenciam as páginas deste manual.

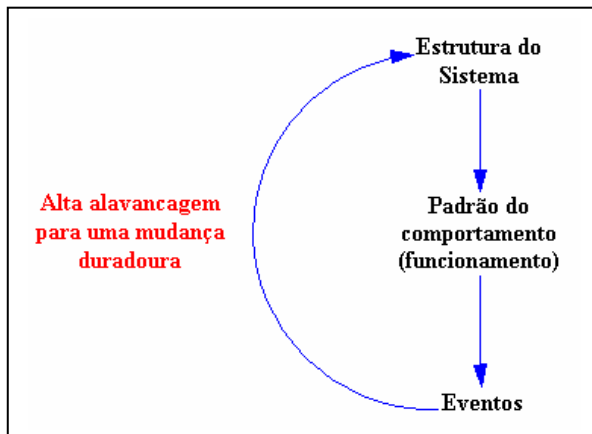
Conceitos básicos

Índice

- ✓ A Estrutura dos Sistemas (Fig Ch. 01-01) / pág. 03
- ✓ A Organização como Sistema (Fig 01-03) / pág. 04
- ✓ Resumo do Sistema Terra (Fig. 07-D.L.Kauffman) (D.H Meadows) / pág. 05
- ✓ Comportamento das variáveis ao longo do tempo (Fig 01-02) / pág. 06
- ✓ Método para construção dos DCC ou CLD (Fig 01-04) / pág. 07
- ✓ Ciclo de Crescimento Exponencial / FB+ ou Feedback positivo (Fig 01-05) / pág. 08
- ✓ Ciclo de Equilíbrio / FB- ou Feedback negativo (Fig 01-06) / pág. 09
- ✓ Ciclo de Feedback negativo com DELAY = atraso, demora, retardo (Fig 01-07) / pág. 10
- ✓ Curva em “S” ou crescimento com limite (Fig 01-08) / pág. 11

Ver arquivo: DS-(1).doc

Fig Ch. 01-01 / A Estrutura dos Sistemas



Uma das afirmações mais importantes feitas pelos pesquisadores da Dinâmica de Sistemas é:

A Estrutura de um Sistema condiciona o comportamento desse Sistema.

Logo, quando um sistema apresenta um comportamento não desejado ou não esperado, normalmente a melhor alternativa é modificar a estrutura do sistema.

Os seres humanos sobreviveram como espécie porque foram desenvolvendo a capacidade de resolver problemas imediatos, como: encontrar comida, escapar de um predador, procurar abrigo contra o frio, etc.

Nós determinamos com rapidez a causa para qualquer evento que seja considerado um problema. E costumamos concluir que a causa é um outro evento.

Este método é bom para problemas simples, mas parece não funcionar bem com problemas complexos como a pobreza, o desemprego, o analfabetismo, a mortalidade infantil, o apoio aos idosos, e tantos outros.

O processo normal de raciocínio de um dirigente de vendas, para resolver o problema de vendas abaixo do esperado, poderia ser:

- (1) Os vendedores não conhecem os produtos.
- (2) O treinamento deles não foi bom.
- (3) O pessoal de desenvolvimento dos produtos está mais preocupado com a produção.
- (4) Os vendedores estão desanimados.
- (5) Precisamos motivá-los e melhorar o treinamento nos produtos...

Continuando neste processo vamos encontrar uma grande quantidade de problemas independentes.

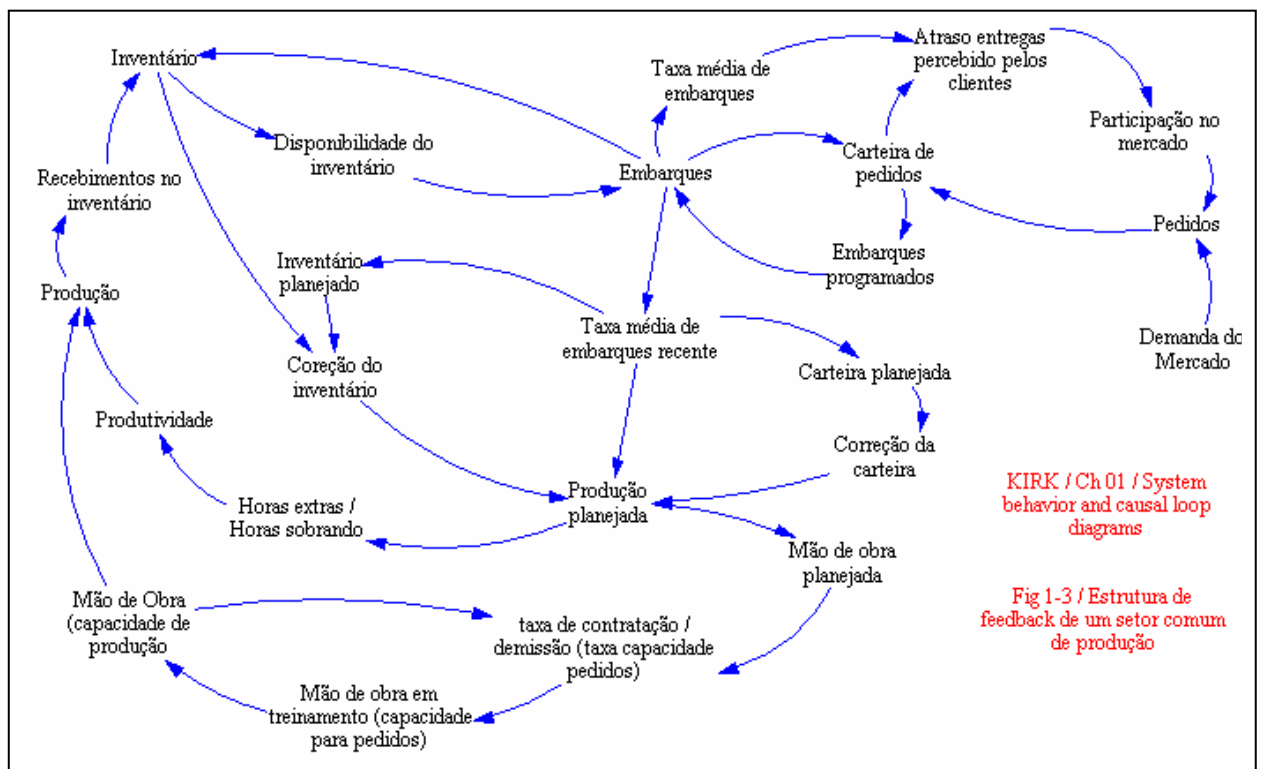
O Pensamento Sistêmico permite um enfoque diferente.

Em vez de olharmos cada evento e sua causa de forma isolada, o que nos leva a outros eventos e muitas outras causas independentes, o Pensamento Sistêmico nos orienta a olhar a Organização como um Sistema, constituído por partes que interagem umas com as outras.

É importante destacar que as partes de um sistema não estão isoladas umas das outras. São interdependentes, o que acontece em qualquer uma delas afeta todas as outras, com maior ou menor intensidade.

A forma como essas partes se comunicam umas com as outras condiciona o comportamento do sistema. A maioria dos problemas tem origem no modo como as partes estão organizadas, ou seja, na estrutura do próprio sistema.

Fig 01-03 / A Organização como Sistema



A figura acima apresenta a estrutura de um setor comum de produção e vendas.

Tudo está interligado.

Qualquer coisa que afete o comportamento de uma das partes vai afetar, mais cedo ou mais tarde, todos os outros componentes do sistema.

Por exemplo, o tempo de resposta de cada uma das partes às informações que estão sendo enviadas pelas outras, sobre o que está acontecendo, vai determinar a capacidade do sistema para se adaptar às novas situações.

É claro que a organização é afetada por eventos externos, como: retração do mercado, preços menores da concorrência, tecnologias modernas, novas regras de negócio do governo, etc.

Mas a origem da maioria dos problemas enfrentados pelas organizações é interna. A estrutura da organização condiciona a forma como a organização vai responder aos eventos externos.

O diagrama acima (Causal Loop Diagram ou Diagrama de Ciclos Causais) mostra a interdependência de todos os componentes da organização.

O *Inventário*, no canto superior esquerdo da figura, condiciona os *Embarques* para os clientes.

Mas esses *Embarques* afetam a *Produção planejada*, a *Mão de obra* – de diferentes formas, a *Produtividade*, a *Produção* e o próprio *Inventário*.

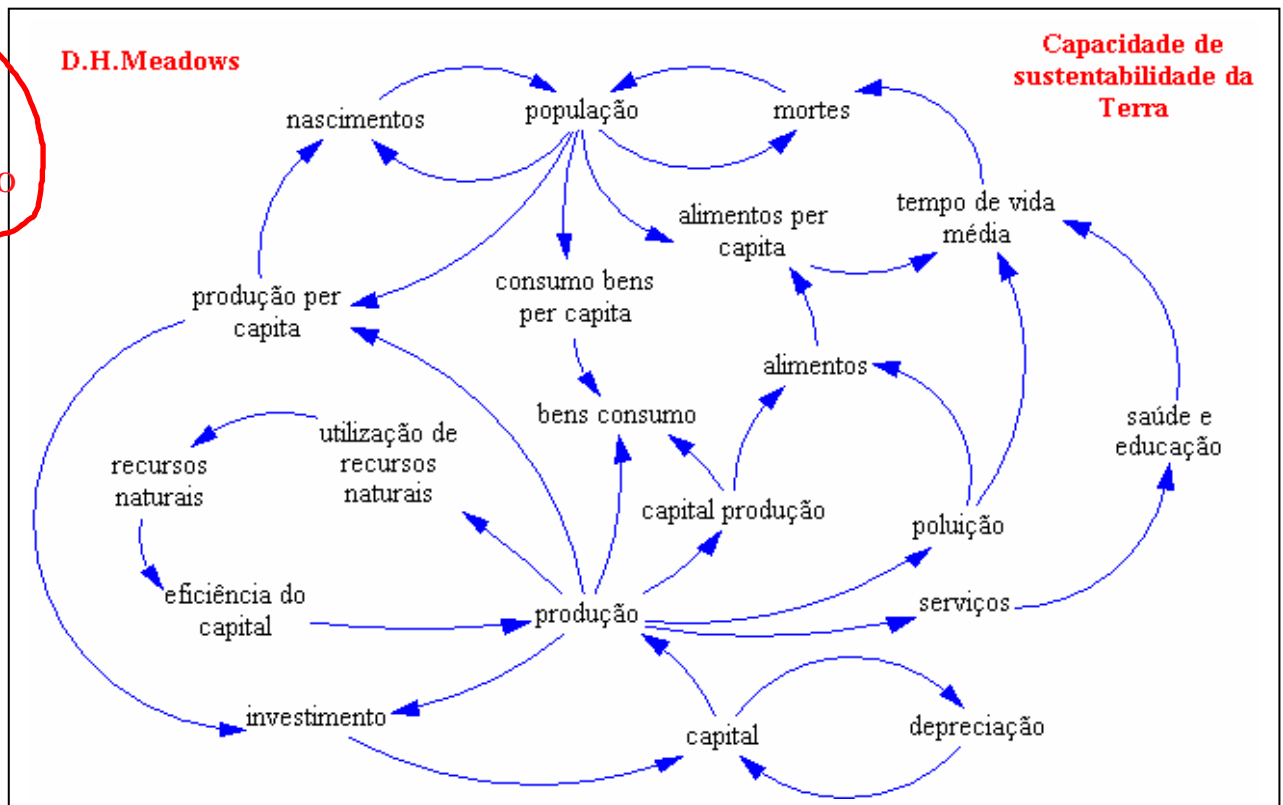
Os *Pedidos* sinalizam a necessidade de *Embarques* que só poderão ser feitos se o *Inventário* tiver os itens indicados.

A *Participação no mercado* pode depender da existência ou não de *Atraso nas entregas percebido pelos clientes*.

Existindo atraso, este pode ter sido motivado pela *Mão de obra (capacidade de produção)*, que interferiu na *Produção*, não atendendo ao *Inventário*.

Tudo está interligado.

Fig. 07-D.L.Kauffman (D.H Meadows) / Resumo do Sistema Terra



Donella H. Meadows foi uma cientista da Área de Dinâmica de Sistemas que estudou detalhadamente a questão dos Limites ao Crescimento da população mundial, com uma visão sistêmica.

Outros cientistas, das mais diversas áreas do conhecimento, já tinham chegado à conclusão que o planeta não teria recursos para atender a um crescimento constante da população.

Mas até a apresentação do trabalho de Meadows, no final da década de 60, os estudos apresentados estavam limitados à área de pesquisa de cada pesquisador.

Os economistas estudavam os aspectos econômicos, os ecologistas e os biólogos preocupavam-se com o equilíbrio dos recursos naturais e com a qualidade de vida, etc.

O trabalho de Meadows, apresentado ao Clube de Roma na década de 70, teve um forte impacto ao demonstrar que tudo estava interligado.

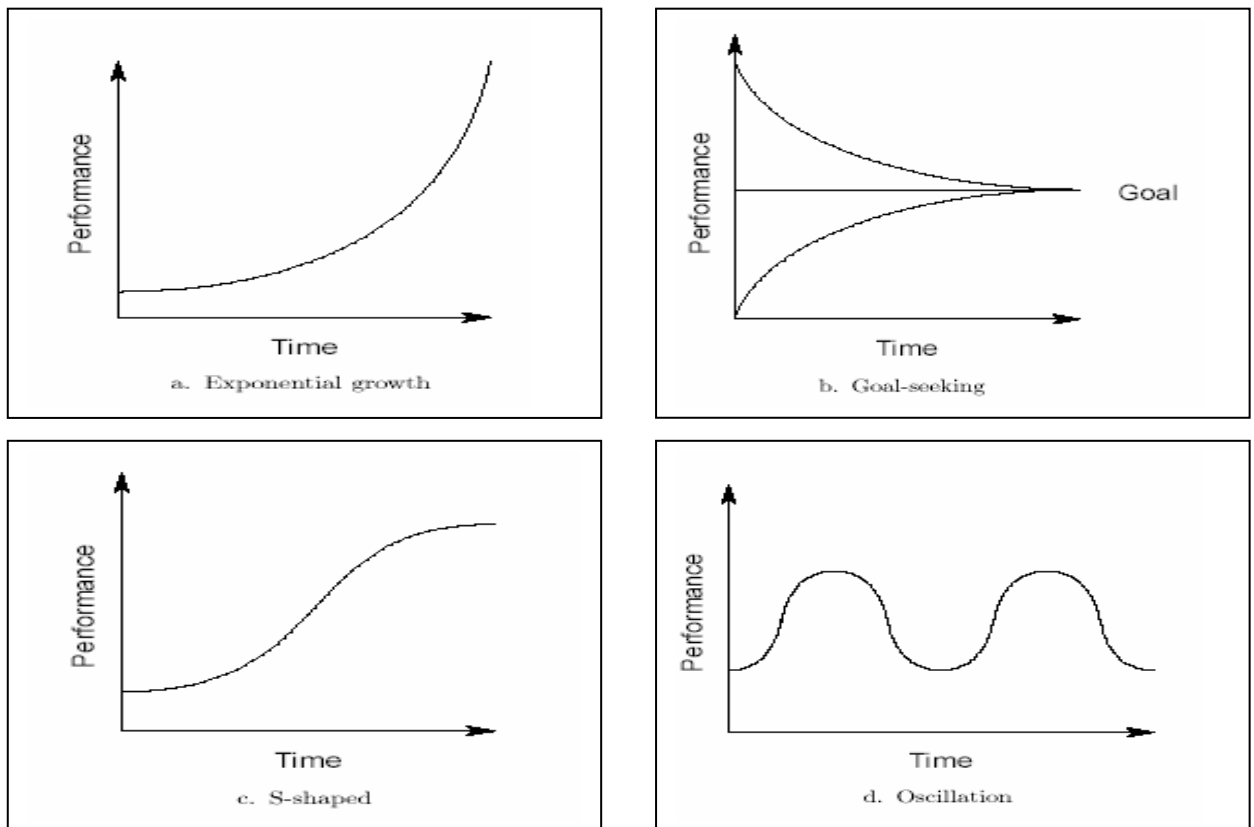
Draper. L. Kauffman, professor da University of Massachusetts e do Webster College, conselheiro do Stanford Research Institute e do U.S. Office of Education, além de consultor em organizações industriais, escreveu alguns livros de grande importância para a divulgação do Pensamento Sistêmico.

Teaching the Future e Futurism and Future Studies são considerados clássicos para a introdução da Filosofia dos Sistemas nas salas de aula.

Estude a figura acima, mas entenda que ela representa um modelo ultra simplificado dos problemas mundiais.

Olhar o Planeta Terra como sendo um sistema onde tudo está interligado e todos os eventos são interdependentes, é uma experiência fantástica. Dá para entender porque os políticos não conseguem cumprir as suas promessas.

Fig 01-02 / Comportamento das variáveis ao longo do tempo



O Pensamento Sistêmico amplia a nossa percepção sobre o mundo, ajudando-nos a entender melhor que está acontecendo à nossa volta.

Em vez de procurarmos soluções imediatas para aqueles fatos que consideramos ser problemas, o Pensamento Sistêmico junto com a Dinâmica de Sistemas permitem uma compreensão mais completa sobre o comportamento dos sistemas que nos rodeiam.

Para entender melhor um sistema é importante fazer um modelo desse sistema, construindo um Diagrama de Ciclos Causais - DCC (Causal Loop Diagram), como o da figura 01-03.

A Dinâmica de Sistemas ajuda-nos a entender como os sistemas mudam ao longo do tempo.

Existem softwares, como o Vensim-PLE e outros, que permitem fazer simulações para “vermos” o comportamento de um sistema qualquer do mundo real.

É importante realçar que as simulações permitem aprendermos mais sobre o comportamento do sistema objeto do nosso interesse. E que fazer simulações com o objetivo de prever o futuro não é aconselhável.

Quando construímos um modelo de um sistema, a partir de um DCC, definimos variáveis para representar as partes e os eventos que as afetam.

As variáveis que identificam as partes e os eventos num sistema costumam apresentar um dos quatro gráficos acima:

Exponential growth – crescimento exponencial (FB+).

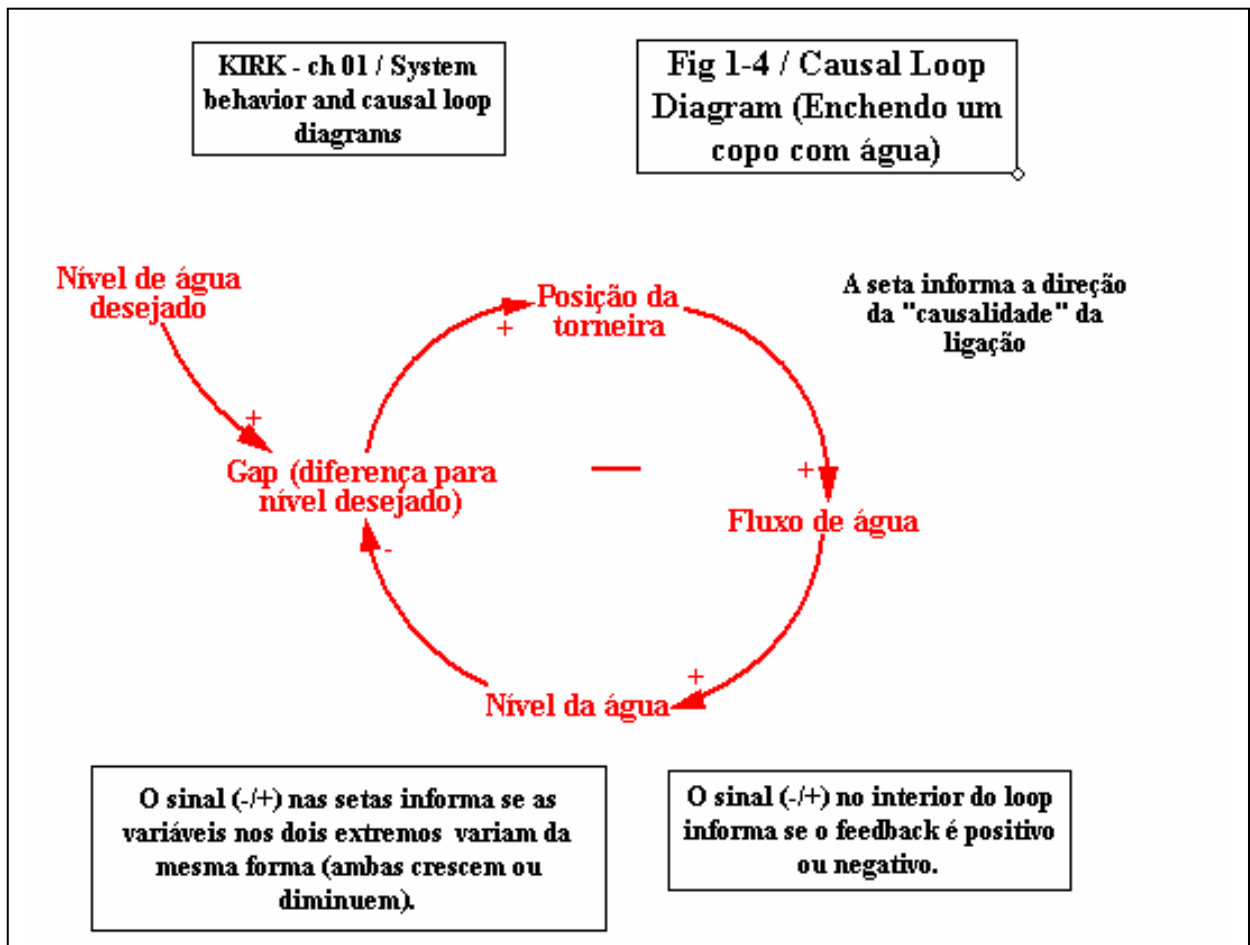
Goal Seeking – busca de objetivos (FB-).

S-Shaped – curva em “S” ou crescimento com limite.

Oscillation – oscilação.

É comum encontrar variáveis que apresentam um misto dos gráficos mostrados acima.

Fig 01-04 / Método para construção dos DCC (CLD)



O diagrama acima (DCC) apresenta um método para a modelagem de um sistema simples: Encher um copo com Água.

Como a figura está documentada é relativamente fácil entender o método.

Este modelo (DCC) pode ser implementado com o Vensim-PLE e simulado no computador. Ou podemos utilizar outros recursos do Vensim-PLE (Level's e Rate's) para fazer a mesma modelagem do sistema.

Junto com este manual estamos apresentando alguns arquivos ".mdl" como exemplo de uma simulação.

É importante "rodar" os exemplos e entender o que está acontecendo. Faça algumas alterações nos valores das variáveis e veja os resultados.

Comentários

Quando enchemos um copo com água costumamos acreditar que estamos assumindo uma postura de controle unidirecional. Isto é, achamos que o controle dessa atividade muito simples depende exclusivamente da nossa vontade, independente de qualquer outro fator.

Isso não é totalmente correto.

Na verdade nós temos o controle da *Posição da torneira*, mas as outras variáveis informam como devemos atuar na torneira.

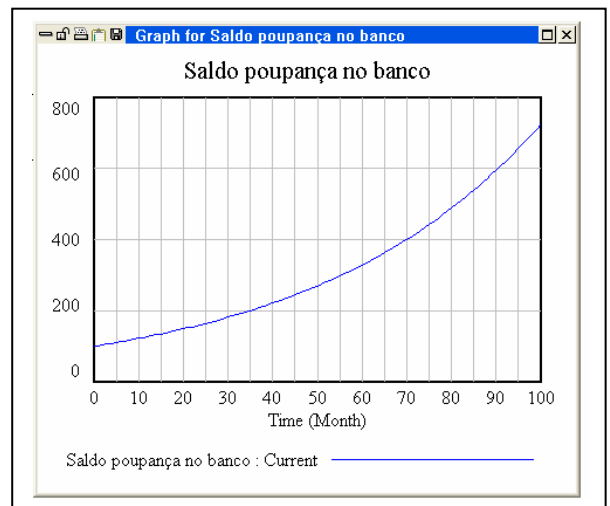
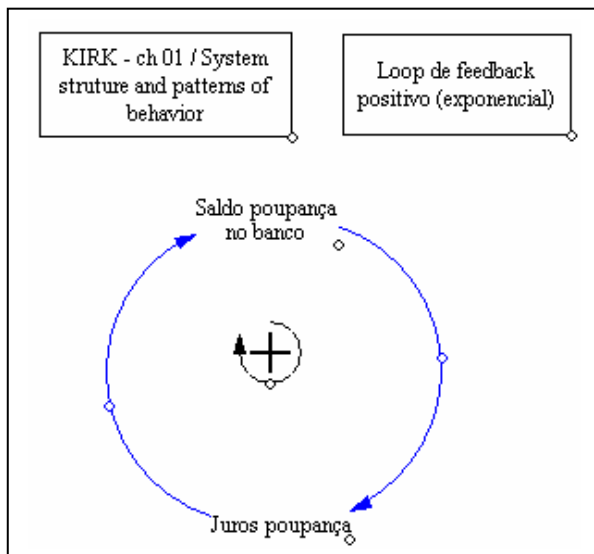
Ou seja, o *Nível da água* em relação ao *Nível da água desejado*, alteram o valor da variável *Gap (diferença para nível desejado)* e esta variável informa o que temos de fazer.

Podemos dizer que a atividade de *Encher um copo com água* não deveria ser representada de uma forma linear unidirecional:

Indivíduo > controla > torneira.

O modelo *circular* da figura acima representa melhor o que está acontecendo

Fig 01-05 / Ciclo de Crescimento Exponencial (FB+ ou Feedback positivo)



O modelo da figura acima mostra o que acontece com uma conta de poupança que tenha um saldo inicial de R\$ 100,00 e seja remunerada com juros de 2% ao mês (0,02), durante 100 meses.

O saldo inicial de R\$ 100,00 acumula até um valor de R\$ 710,26, no mês 100.

O gráfico do comportamento da variável *Saldo poupança no banco*, que tem o valor inicial de 100, é uma curva exponencial.

A variável *Juros poupança* é igual a *Saldo poupança no banco* * 0,02.

O valor de *Juros poupança* cresce um pouco todos os meses porque o *Saldo poupança no banco* aumenta mensalmente.

Também podemos dizer que o *Saldo poupança no banco* aumenta todos os meses porque os *Juros poupança* crescem um pouco mensalmente.

As duas variáveis são interdependentes.

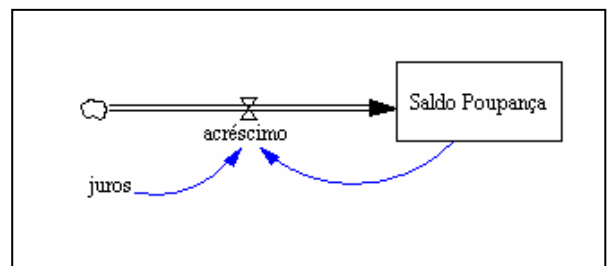
Este ciclo de crescimento é denominado de Ciclo de Feedback Positivo (FB+).

Poderia estar representando o crescimento de uma população, onde em vez de juros teríamos taxa de natalidade.

Também poderia estar representando a redução de uma população, se a taxa de mortalidade fosse maior do que a taxa de natalidade.

Os Ciclos de FB+ indicam a existência de uma curva exponencial, numa variável que pode estar crescendo ou diminuindo.

A representação FB+ não significa que o crescimento exponencial será sempre positivo.



Na primeira figura à esquerda, o modelo DCC foi implementado diretamente no Vensim e foi feita a simulação.

Na terceira figura, utilizamos outros comandos do Vensim (Box Variable -Level, Rate, Arrow e Variable – Auxiliary/Constant) que permitem uma implementação mais fácil do mesmo modelo.

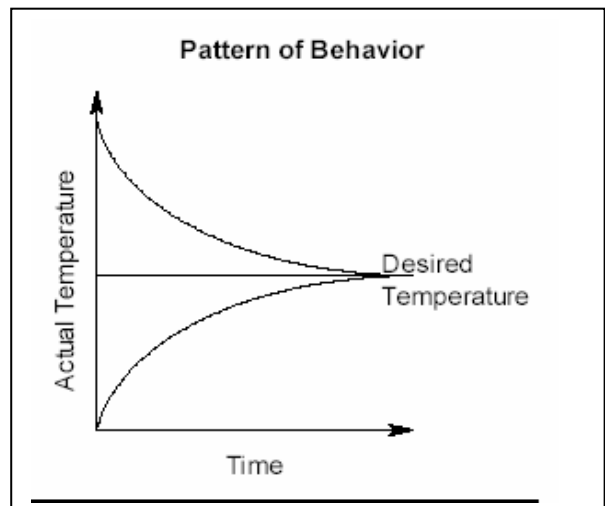
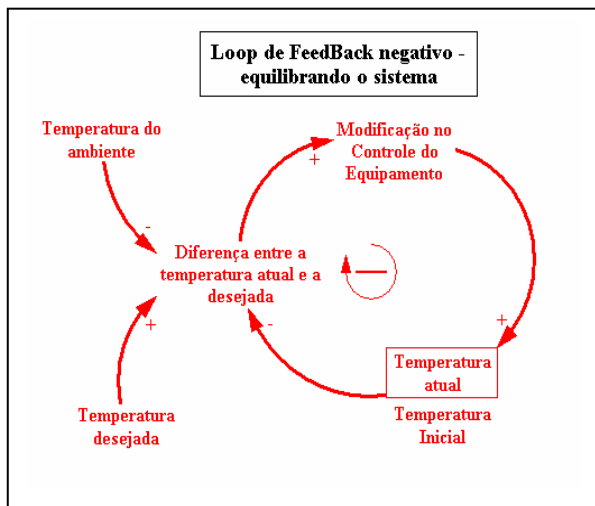
Os dois métodos apresentam os mesmos resultados, mas o primeiro, às vezes, não é de fácil implementação.

O método da terceira figura utiliza os comandos padrão na maioria das linguagens de simulação existentes (segundo o enfoque da Dinâmica de Sistemas).

No arquivo .mdl deste modelo, a View 1 tem a primeira figura e a View 2 tem a terceira.

Observe como os dois modelos foram implementados e faça algumas simulações, alterando as variáveis.

Fig 01-06 / Ciclo de Equilíbrio (FB- ou Feedback negativo)



Os Ciclos de FB- são de grande importância porque ajudam a manter a estabilidade dos sistemas.

Podemos dizer que todos os sistemas têm um Ciclo de Vida, até um certo ponto semelhante ao ciclo de vida dos seres vivos.

Com Início, Períodos de Crescimento, Períodos Estáveis, Períodos de Envelhecimento e um Término.

A Astronomia identifica esses períodos no Sistema Solar, a Biologia nos Seres Vivos, a Economia nas Organizações Privadas, etc.

Não existe nenhum sistema que dure para sempre. Às vezes o sistema dura bilhões de anos (Sistema Solar), outras vezes algumas dezenas de anos (Mamíferos) e outras vezes talvez centenas de anos (umas poucas empresas).

Os Ciclos de FB+ estão nos processos de crescimento e envelhecimento. Mas são os Ciclos de FB- que dão estabilidade aos sistemas, que os mantêm funcionando.

Os Ciclos de FB+ são o motor das epidemias e do envelhecimento, mas não devemos pensar que os FB+ sejam algo ruim, porque são eles que permitem que os seres vivos cresçam, por exemplo.

A figura à esquerda mostra um modelo que simula o funcionamento de um aparelho de ar-condicionado. O equipamento é utilizado para manter uma temperatura pré-determinada, compensando as mudanças no meio ambiente. É um bom exemplo do Ciclo de FB-.

O gráfico à direita mostra um esquema característico dos Ciclos de FB-. Existe um objetivo e o sistema trabalha para alcançar esse objetivo.

No gráfico abaixo, resultado do modelo apresentado, vemos a temperatura oscilar ao redor dos 30 graus centígrados.

Analisando o modelo vamos verificar que a temperatura ambiente oscila bastante e que essa variação é compensada pelo equipamento, cuja engenharia de projeto utiliza o conceito da retroalimentação (feedback).

Encontramos ciclos de FB- em todos os sistemas existentes. São eles que dão “alguma” estabilidade aos sistemas, mas são encontrados também em períodos de crescimento, envelhecimento e término.

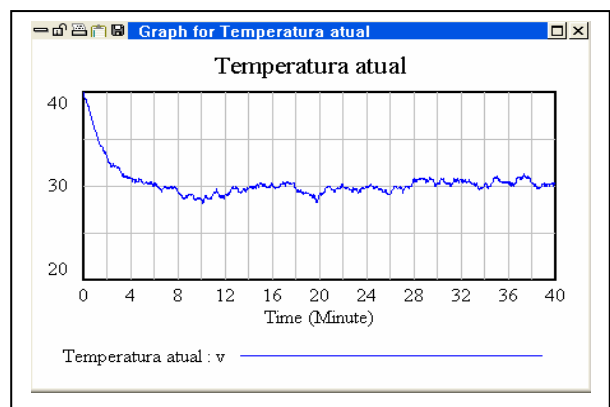
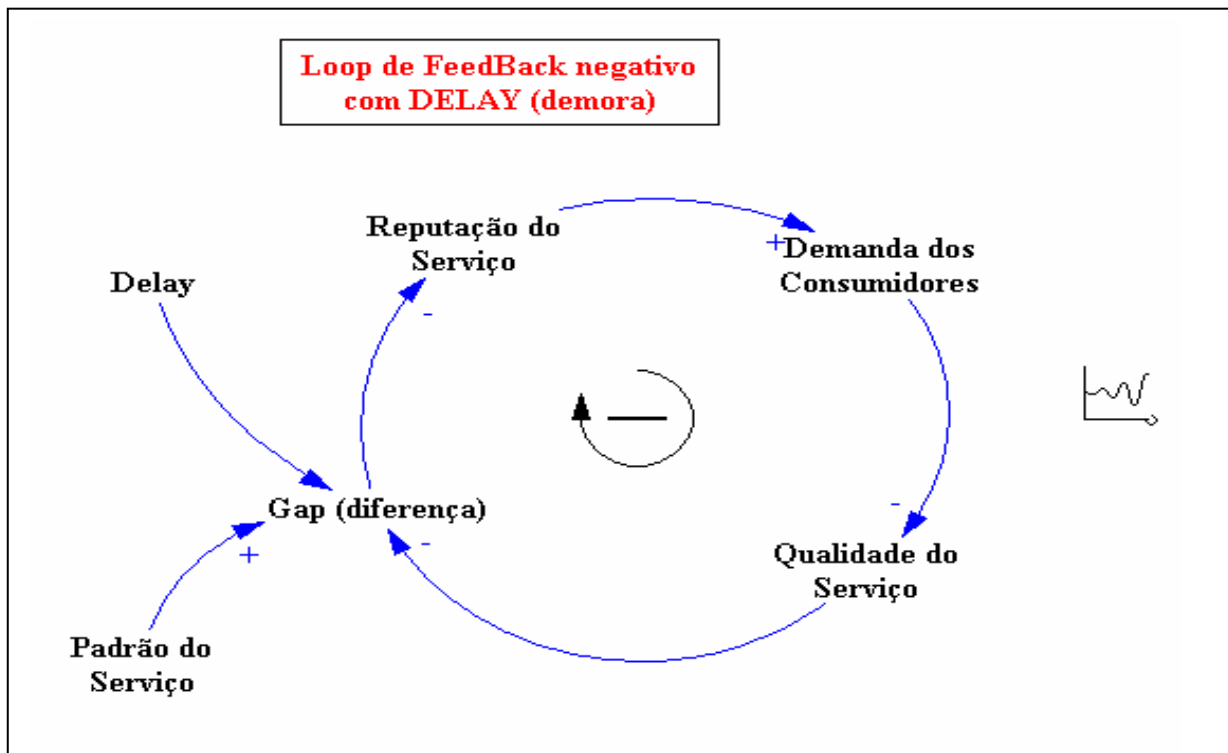


Fig 01-07 / Ciclo de Feedback negativo com DELAY (atraso, demora, retardo)



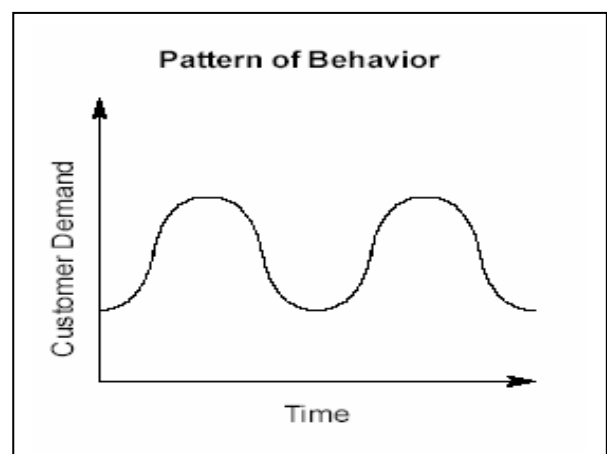
Os ciclos de FB- com DELAY são de grande importância porque são uma das causas de sistemas que apresentam resultados não intuitivos, ou seja, que não parecem nem razoáveis nem lógicos.

Nesses sistemas uma ou mais variáveis oscilam ao longo do tempo, aparentemente sem motivo.

Quando estudamos sistemas cujo comportamento (pattern of behavior) parece ilógico, porque algumas variáveis-chave oscilam, é normal encontrar estruturas de ciclos de FB- com DELAY.

Para corrigir essas oscilações é necessário, algumas vezes, modificar a estrutura do sistema. Outras, reduzir os tempos dos DELAYS.

Face à importância desta estrutura, que ocasiona problemas encontradas em diversas organizações sociais, é necessário um estudo mais completo de alguns sistemas que apresentam “sintomas” estranhos.

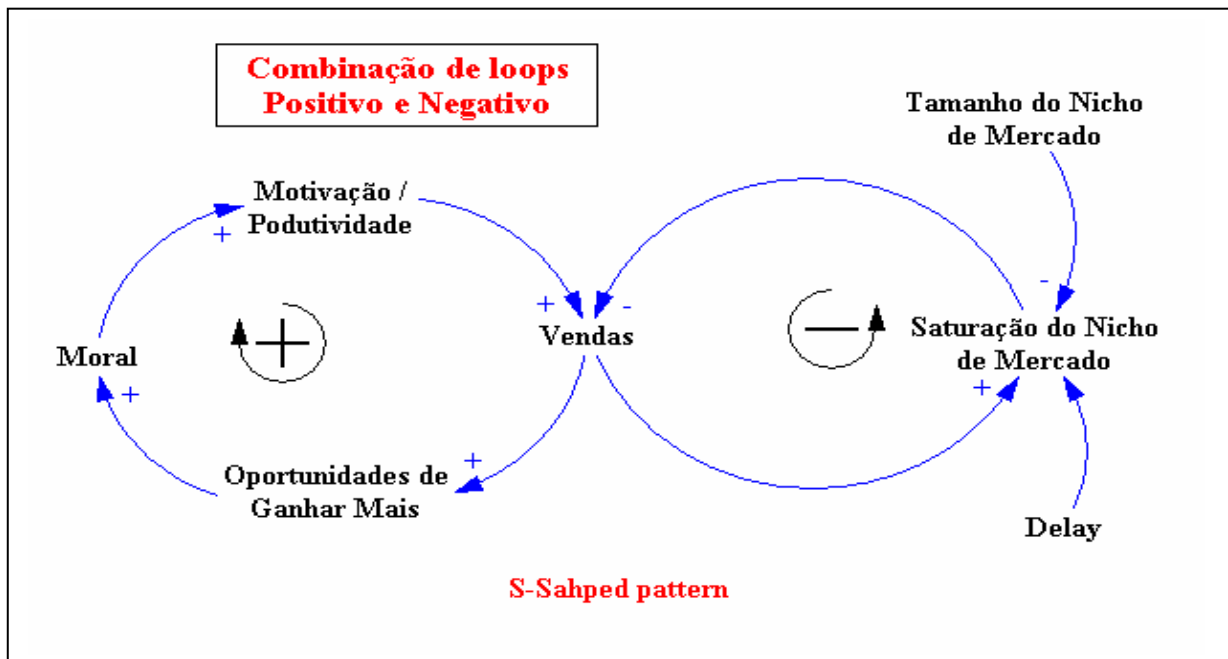


O modelo em Vensim, relativo à figura acima, não foi detalhado. As equações não foram explicitadas.

Ao longo do curso, à medida que esta estrutura for analisada com mais detalhe, vamos ter o conhecimento necessário para completar este modelo.

No entanto, podemos tentar completar o modelo e ver se o resultado apresenta uma curva oscilante semelhante àquela do gráfico acima.

Fig 01-08 / Curva em “S” ou crescimento com limite



Estruturas semelhantes à da figura acima são encontradas na maioria dos sistemas conhecidos. Talvez possamos considerar que todos os sistemas existentes têm uma ou mais estruturas destas.

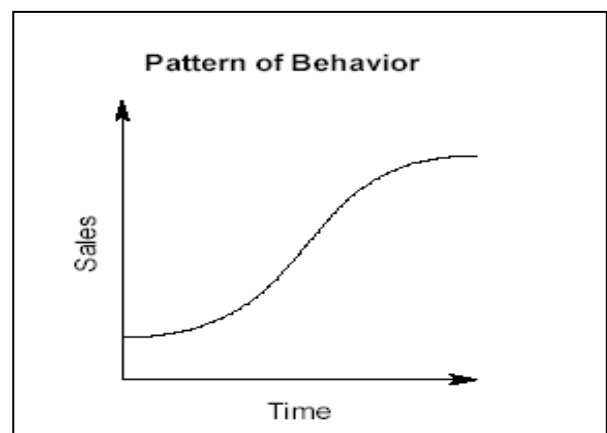
Esta afirmação pode ser feita porque não existe sistema na natureza que dure para sempre, que seja eterno.

Tudo o que conhecemos teve início e terá fim.

No exemplo da figura, relativo a um processo de vendas, o sistema apresenta resultados de vendas crescentes durante algum tempo. Depois, com a saturação do nicho de mercado, as vendas crescem mais lentamente, estabilizam e podem decrescer, até zero.

Olhando à nossa volta vamos constatar que todos os sistemas conhecidos têm comportamento análogo.

Às vezes os períodos de tempo são da ordem de algumas horas, outras vezes os períodos podem ser de dezenas, centenas ou milhares de anos.



O modelo em Vensim, relativo à figura acima, também não foi detalhado. As equações não foram explicitadas.

Nos processos de ensino-aprendizagem é importante termos a oportunidade de “fazer-e-errar”. Não podemos ficar só lendo como as coisas foram feitas ou como devem ser feitas.

Tente completar as equações deste modelo. Se não conseguir, veja outros exemplos prontos, aprenda mais um pouco, e volte para completar o modelo.

Embora agora pareça algo difícil, estas “coisas” são bastante simples.

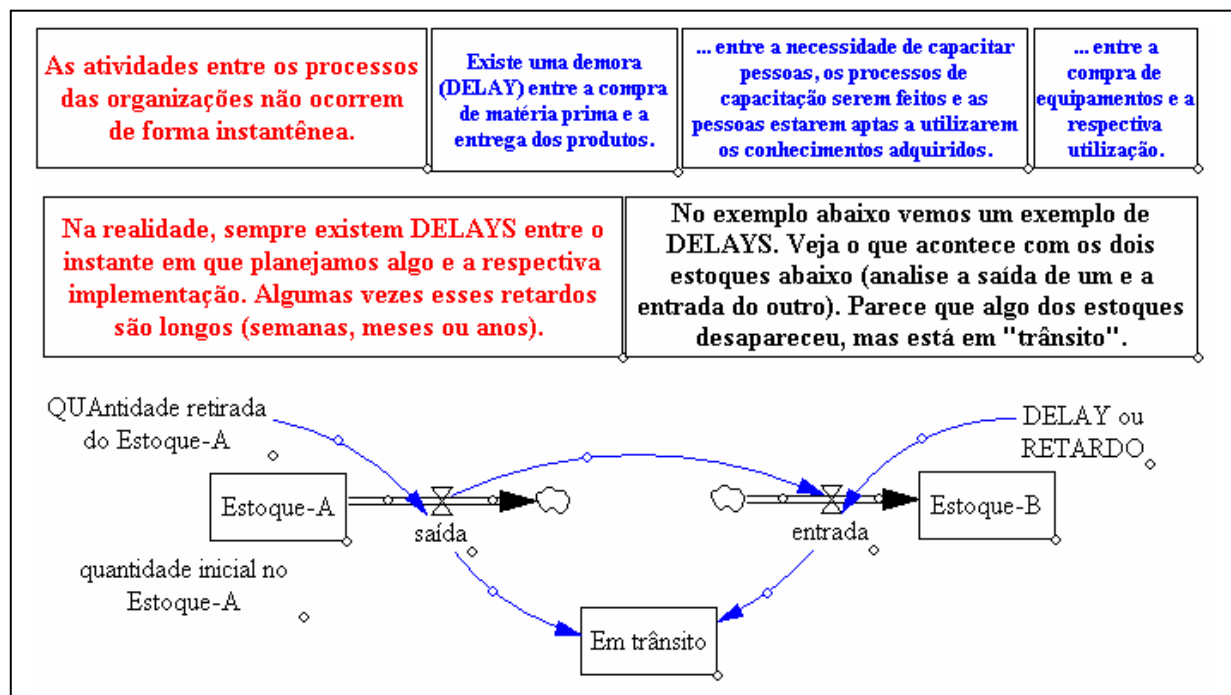
Exemplos

Índice

- ✓ Um exemplo de DELAY (ou retardo/atraso) num modelo (Fig Ch. 06-61) / pág. 13
- ✓ Outro exemplo de DELAY num modelo empresarial (Fig Ch. 04-47) / pág. 14
Ver arquivo: DS-(2).doc
- ✓ Uma versão mais “sofisticada” do modelo anterior (Fig. Ch. 05-56a) / pág. 15
- ✓ A importância do “equilíbrio” nos sistemas (Fig. Ch. 09-91) / pág. 16
- ✓ / Processo de “contágio” de uma doença ou vendas... (Manual MG) / pág. 17
Ver arquivo: DS-(3).doc
- ✓ Modelo de uma epidemia de varíola (apresentada por alunos, no EPIC – Uniso / pág. 18
- ✓ Um resumo do Sistema de Água de Sorocaba (em parceria com alunos) / pág. 19
Ver arquivo: DS-(4).doc
- ✓ Reaproveitamento de água numa residência (em parceria com alunos) / pág. 20
- ✓ Sistema com Predadores e Presas (apresentado, por alunos, no EPIC Uniso) / pág. 21
Ver arquivo: DS-(5).doc
- ✓ Modelo de um negócio (FINANC-02 man-MG) - 1 de 2 / Pág. 22
- ✓ Modelo de um negócio (FINANC-02 man-MG) - 2 de 2 / Pág. 23
Ver arquivo: DS-(6).doc

Dinâmica de Sistemas – DCC's e modelos

Fig Ch. 06-61 / Um exemplo de DELAY (ou retardo/atraso) num modelo



A variável “saída” recebe o valor de “QUAntidade retirada do Estoque-A = 100 + STEP (20,10)”.

O primeiro gráfico mostra o valor de “saída”. Que é 100 nas primeiras 9 semanas e 120 após a semana 10, porque a função STEP gera o valor 20 após a semana 10.

A variável “entrada” tem a seguinte equação:

DELAY FIXED (saída, DELAY ou RETARDO, saída).

A variável “DELAY ou RETARDO” é igual a 10 (weeks).

A função DELAY tem o seguinte formato: DELAY FIXED (input, delay time, initial value), onde “saída” é o valor que a função recebe, “DELAY ou RETARDO” é o delay time (tempo de retardo) e “saída” é, também, o valor inicial da função.

O segundo gráfico mostra o valor de “entrada”, que é 100 nas primeiras 19 semanas e 120 nas restantes.

Se olharmos o gráfico da variável “Em trânsito” (que é um Level ou estoque), vamos constatar que não houve perda, ou seja, 200 unidades foram retardadas. Vão ser acumuladas no Estoque-B, mas com um DELAY de 20 semanas.

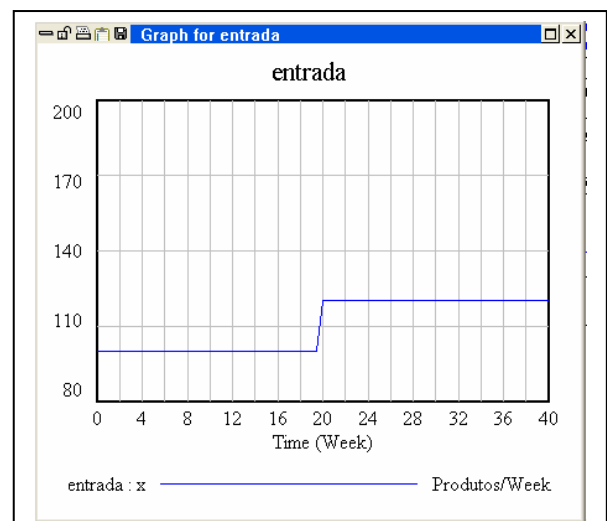
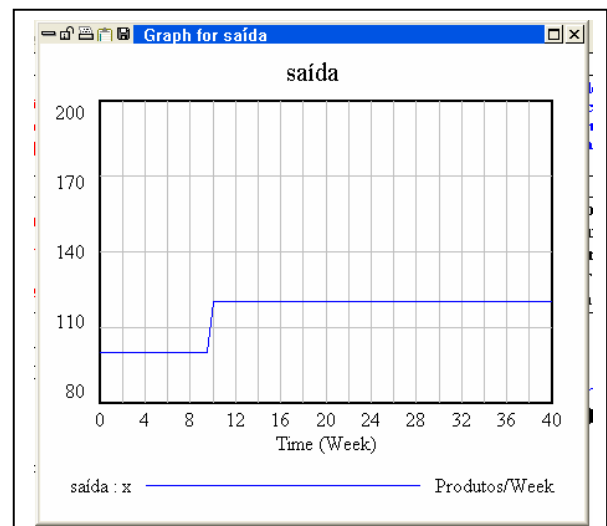
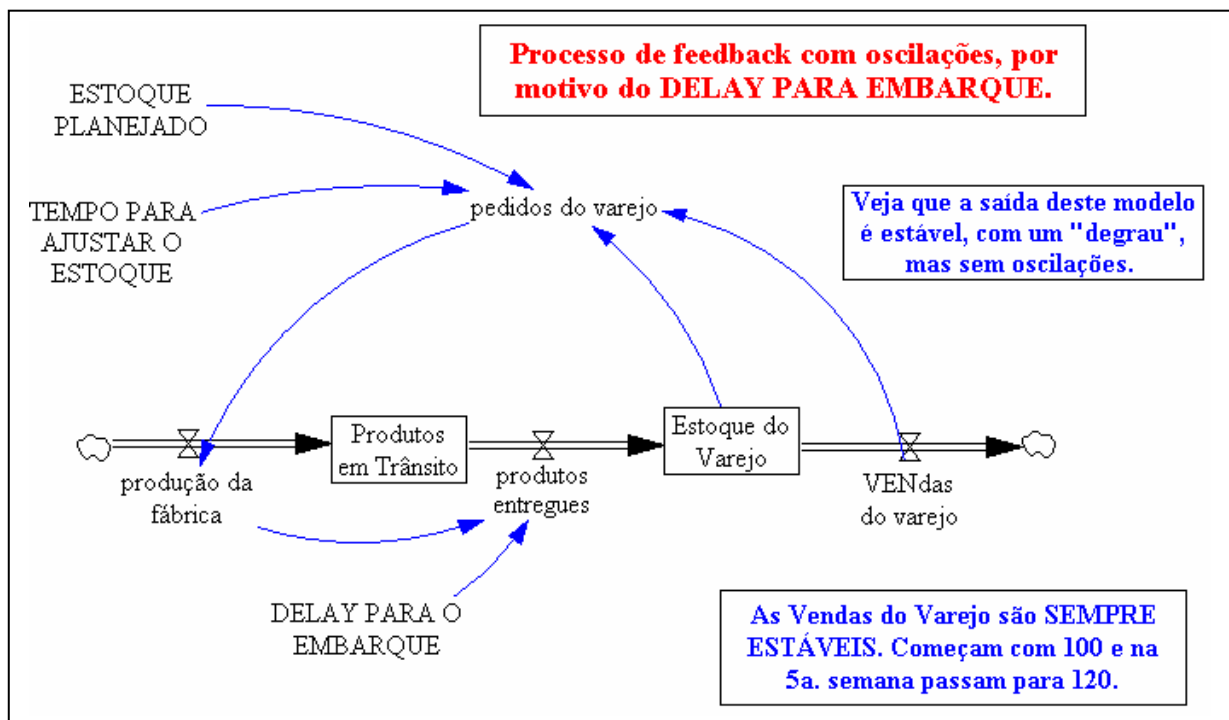


Fig Ch. 04-47 / Outro exemplo de DELAY num modelo empresarial



Este exemplo mostra o impacto do "DELAY PARA O EMBARQUE" em diversas variáveis do modelo, fazendo-as oscilar, embora as "VENDas do varejo" sejam de 100 unidades até o mês 4, mudando para 120 a partir do mês 5.

O primeiro gráfico mostra o resultado da variável "pedidos do varejo" com um DELAY PARA O EMBARQUE de 3 semanas.

O segundo, resultado de uma simulação onde o DELAY PARA EMBARQUE foi eliminado (igual a zero), mostra a variável "pedidos do varejo" com um comportamento semelhante ao da variável "VENDas do varejo".

A variável "TEMPO PARA AJUSTAR O ESTOQUE" também é um DELAY, embora equacionado de uma maneira diferente.

Faça algumas simulações alterando estes DELAY's (de preferência um de cada vez ou os resultados serão difíceis de interpretar). Veja o que acontece quando o "TEMPO PARA AJUSTAR O ESTOQUE" fica próximo de zero.

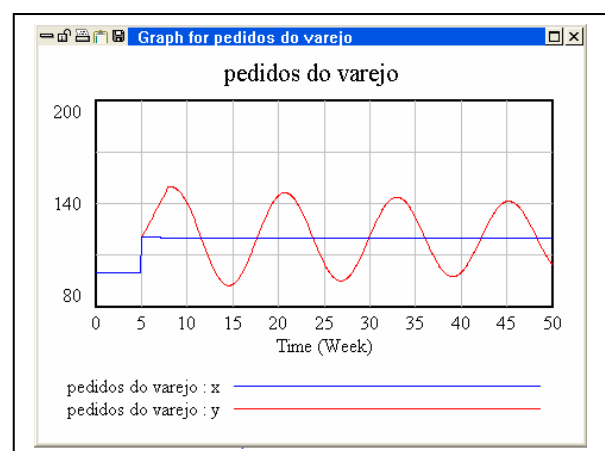
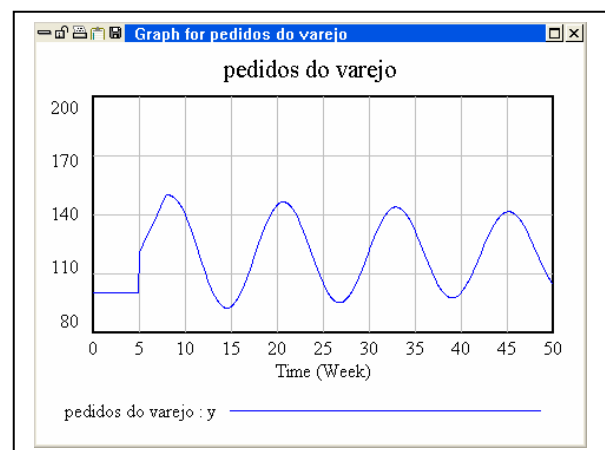
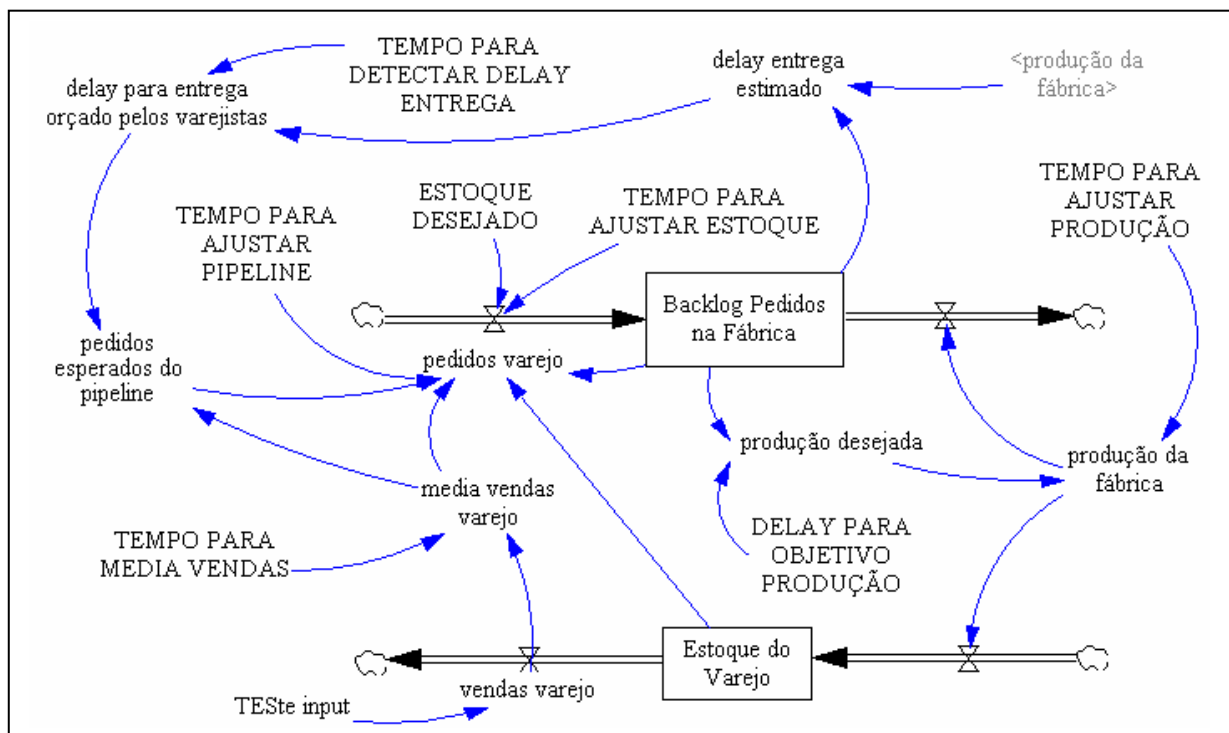


Fig. Ch. 05-56a / Uma versão mais “sofisticada” do modelo anterior



Esta é uma versão mais sofisticada do modelo anterior porque foi feito um esforço para evitar as oscilações que as variáveis apresentavam.

Algumas vezes, principalmente por pessoas que não conhecem Dinâmica de Sistemas, são feitos controles detalhados de todas as fases de um processo na esperança de melhorar o comportamento do sistema.

Mas os DELAYS ocasionam perturbações nos sistemas que, aparentemente, não são lógicas.

Este modelo é um exemplo de um sistema que apresenta oscilações inerentes à sua estrutura.

Para V. entender o que está acontecendo veja o modelo em Vensim. Nesta altura V. já deve ser capaz de “ler” um modelo e entender como ele foi feito.

Veja os comentários da View “Controle de Produção” e, depois, da View “Problema nas unidades”.

O modelo foi feito com um período, para a simulação, de 100 semanas. Faça um teste com os valores do modelo e V. vai constatar que a oscilação de algumas variáveis vai sendo ampliada ao longo das 100 semanas.

As duas variáveis que apresentam um comportamento estável: “vendas varejo” e “média vendas varejo”, são aquelas que fazem supor que a simulação apresenta resultados não lógicos.

Se V. fizer uma simulação com “TEMPO PARA AJUSTAR PRODUÇÃO” = 1, as variáveis que estavam oscilando ficarão estáveis, semelhantes a “vendas varejo”.

Mas se V. só alterar “TEMPO PARA AJUSTAR ESTOQUE” = 1, o modelo ainda vai oscilar bastante, embora de forma diferente.

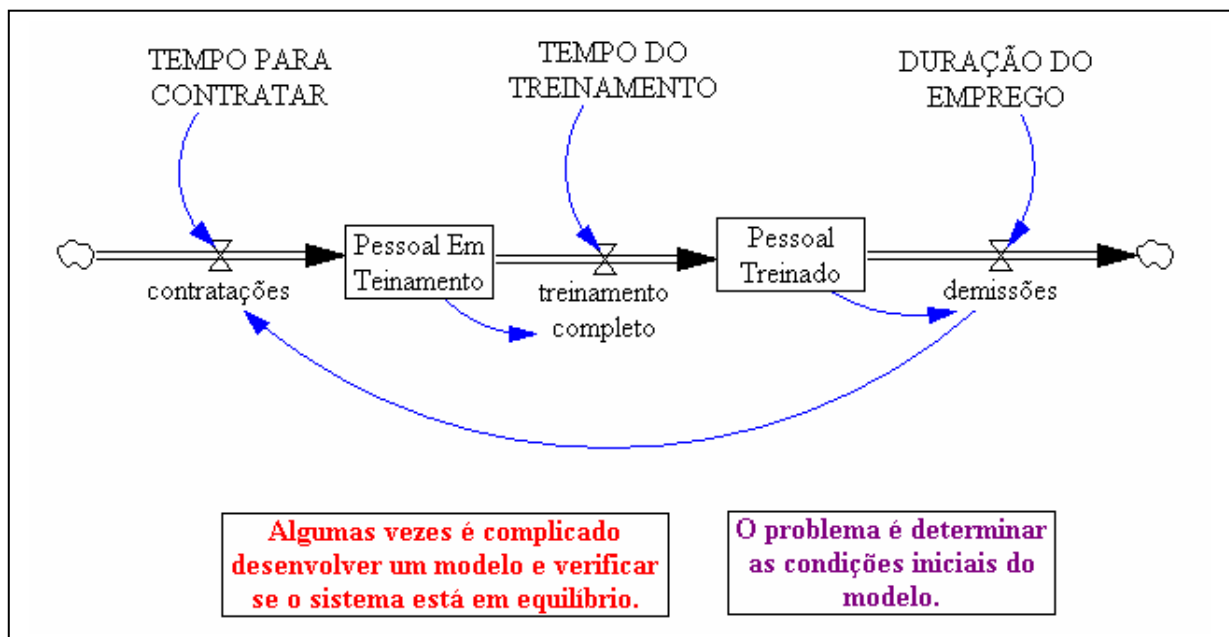
É importante fazer testes com diversas alternativas para cada DELAY ou constante do modelo (como o “ESTOQUE DESEJADO”), para entender o comportamento de um sistema com uma estrutura semelhante a esta.

Lembre-se que construímos modelos, utilizando as técnicas e métodos da Dinâmica de Sistemas, para ENTENDER COMO OS SISTEMAS FUNCIONAM e não para fazer previsões sobre o futuro.

As simulações são um processo importante para aumentarmos os nossos conhecimentos.

Dinâmica de Sistemas – DCC’s e modelos

Fig. Ch. 09-91 / A importância do “equilíbrio” nos sistemas



O modelo acima (na View: Modelo não equilibrado) mostra um caso especial na modelagem de sistemas. Que pode acontecer quando não verificamos se o modelo está “equilibrado”, ou seja, se as entradas e saídas são coerentes em relação ao nosso objetivo.

Neste caso, embora exista a intenção de manter um grupo de 1000 elementos no “stock” Pessoal Treinado, ao final dos 36 meses temos uma quantidade maior. E se V. alterar qualquer dos 3 TEMPO’s... vai obter resultados diferentes.

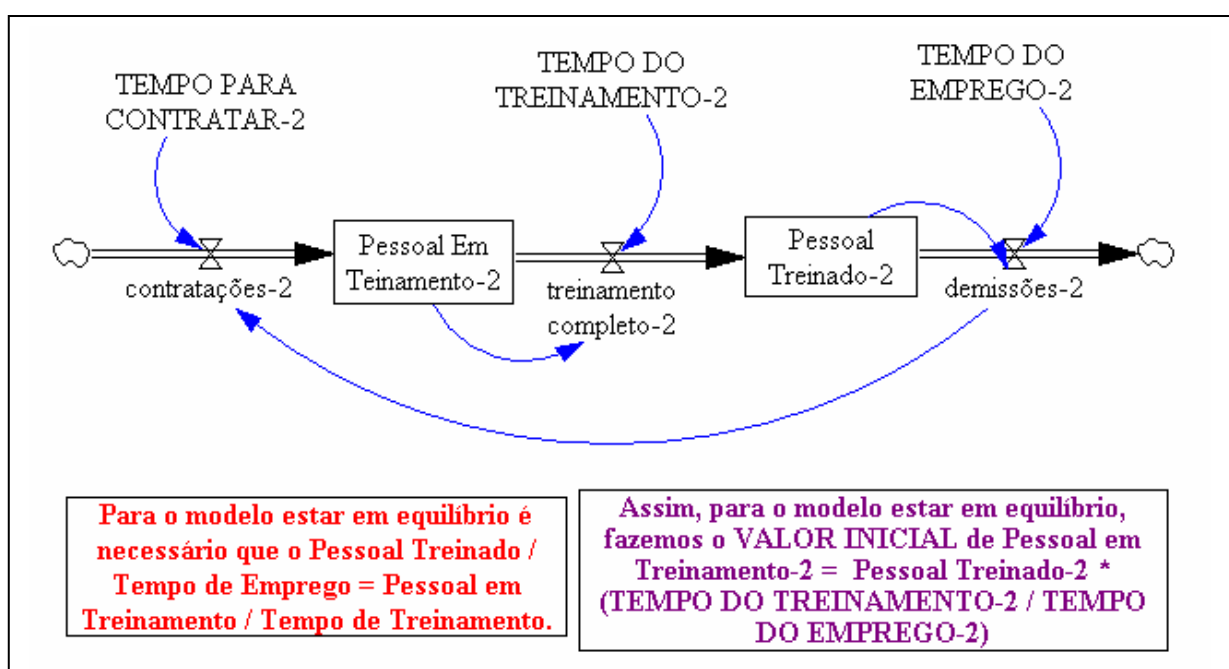
Uma das formas para manter 1000 elementos é colocar outro Rate, saindo de Pessoal Treinado.

O modelo abaixo (na View: Modelo em equilíbrio) apresenta uma solução mais prática e elegante.

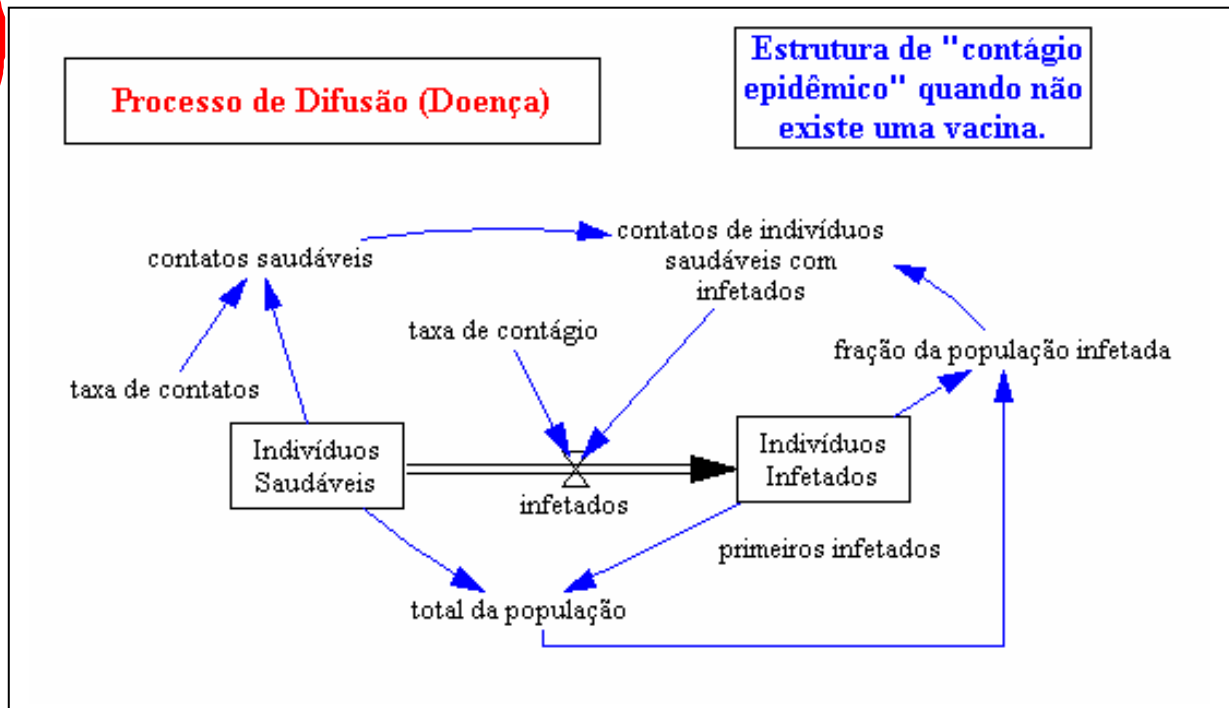
Qualquer que seja a alteração nos TEMPO’s... o “stock” Pessoal Treinado-2 continua mantendo o valor 1000. O que é alterado é o valor de Pessoal em Treinamento-2.

Veja este modelo em Vensim (com duas View’s) e faça algumas simulações. Tente estabilizar o primeiro, sem a solução apresentada no segundo, e V. vai verificar que não é tão fácil.

Faça as simulações e aprenda um pouco mais. Algumas pessoas relutam em fazer simulações.



Modelo 1



Este modelo mostra o processo de difusão ou contágio entre pessoas. Pode representar uma epidemia, vendas de um produto novo, difusão de uma "focça", etc.

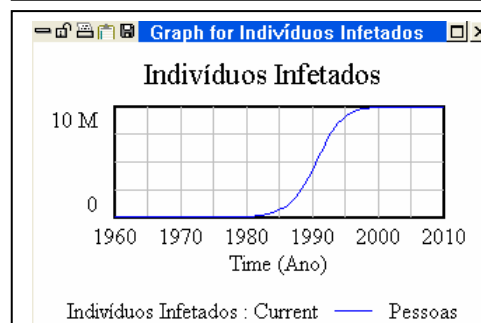
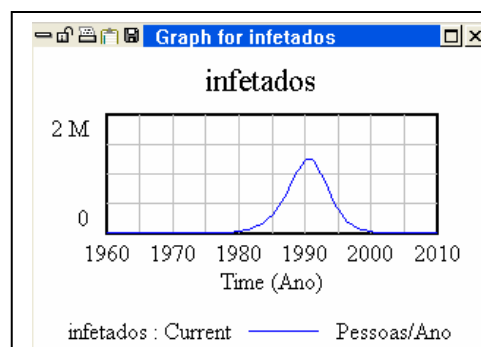
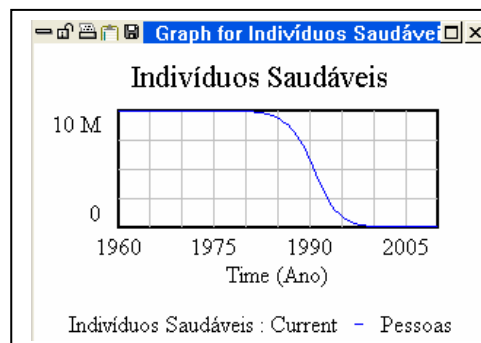
Na figura acima vemos o processo simplificado de uma epidemia para a qual não existe vacina.

O gráfico do Stock "Indivíduos Saudáveis" mostra uma curva em S descendente enquanto o gráfico de "Indivíduos Infetados" mostra uma curva em S ascendente, durante o período de tempo compreendido entre os anos 1960 e 2010.

O gráfico do Rate "infetados", aquelas pessoas que ficam doentes anualmente, tem a forma de um sino que é característica nestes processos.

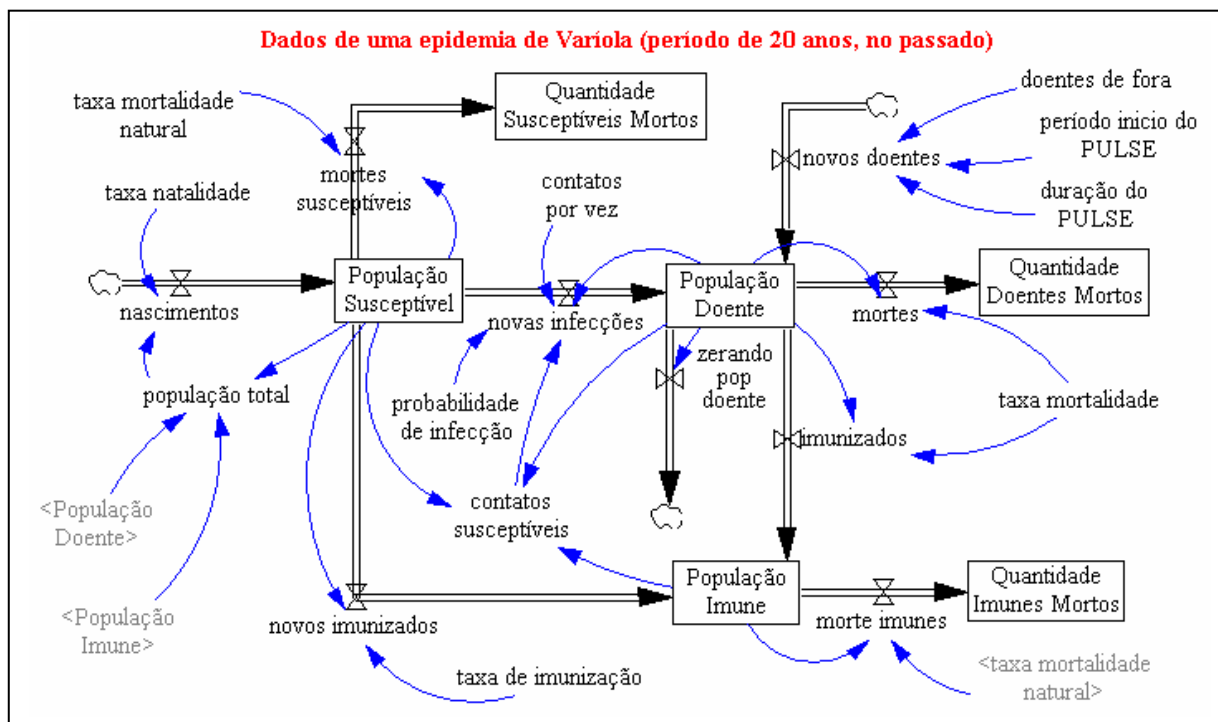
Leia o modelo em Vensim, anexado. A documentação deve ser suficiente para V. entender como o modelo foi desenvolvido.

Tente incluir os controles necessários para uma vacinação.



Modelo de uma epidemia de varíola (apresentado, por alunos, no EPIC / Uniso)

Modelo 2



Em primeiro lugar, não fique impressionado com a aparente complexidade deste modelo. Se V. fizer uma análise cuidadosa, com certeza vai entender tudo o que alguns alunos da Uniso fizeram em 2003.

Na página anterior foi apresentado um exemplo com as idéias básicas necessárias para a construção de modelos relativos a processos epidêmicos. Este tem algo mais, mas de fácil entendimento.

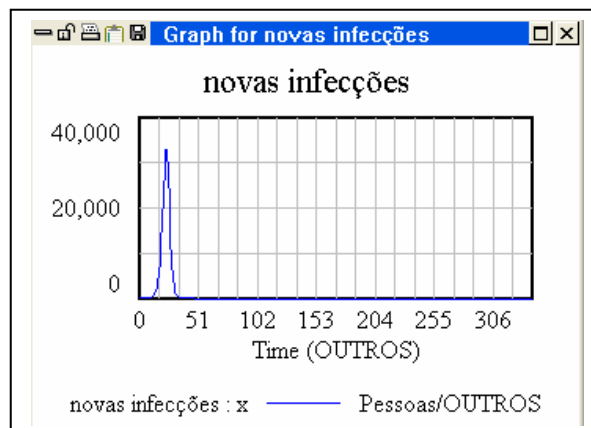
O modelo em Vensim tem comentários explicando cada variável.

O Model / Settings define um período de 340 conjuntos de 3 semanas (período de incubação da doença), o que é equivalente a 20 anos. Por isso a unidade de tempo (Units for Time) está indicando OUTROS.

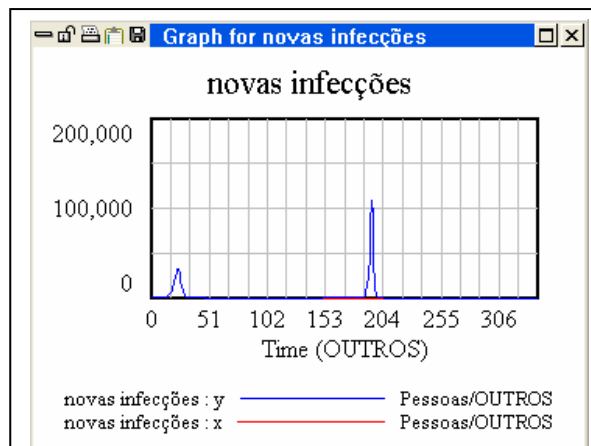
O exemplo em Vensim está considerando “doentes de fora” = 0 e “taxa de imunização” = 0. Faça simulações alterando estas variáveis, para entender melhor como esta epidemia se comportou algumas vezes.

No início temos 300.000 pessoas que podem ser infectadas e 1.200.000 já imunizadas (ou porque já tiveram a doença e escaparam ou foram vacinadas). Existem 4 doentes, que provavelmente vieram de algum outro lugar geográfico.

Volto a repetir que é importante fazer diversas simulações para entender como o sistema funciona. Ainda existem alguns pequenos erros que V. poderá ajudar a corrigir.



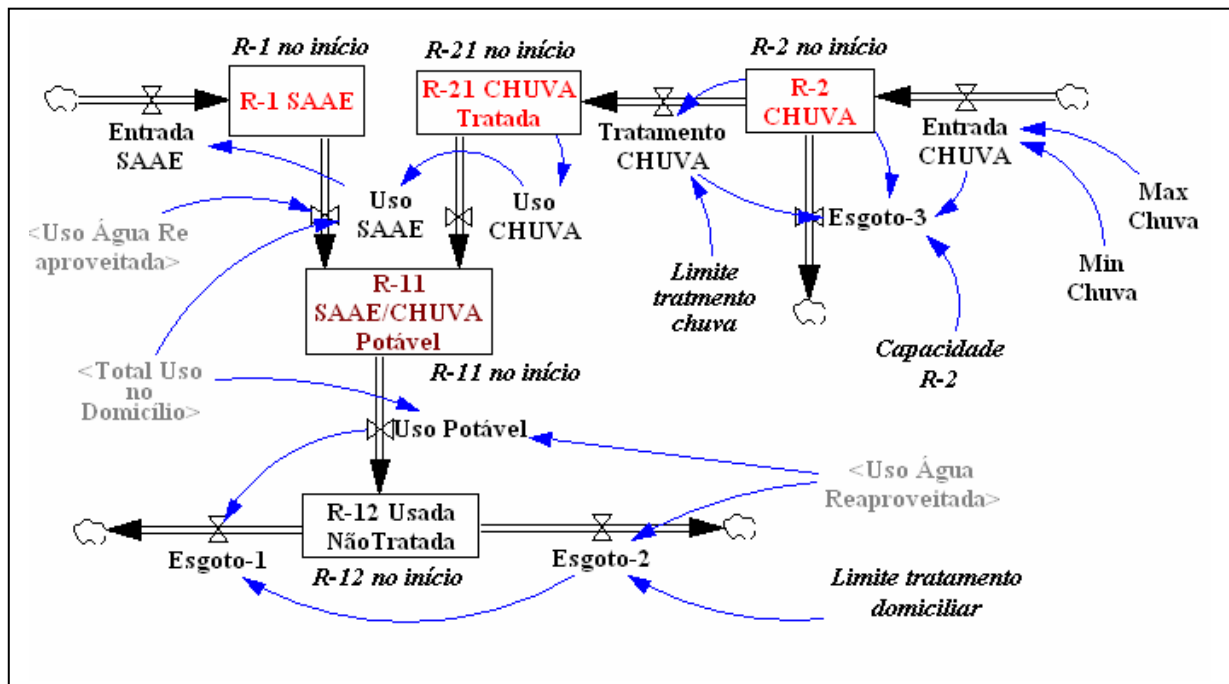
O gráfico acima foi feito com os dados normais do modelo e o debaixo com “doentes de fora” = 1. Veja que as duas escalas são diferentes.



Um resumo do Sistema de Água de Sorocaba (em parceria com alunos)

Dinâmica de Sistemas – DCC's e modelos

Reaproveitamento de água numa residência (em parceria com alunos)



Um aluno, lendo um jornal de Sorocaba, soube de uma residência (num condomínio) que tinha um sistema de reaproveitamento de água. Embora a notícia não fornecesse maiores detalhes do(s) sistema(s) utilizado(s), o grupo dele começou a desenvolver um modelo em Vensim para fazer algumas simulações.

O modelo foi crescendo à medida que eles iam formulando hipóteses, para um processo capaz de reaproveitar a água utilizada na residência, e ficou com as 7 View's do exemplo em Vensim.

- 1/7 – Utilização do modelo (primeiro quadro à direita).
- 2/7 – Como usar um simulador (segundo quadro)
- 3/7 – Diagrama Causal (terceiro quadro).
- 4/7 – CASA com reutilização de água (quadro principal, acima).
- 5/7 – Água utilizada no domicílio (ver exemplo em Vensim).
- 6/7 – Água utilizada para jardim e carros (ver no exemplo).
- 7/7 – Água Utilizada x Comprada (ver no exemplo).

Creio que este é um exemplo interessante de um processo de aprendizagem interdisciplinar, uma vez que se tratava de um grupo de alunos da Área de Computação e Informática.

Na realidade eles estavam “aprendendo a aprender”, algo que é fundamental nos processos de aprendizagem.

Modelo para um Domicílio com processos para captar a água da chuva e reutilizar a água potável consumida.

A água da chuva é armazenada em um Reservatório (R-2) com capacidade limitada.

Existe um processo para tratamento da água da chuva, que também tem capacidade limitada.

Em "Esgoto-2" existe um outro processo, mais sofisticado, para tratamento da água utilizada no Domicílio, que também tem capacidade limitada.

Atenção - Este modelo tem diversas VIEWS (selecione-as na parte inferior esquerda da tela).

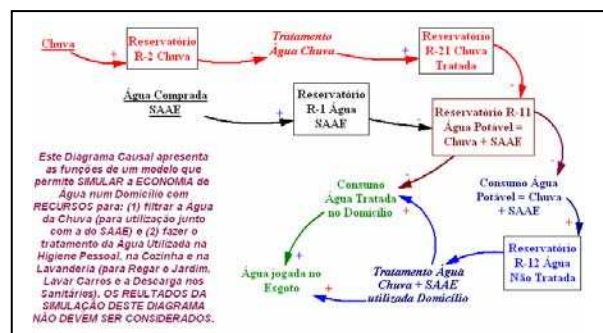
Utilizando o "botão SET", para executar cada simulação, V. pode alterar todos os valores em NEGRITO.

Este modelo simula um período de 12 meses.

Faça a simulação com diferentes TIME STEPS = 1 (1s) / 0.125 (0)s / 0.03125 (0)s - para alterar nas integrações os resultados mensais, mas não os totais.

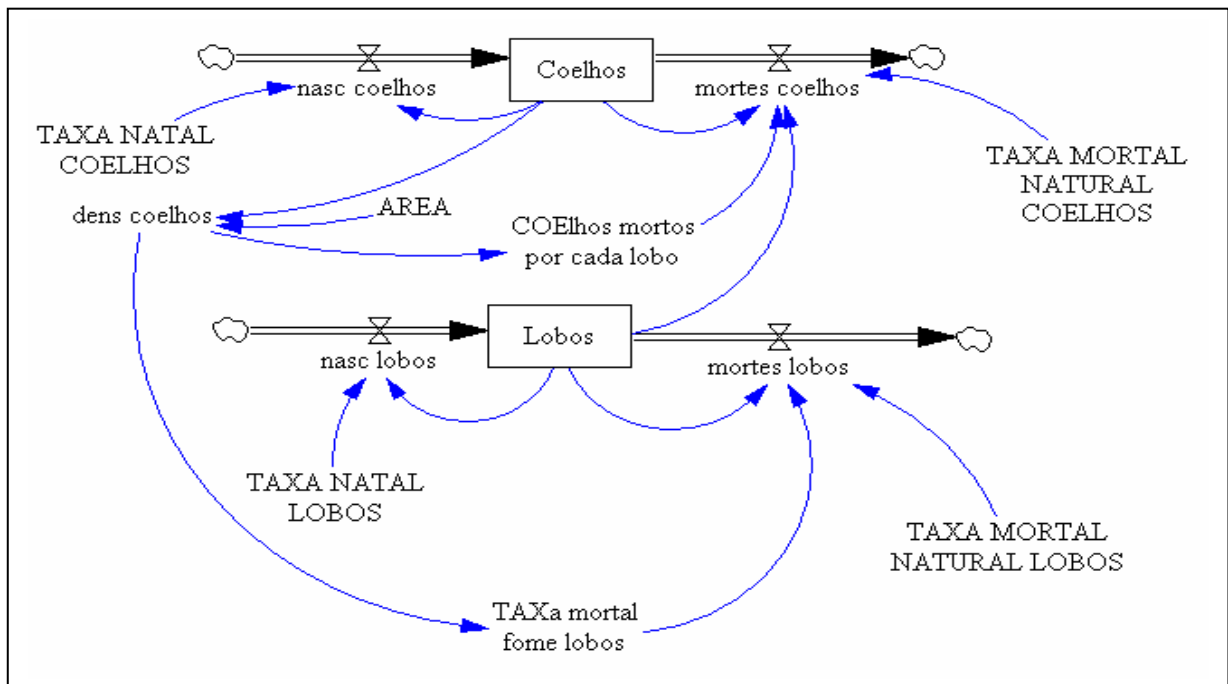
Um simulador deve ser usado para aprender a administrar um sistema com as condições estipuladas e, se for o caso, fazer modificações nessas condições.

NÃO SERVE PARA CALCULAR QUAIS SERIAM OS VALORES ÓTIMOS PARA A CAPACIDADE DOS RESERVATÓRIOS DESTES MODELO, por exemplo.



Dinâmica de Sistemas – DCC's e modelos

Sistema com Predadores e Presas (apresentado, por alunos, no EPIC Uniso)



Na literatura existem diversas versões parecidas com este modelo. O que é natural, porque quando tentamos fazer algo que represente uma sociedade de Predadores e Presas, as estruturas dos modelos tendem a ser semelhantes.

Neste, estamos mostrando um recurso importante do Vensim: a possibilidade de termos uma ou mais variáveis em um mesmo gráfico.

Na Segunda Barra do Vensim a última função é o Control Panel.

Clicando a função Control Panel aparece o quadro da primeira figura à direita, onde já está clicada a pasta Graphs, que mostra o título do gráfico apresentado na segunda figura.

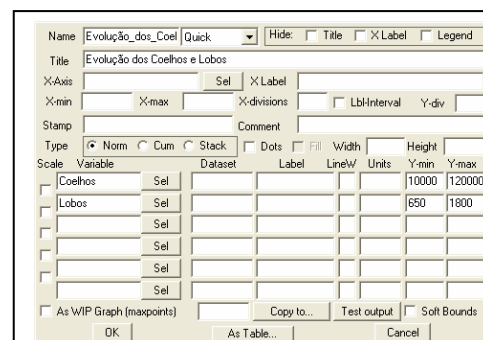
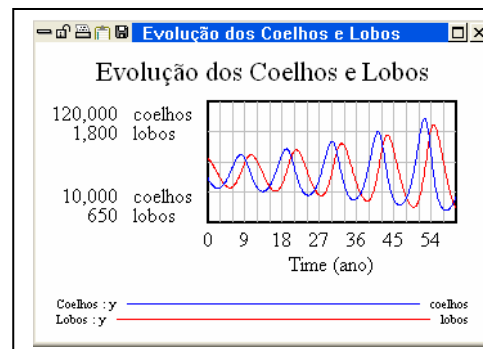
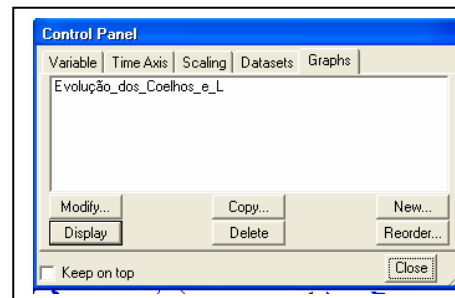
Para este gráfico aparecer no “sketch” do Vensim, aperte o botão Display.

Para alterar o gráfico (que neste caso apresenta 2 escalas na coluna y), aperte o botão Modify e o Vensim vai apresentar o quadro da terceira figura.

Com este quadro V. pode preparar gráficos com 2 ou mais variáveis, cada uma delas numa escala diferente.

Estude o exemplo em Vensim relativo a este modelo. Faça algumas simulações com valores diferentes e veja o que acontece.

Vou repetir de novo: Dinâmica de Sistemas é um recurso importante para nós aprendermos como os sistemas funcionam. Aproveite.



Dinâmica de Sistemas – DCC's e modelos

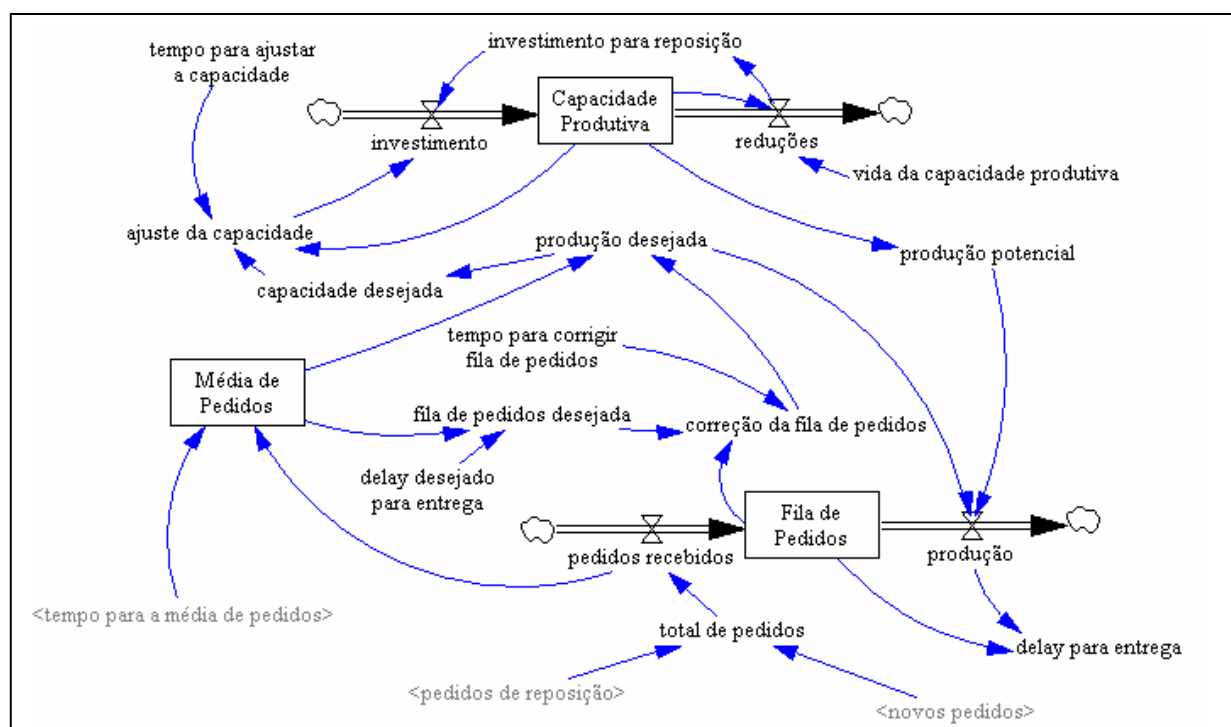
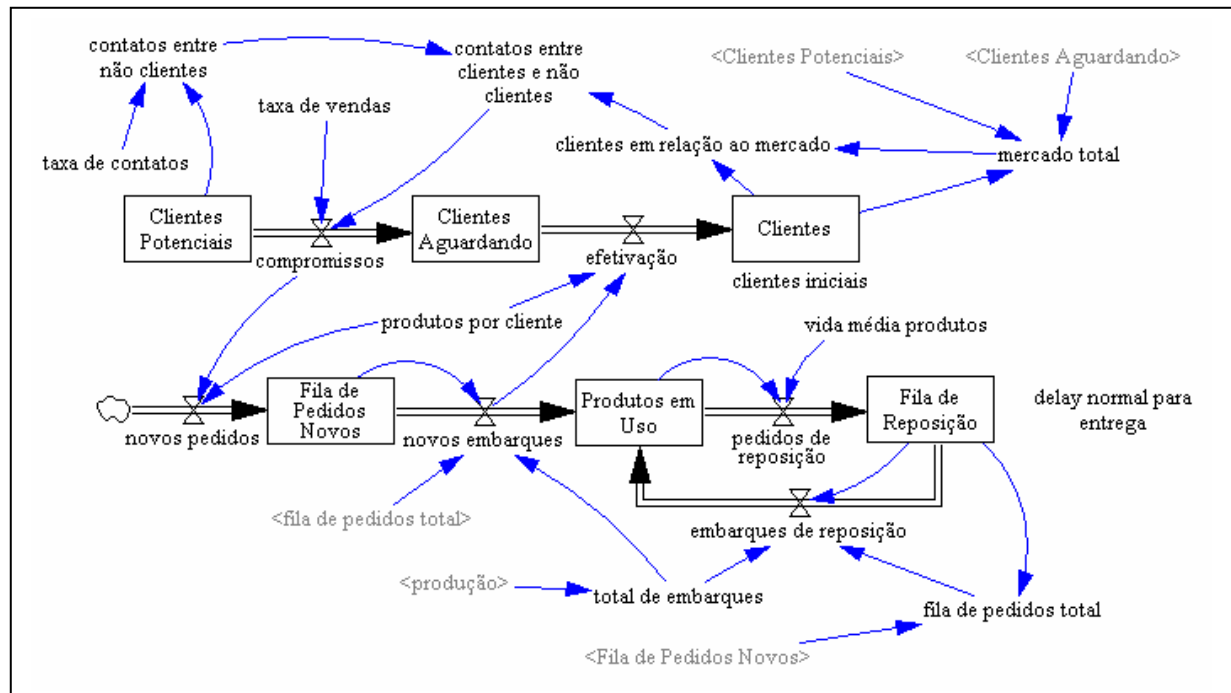
FINANC-02 man-MG / Modelo de um negócio (1/2)

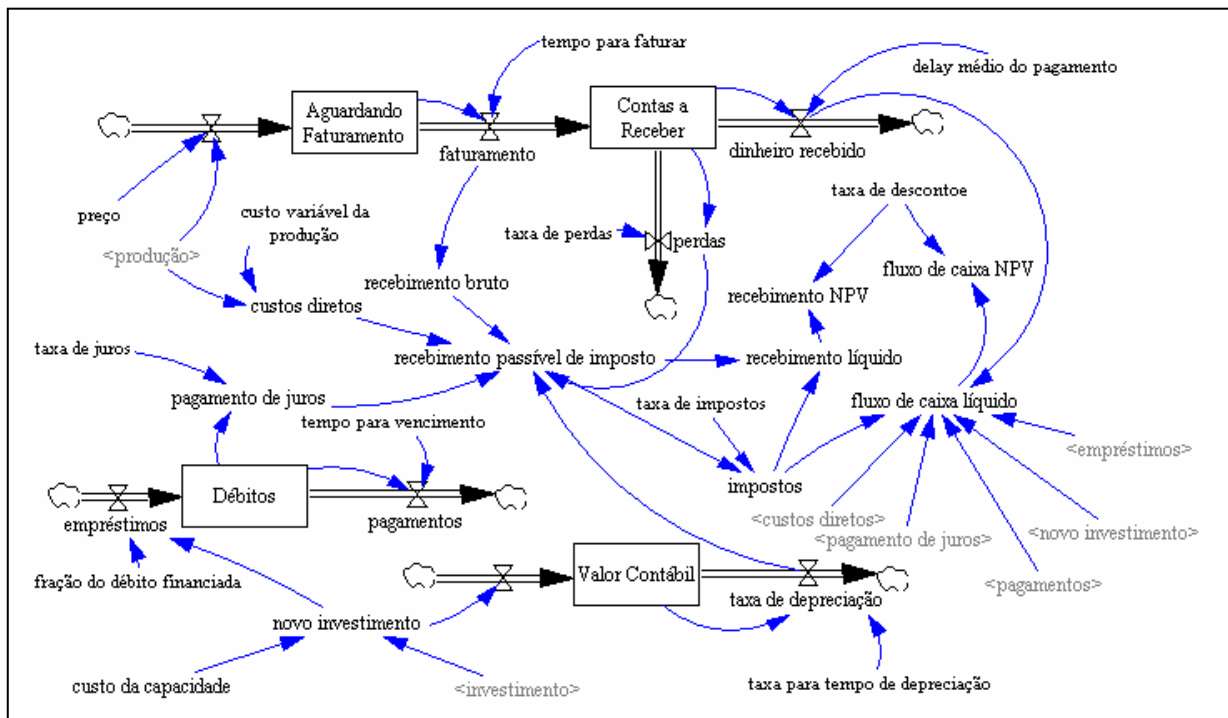
Este é um dos modelos do Manual Modeling Guide do Vensim, com algumas adequações feitas durante a tradução.

As 3 figuras, nesta e na página seguinte, referem-se às 3 View's do modelo anexado.

- 1 – Pedidos dos Clientes.
- 2 – Potencial de Produção x Pedidos.
- 3 – Faturamento, Contabilidade e Lucro.

É mais um exemplo que deve ser estudado e simulado detalhadamente. Algumas equações precisam ser adequadas à nossa realidade.



FINANC-02 man-MG / Modelo de um negócio (2/2)

Os 3 gráficos à direita mostram algo um tanto inesperado, para quem não está familiarizado com a realidade empresarial.

O “faturamento” dos 5 anos é expressivo, alcançando um valor próximo a \$ 5 milhões no quarto ano.

O “recebimento líquido”, deduzidos os impostos, custos diretos, perdas, juros e depreciação, embora sempre positivo, fica limitado a um pouco mais de \$ 500 mil no quarto ano.

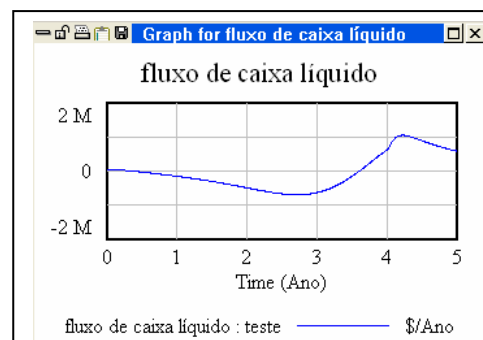
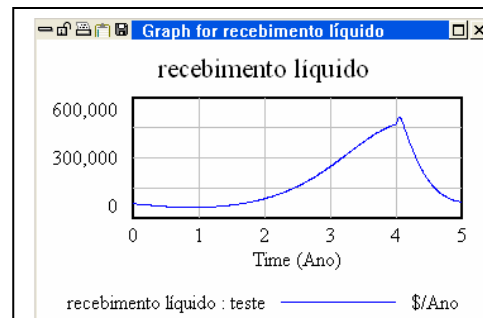
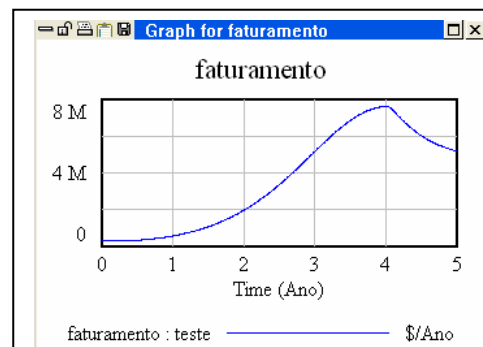
O “fluxo de caixa líquido”, que considera os empréstimos, depois do pagamento dos investimentos e outras compromissos, aparece negativo até o terceiro ano, sendo positivo somente no final do período.

Certamente algumas pessoas poderão discordar das hipóteses assumidas neste modelo.

E essa é uma das vantagens de fazermos modelos num software como o Vensim, que permite apresentarmos o que fizemos de uma forma absolutamente clara.

O modelo está construído numa linguagem que não admite expressões dúbias, como poderia acontecer se fosse um texto em português, inglês, etc.

Qualquer um poderá discordar e apresentar uma solução melhor, se for capaz de explicitá-la com algumas equações.



Dinâmica de Sistemas

III Parte

Referências

**Este trabalho foi feito pelo Prof. Hélder Leal da Costa
para apoio em cursos que utilizem conceitos da Teoria Geral dos Sistemas,
do Pensamento Sistêmico e da Dinâmica de Sistemas.**

✓ A III Parte está dividida em 8 tópicos:

1. Objetivos deste trabalho.
2. Breve histórico da TGS, PS e DS.
3. TGS e Arquétipos de Sistemas.
4. Processos de aprendizagem x Conhecimento.
5. Modelos e Simuladores.
6. Dinâmica Humana (Human Dynamics).
7. Problemas.
8. Autores, Bibliografia e Organizações.

Obs. - Todos estão apresentados em textos curtos, sintéticos, que servem como uma “amostra” para algo que pode ser estudado em profundidade nas referências citadas.

✓ Para esta III Parte incluímos vinte modelos desenvolvidos com o software Vensim e cinco com o STELLA (que podem ser simulados com o ithink), relativos aos problemas apresentados.

1. Objetivos deste trabalho

Servir de apoio a processos de ensino-aprendizagem, ajudando a divulgar a Teoria Geral dos Sistemas (TGS), o Pensamento Sistêmico (PS) e, em especial, a Dinâmica de Sistemas (DS).

Porque a Dinâmica de Sistemas

- ✓ Combina teoria, métodos e filosofia para analisar o comportamento de sistemas nas áreas da política, economia, administração, saúde, educação, meio ambiente, engenharia, etc.
- ✓ Ajuda a entender como e porquê os sistemas mudam ao longo do tempo.
- ✓ A construção de modelos na DS exige uma postura inter e transdisciplinar, essencial nos processos de ensino-aprendizagem.
- ✓ A DS usa conceitos do “campo de Controle de Feedback” para organizar informações na forma de modelos para simulação computacional.
- ✓ Os primeiros artigos relativos a DS apareceram na Harvard Business Review (Forrester, 1958).
- ✓ A DS vem sendo utilizada na busca pelo melhor entendimento dos sistemas sociais e econômicos. As fronteiras do passado incluíram a criação da literatura, a exploração da terra e do espaço, os avanços nas ciências físicas. O grande desafio das próximas décadas será avançar no conhecimento dos sistemas sociais, com a mesma competência que no passado avançamos no conhecimento do mundo físico.

Resultados esperados

- ✓ Conhecimentos básicos da TGS, do PS e da DS.
- ✓ Capacidade para o desenvolvimento de modelos de sistemas (utilizando um software específico), nos processos de aprendizagem em instituições de ensino e organizações em geral.
- ✓ Identificação: dos pesquisadores da área da DS, da bibliografia relativa aos aspectos teóricos e das realizações na educação e em diversas atividades empresariais e profissionais.

Tópicos

- ✓ A TGS, o PS e as características, início e evolução da DS.
- ✓ Técnicas para a modelagem de sistemas e o software Vensim para simular modelos de sistemas.
- ✓ Desenvolvimento de “simuladores-de-sistemas”.
- ✓ DS como uma linguagem inter e transdisciplinar: para desenvolver Modelos de Sistemas Complexos e como uma ferramenta da educação para “aprender-fazendo-e-errando” sobre sistemas de todas as áreas do conhecimento.

I Parte – Vensim PLE

- ✓ Introdução à linguagem Vensim PLE (Personal Learning Edition), específica para modelagem e simulação de sistemas, que é um software gratuito para a educação e uso pessoal.
- ✓ Utilização prática dos 4 Comandos Fundamentais da linguagem Vensim PLE, para modelagem de sistemas.
- ✓ Como a utilização do Vensim não requer conhecimentos especiais de matemática, o software será apresentado como se os participantes tivessem conhecimentos elementares

de matemática. Se os participantes tiverem conhecimentos mais aprofundados de matemática, as referências bibliográficas indicadas darão o suporte necessário.

- ✓ Conceitos sobre alguns aspectos teóricos do Pensamento Sistêmico (Teoria Geral de Sistemas e Arquétipos de Sistemas), da Dinâmica de Sistemas e da Modelagem de Sistemas.

II Parte – Conceitos Básicos e Exemplos

- ✓ Métodos e técnicas para a modelagem de sistemas, utilizando-se o PS e a DS.
- ✓ A DS como ferramenta para a criação de simuladores de sistemas nas áreas das ciências sociais.
- ✓ Modelos de sistemas relativamente complexos, desenvolvidos com o apoio de recursos que permitem: formular hipóteses, poder-fazer, poder-errar e aprender-com-a-experiência, utilizando o conceito da “aprendizagem-centrada-no-aluno”.

III Parte – Referências / Tópicos

1. Objetivos deste trabalho.
2. Breve histórico da TGS, PS e DS.
3. TGS e Arquétipos de Sistemas.
4. Processos de aprendizagem x Conhecimento.
5. Modelos e Simuladores.
6. Dinâmica Humana (Human Dynamics).
7. Problemas.
8. Autores, Bibliografia e Organizações.

2. Breve Histórico da TGS, PS e DS

TGS – Teoria Geral dos Sistemas

Ludwig von Bertalanffy, biólogo, fez o primeiro trabalho sobre a Teoria Geral dos Sistemas numa publicação em 1945 (Alguns Conceitos dos Sistemas Considerados em Termos Matemáticos Elementares) e numa conferência na Universidade de Viena em 1945. Em 1940 havia proposto a Teoria do Organismo como Sistema Aberto, junto com um trabalho de A. C. Burton, de 1939.

A Ciência dos Sistemas, um desenvolvimento da ciência da engenharia, tinha como principal alicerce a Teoria dos Sistemas, um campo eminentemente matemático, focado na automação, engenharia dos sistemas, na cibernética e na tecnologia dos computadores. Esta tratava em especial dos sistemas fechados, enquanto a TGS vinha apresentar uma nova hipótese sobre os sistemas vivos, como sendo sempre sistemas abertos.

Um bom livro para introdução à TGS é “Teoria Geral dos Sistemas”, 1968, do próprio Ludwig von Bertalanffy. Outro livro poderia ser “Introdução à Teoria Geral dos Sistemas”, de W. C. Churchman.

PS - Pensamento Sistêmico

Embora existam dezenas de livros sobre o tema, não se trata de uma teoria propriamente dita e sim de uma forma de “encarar o mundo” baseada na TGS. Para ajudar-nos a identificar os sistemas que nos rodeiam, onde tudo é interdependente e está inter-relacionado, em vez de concentrarmos a atenção em relações causais próximas aos eventos (causa > efeito).

Três idéias fundamentais no PS

(1) A importância do todo - sugere que as relações são mais importantes que as partes e que o todo é primordial para as partes. No ocidente temos a tendência de considerar as partes mais importantes do que o todo. Nos sistemas biológicos a primazia do todo fica mais evidente. Partes podem ser removidas sem afetar de forma drástica algumas das funções do todo, mas partes isoladas não têm qualquer função do todo.

(2) A natureza comunitária do indivíduo desafia-nos a perceber as relações que existem entre nós. Assim como tendemos a ver as partes como mais importantes que o todo, também acreditamos que o indivíduo é mais importante do que a comunidade. Mas quando alguém pede para falarmos sobre nós mesmos – falamos da família, do trabalho, dos estudos, de coisas que são objeto da nossa atenção e do que fazemos para nos divertir, não falamos de nós mesmos independente de todo o resto. Quando esquecemos da natureza comunitária do indivíduo, só percebemos o nosso ego.

(3) O poder gerador da linguagem esclarece as sutis interdependências existentes quando nós interagimos com a realidade, em mutação permanente, o que pode implicar na percepção dessas mudanças. Segundo Maturana & Varela e outros: percebemos do Mundo aquilo sobre o que podemos “falar”, temos uma visão eminentemente “quantitativa” desse Mundo e as línguas ocidentais têm uma “estrutura causal imediatista”.

O PS esclarece que vivemos num mundo complicado (caos aparente). Fazer uma escolha pessoal depende do que está acontecendo com os outros. Alguns grandes problemas afetam todos e não sabemos lidar com eles. Poluição, escassez de energia e água. Fome, desemprego, crime, deterioração urbana, e muitos outros. Os “especialistas” tentam controlar áreas específicas, de acordo com seus conhecimentos, mas não concordam com as soluções dos outros “especialistas”.

Precisamos compreender a complexidade que nos rodeia. Não podemos esperar que os outros tomem as decisões corretas. A solução de problemas complexos não pode ser deixada para os especialistas e os políticos. As mudanças críticas são o resultado de processos lentos e graduais, para os quais nós mesmos contribuímos: a destruição do meio-ambiente, a corrida armamentista (que continua apesar da queda do muro de Berlim) e o terrorismo, a falta de educação, saúde e lazer para todos, os problemas na instituição familiar e nas estruturas comunitárias.

Não existe um dragão para ser combatido, um vilão para ser derrubado, ninguém a quem culpar – somente uma necessidade de pensar de forma diferente para compreender os padrões das mudanças.

O Relatório do Clube de Roma (1973), “Sem Limites para Aprender”, sugere: (a) Avaliar as consequências de longo prazo de nossas decisões; (b) Considerar os efeitos de segunda ordem e efeitos colaterais; (c) Detectar sinais de problemas futuros de nossas ações; (d) Pensar sobre o todo e não só sobre as partes; (e) Ver as causas e efeitos múltiplos (não isolados); (f) Detectar inter-relacionamentos.

Um livro conhecido, que discute o PS, é “A V Disciplina” de Peter M. Senge.

DS – Dinâmica de Sistemas

A D.S. estuda o comportamento dos sistemas ao longo do tempo. Tem raízes, entre outras, na Teoria dos Sistemas, na Teoria Geral dos Sistemas e na Teoria do Controle, teorias estas que deram embasamento ao Pensamento Holístico, citado em algumas áreas da literatura.

A D.S. desenvolveu-se quase junto com o Pensamento Sistêmico, derivado da TGS, que aponta para uma visão de mundo onde os inter-relacionamentos e suas estruturas condicionam o comportamento dos sistemas que nos rodeiam. A D.S. permite que façamos modelos da maioria dos sistemas conhecidos e, com o apoio de alguns softwares para uso em computadores pessoais, possamos simular o comportamento desses sistemas ao longo do tempo.

Como o estudo dos sistemas nos obriga a uma visão inter e transdisciplinar, porque com raras exceções todos os sistemas são multi e pluridisciplinares, a construção de modelos de sistemas com o apoio da DS implica em processos de ensino-aprendizagem naturalmente inter e transdisciplinares.

Em 1958, quando Jay W. Forrester estava escrevendo o artigo “Industrial Dynamics, A Major Breakthrough for Decisions Makers”, para a Revista “Harvard Business”, artigo este incorporado ao Livro “Industrial Dynamics” como o 2º capítulo, havia a necessidade de efetuar algumas simulações num computador. Jay solicitou a Richard Bennett, um especialista em programação, que codificasse as equações para a simulação. Mas, em vez de fazer um programa específico para aquelas simulações, Richard desenvolveu um compilador para gerar o código necessário àquela e outras simulações que viessem a ser feitas. Esse compilador foi chamado de SIMPLE (Simulation of Industrial Management Problems with Lots of Equations) que foi o início dos simuladores para a Dinâmica de Sistemas. Mais tarde, Jack Pugh desenvolveu o Dynamo, com versões que são utilizadas até hoje para sistemas de grande complexidade.

Hoje existem diversos softwares, como o Stella, iThink, PowerSim e VenSim, que podem ser utilizados em micros para a implementação de modelos de sistemas, também chamados de “simuladores de vôo” para as ciências em geral, numa analogia com os simuladores de vôo tradicionais já amplamente utilizados nos micros e que ajudam a aprender a pilotar aviões

"sem utilizar aeronaves".

O MIT-MÁ-USA, local de trabalho do Prof. Dr. Jay W. Forrester, criador da Dinâmica de Sistemas, tem sido o pólo gerador de grande parte das pesquisas científicas na aplicação do Pensamento Sistêmico em todas as áreas da ciência e das principais aplicações na educação, como o projeto "System Dynamics and Learner - Centered Learning in Kindergarten through 12th Grade Education", que está sendo implementado em centenas de escolas nos Estados Unidos da América. Projetos semelhantes estão sendo implementados na Dinamarca, Noruega, Suécia, Finlândia, Inglaterra, Holanda e outros países desenvolvidos.

3. Sistemas, TGS e Arquétipos de Sistemas

Definição de SISTEMA, segundo a TGS.

Conjunto de partes (elementos): (1) que se inter-relacionam, (2) organizados em uma estrutura determinada, (3) que condiciona o comportamento, (4) na direção de um objetivo.

Esta definição, aparentemente simples e superficial, permite identificar o que é e o que não é um sistema. Pode ser considerada como um axioma da TGS.

Expectativas sobre a TGS

Se a TGS é tão importante porquê não é mais divulgada nas escolas?

Talvez por ter sido desenvolvida na área das ciências exatas, MATEMÁTICA e FÍSICA, tendo evoluído a um grau de especialização que a transformou numa outra disciplina estanque.

O biólogo Ludwig von Bertalanffy desenvolveu a TGS estudando os processos comuns dos seres vivos, onde todas as partes são fortemente interligadas e interdependentes. Mais tarde, ele e outros pesquisadores afirmaram que a TGS ajudava a perceber o que era comum em todas as áreas do conhecimento.

Quando estudamos e modulamos sistemas de diferentes áreas do conhecimento começamos a identificar padrões estruturais e comportamentais que permitem utilizar o conhecimento adquirido numa área específica em outras áreas completamente diferentes.

Retroalimentação – “feedback” positivo e negativo

Todos os sistemas têm ciclos de “feedback” positivos e negativos.

Podemos entender os ciclos de “feedback” (FB) como relações existentes entre as partes dos sistemas. Os ciclos positivos (FB+), são responsáveis pelos processos de crescimento e morte dos sistemas. Os ciclos negativos (FB-), responsáveis pelos processos de equilíbrio sistêmico, permitindo que os sistemas apresentem relativa estabilidade durante algum tempo (segundos, anos, séculos, milênios...).

Os ciclos de FB- fazem os sistemas oscilar: mudança > resposta > mudança > resposta... A estabilidade de um sistema não é uma linha reta. Temos mudanças - equilíbrio / rastreamento / erro (alvo fixo ou móvel), com tempos de resposta ou de reação diferentes (sistemas rápidos ou lentos - antecipação).

Os sistemas resistem às mudanças, mas sempre existem pontos vulneráveis (precisamos escolher onde e como pressionar). Sempre existe pelo menos um ciclo de feedback negativo, para interromper o processo de crescimento de um ou mais ciclos de FB+. Nada cresce sem controle, sempre existem limites em algum lugar.

Arquétipos de Sistemas

Os Arquétipos de Sistemas são estruturas dinâmicas “comuns” em sistemas de diferentes áreas do conhecimento, identificadas por pesquisadores interessados num assunto específico e cujo padrão de comportamento sistêmico foi mais tarde reconhecido em outras áreas.

Ajudam a reconhecer semelhanças entre sistemas de diferentes áreas do conhecimento, Identificam padrões genéricos de comportamento: na biologia, psicologia, economia, política, ecologia, saúde, educação, administração de negócios... Ajudam a compreender a estrutura dos problemas e encontrar os pontos de alavancagem (para mudar ou adequar o

comportamento sistêmico de um negócio, por exemplo).

Alguns Arquétipos

Balanceamento com Demora - Existe um tempo de espera (intervalo, DELAY) entre a ação tomada para obter um resultado e o resultado propriamente dito. Se não houver consciência da demora, serão feitas ações corretivas exageradas ou as ações serão abandonadas porque irá parecer que não surtiram efeito.

Desgaste de Objetivos - Um tempo de espera entre o objetivo ser alcançado e a realidade atual pode ser resolvido tomando-se uma ação corretiva ou reduzindo-se o objetivo. A diferença crítica é que a redução do objetivo elimina imediatamente o tempo de espera, enquanto as ações corretivas normalmente demoram.

Soluções que falham - O sintoma de um problema exige uma solução. É feito algo imediatamente, o que alivia o sintoma, mas consequências inesperadas aumentam o problema. Algum tempo depois o sintoma reaparece, no nível anterior ou com maior intensidade.

Limites ao Crescimento - Os esforços iniciais aumentam a performance do sistema. Com o passar do tempo, no entanto, o sistema encontra um limite que reduz o aumento da performance ou a coloca em declínio, mesmo que os esforços continuem a aumentar.

Escalada - Uma parte (A) desenvolve ações que são consideradas uma ameaça pela outra parte. Esta outra parte (B) responde de forma semelhante, criando uma ameaça para A, o que resulta em outras ações ameaçadoras feitas por A. Fica criado um grande “looping” de reforço (ciclo) produzido pelos dois “loopings” de balanceamento.

Transferência de Responsabilidade - O problema é resolvido eliminando-se um sintoma, o que distrai a atenção do problema fundamental. Em algumas situações, o sistema degrada para um modelo de adição, no qual o efeito colateral fica mais importante que o problema original.

Sucesso para os Vitoriosos - Se uma pessoa ou grupo (A) receber mais recursos, terá maior chance de sucesso do que B (assumindo que A e B são igualmente competentes) e o sucesso inicial justificará dar mais recursos a A. Como B recebe menos recursos, seus sucessos serão menores, o que justificará alocar ainda mais recursos a A.

Tragédia dos Comuns - Cada parte executa ações que são individualmente benéficas. Se o crescimento das atividades de cada parte crescer além da capacidade do sistema, os “bens comuns” ficam sobrecarregados e todos os participantes têm uma redução dos benefícios.

Crescimento com investimento insuficiente - O sintoma de um problema exige uma solução. É feito algo imediatamente, o que alivia o sintoma, mas consequências inesperadas aumentam o problema. Algum tempo depois o sintoma reaparece, no nível anterior ou com maior intensidade.

A Quinta Disciplina

O livro “A V Disciplina”, Peter M. Senge, 1990 (The Art & Practice of The Learning Organization), apresenta Cinco Disciplinas das Organizações que Aprendem:

1. Domínio Pessoal - Personal Mastery;
2. Modelos Mentais - Mental Models;
3. Aprendizagem em Grupo - Team Learning;
4. Objetivo Comum - Shared Vision;
5. Pensamento Sistêmico - Systems Thinking.

Este livro aponta o Pensamento Sistêmico como uma espécie de alicerce ou base para a Gestão de Organizações. É um livro interessante para os primeiros contatos com o PS e a DS.

Princípios Gerais para as organizações

- ✓ Visão: uma imagem do futuro que desejamos criar.
- ✓ Valores: Como pretendemos “viajar” do local atual para onde queremos ir.
- ✓ Propósito ou Missão: O que a organização se propõe a realizar.
- ✓ Objetivos: Resultados que esperamos obter num prazo determinado.

Algumas das “leis” apresentadas no livro “A V Disciplina”

- a) Os problemas de hoje foram gerados pelas soluções de ontem.
- b) Quanto mais força V. faz para mudar o sistema, mais ele reage contra a mudança.
- c) O comportamento do sistema “melhora” antes de começar a piorar.
- d) A solução mais fácil normalmente nos traz o problema de volta.
- e) A “cura” pode ser pior do que a doença.
- f) “Andar mais rápido” pode implicar em demorar mais tempo no trajeto.
- g) Causa e efeito não costumam estar próximos no tempo e no espaço.
- h) Pequenas mudanças podem implicar em grandes resultados – mas as áreas de alta alavancagem, para essas mudanças, frequentemente são as menos óbvias.
- i) “V. pode ter o seu bolo e comê-lo, mas não instantaneamente”.
- j) Dividir um elefante ao meio não resulta em dois elefantes menores.
- k) Não existem “culpados”.

Deficiências na aprendizagem

- ✓ A ilusão do aprendizado por experiência e
- ✓ O apego a reações a eventos isolados.

Líder

- ✓ O verdadeiro líder evita as crises, não as resolve.
- ✓ O bom líder guia a organização, os verdadeiros líderes “projetam” a organização.
- ✓ Os líderes sabem que “A estrutura do sistema condiciona o funcionamento”.

Importância da DS

- ✓ A Dinâmica de Sistemas é uma metodologia utilizada para entendermos “como” os sistemas se modificam ao longo do tempo.
- ✓ É uma ferramenta para criar laboratórios de aprendizagem – nas ciências sociais aplicadas, ciências da terra, da saúde, exatas, etc.
- ✓ Não serve para fazer previsões mas para apoiar o processo de aprendizagem. O processo de conhecer melhor as organizações.

A DS como uma “linguagem” para descrever sistemas

- ✓ Os sistemas apresentam padrões circulares de causas e efeitos, chamados ciclos de realimentação (“feedback”).
- ✓ São melhor compreendidos quando apresentados com Diagramas de Ciclos Causais (DCC), que são “diagramas estruturados com ciclos fechados - circulares - de relações de causa e efeito (ciclos causais), que mostram os relacionamentos das variáveis do sistema”.

4. Modelos e Simuladores

A idéia de modelo

- ✓ São representações incompletas e mais simples do que o objeto ou sistema em questão.
- ✓ Representam algumas partes, suas relações e nos dão uma idéia razoável do conjunto inteiro (objeto ou sistema).
- ✓ São mais baratos, menores, mais leves, mais seguros ou mais fáceis de usar:
 - As bonecas, os brinquedos, são modelos.
 - Uma foto é um modelo.
 - Mapas de uma cidade, país, etc.
 - Um programa simulador-de-vôo.
 - O protótipo de um avião (simulado num túnel de vento).

Modelos ajudam a pensar

- ✓ Podem ser físicos ou mentais. Um modelo é melhor que uma coleção de fatos separados para nos ajudar a entender alguma coisa, porque é uma representação sistêmica.
- ✓ A cultura de um povo é um modelo comportamental.
- ✓ Um modelo é uma réplica incompleta, mais fácil de ser usada do que "aquilo" que está sendo modelado.
- ✓ Uma foto permite-nos reconhecer um estranho, enquanto uma descrição - mesmo detalhada - normalmente não permite.
- ✓ Usando um modelo para simular o comportamento de algo, obteremos informações sobre o original que não conhecíamos quando criamos o modelo.
- ✓ Uma forma comum é jogos onde os jogadores assumem determinados papéis e atuam de acordo com um conjunto de regras.
- ✓ Outro tipo de simulação é com mecanismos analógicos; esta é mais útil quando simulando um processo físico complexo, como o fluxo de ar num aeroplano.
- ✓ O mais importante tipo de simulação no moderno planejamento é a utilização de computadores para modelos matemáticos.
- ✓ Lembre-se que, numa organização social ou num sistema de indivíduos, não há como efetuar testes sem colocar em risco as pessoas.

Modelos mentais

- ✓ Nem todos os modelos são algo que podemos tocar.
- ✓ Um modelo pode ser a idéia do que são os governos, o conceito de exército, igreja, clubes, universidades, famílias, etc. Ajuda-nos a pensar e entender o assunto do qual estamos falando.
- ✓ Todos nós temos um modelo mental da cidade onde vivemos. Ele ajuda-nos a ir de um lado para o outro.
- ✓ Outros modelos simulam o comportamento de uma sociedade, mas não é possível simular o comportamento de um indivíduo.

Questões fundamentais no uso de modelos

- ✓ Deming: "Todos os modelos estão errados. Alguns são úteis". Ou: "Nenhum modelo está certo. Nenhum modelo representa de forma completa a realidade (lembrar mapas)".

- ✓ Os modelos não servem para fazer previsões, mas para ajudar nos processos de aprendizagem.
- ✓ Como “errar é uma experiência fundamental na aprendizagem” os modelos permitem simulações que não podem ser feitas no mundo real.
- ✓ Os modelos são fundamentais nos processos de aprendizagem porque “aprender não é um esporte para espectadores. V. tem de ser um jogador”.
- ✓ A DS “é uma metodologia que utiliza modelos para entendermos como os sistemas mudam ao longo do tempo”.
- ✓ Um dos principais conceitos da DS é “a estrutura do modelo condiciona o comportamento ou o inimigo não está lá fora”.

Modelos Mentais “comuns” que prejudicam a aprendizagem (Peter Senge)

- ⇒ As “partes” atuam de forma independente (umas das outras).
- ⇒ A “causalidade” impacta numa única direção.
- ⇒ Os impactos são instantâneos (a correlação é suficientemente boa). As consequências de nossas ações são instantâneas (ou quase).
- ⇒ Os impactos são lineares. Os impactos podem ser identificados e localizados com facilidade

Simulação e Simuladores

A simulação e os simuladores não são uma idéia nova. Sempre existiram. Até para jogar uma pedra as pessoas fazem um ou dois movimentos simulando o lançamento, antes de realizá-lo.

Com o advento dos computadores ficou mais fácil e mais barato construir simuladores para atividades complexas, principalmente aquelas capazes de pôr em risco a segurança dos seres humanos.

Todos nós precisamos ter absoluta confiança na competência dos pilotos comerciais e acreditar que eles estão treinados para resolver qualquer problema que aconteça durante um voo. Mas sabemos que as situações de perigo, que podem acontecer com um avião de passageiros, não podem ser reproduzidas ao “vivo e em cores” sem colocar em risco um patrimônio de milhões de reais e, principalmente, a vida da tripulação e do piloto que estaria aprendendo a pilotar uma aeronave comercial.

Com os “Simuladores-de-Voo”, os pilotos podem aprender quase tudo a respeito das alternativas possíveis para cada situação que possa colocar em risco a segurança do avião e dos passageiros. A combinação de problemas mecânicos e de condições climáticas adversas pode ser simulada quantas vezes for necessário para o piloto aprender “vendo os resultados imediatos de suas ações” e para adquirir a autoconfiança necessária para enfrentar situações novas.

Mas os administradores raramente podem aprender num laboratório qual a melhor solução para um problema da sua organização, seja pública ou privada, embora as decisões possam envolver riscos patrimoniais e danos pessoais até maiores do que os enfrentados pelos pilotos das aeronaves comerciais. A vantagem dos administradores em relação aos pilotos, que estão dentro dos aviões e poderão participar de uma catástrofe, é que as decisões mais importantes e potencialmente mais perigosas, quase sempre estão relacionadas com os resultados futuros da organização e com os respectivos impactos sócio-ambientais, quando eles provavelmente já estarão trabalhando em outro local.

Os Simuladores-de-Vôo Gerenciais (SVG), como o Beer Game desenvolvido na década de 60 no MIT e o People Express, permitem a avaliação dos resultados de decisões que envolvem diversos participantes e períodos de médio e longo prazo, sendo um dos poucos recursos de laboratório-gerencial para o processo de aprendizagem dos administradores.

A base conceitual para a Aprendizagem Organizacional está descrita no livro “A V Disciplina”, de Peter Senge.

Simuladores de Vôo (Gerenciais)

- ✓ Ferramentas para facilitar os processos de aprendizagem nos níveis júnior e sênior em todas as áreas das organizações.
- ✓ Permitem a criação de “micro-mundos” para melhorar os processos de gestão e reduzir custos.

Softwares para simulação

- ✓ Stella e ithink – para área científica e de ciências sociais aplicadas.
- ✓ Vensim – genérico, com uma versão gratuita para a educação (Vensim PLE).
- ✓ Powersim – genérico.
- ✓ Dynamo – utilizado em “mainframes” com modelos muito grandes.

5. Processos de Aprendizagem x Conhecimento

Dados, informação e conhecimento

- ✓ Dados – Fatos objetivos e discretos acerca de eventos (e objetos). Com as tecnologias da era da informática, armazenados em Bancos de Dados e Data Warehouses.
- ✓ Informação – mensagens com emissor e receptor. A mensagem deve modificar o receptor (relevância e propósito). O receptor qualifica a mensagem.
- ✓ Conhecimento – (questão central da filosofia) melhor avaliado pelas ações e decisões resultantes. Evolui, modificando-se. Quando estaciona transforma-se em dogma.

O que é conhecimento?

A história da filosofia, desde os gregos, pode ser vista como o processo de tentar responder a esta pergunta. Na filosofia ocidental é usual separar o sujeito que conhece do objeto conhecido. Descartes postulou a divisão entre sujeito (conhecedor) e objeto (conhecido).

Temos duas tradições epistemológicas, opostas mas complementares: (1) Racionalismo (Platão) - o verdadeiro conhecimento não é produto da experiência sensorial mas sim de um processo mental – dedução; (2) Empirismo (Sócrates) - não existe conhecimento *a priori*, a única fonte de conhecimento é a experiência sensorial - indução.

E duas dimensões: Epistemológica – do conhecimento tácito para o explícito. Ontológica – do indivíduo, para o grupo e para a organização (e sociedade).

Dimensão epistemológica: Conhecimento tácito (CT) – criado pelos indivíduos, não registrado, “culturalmente escondido”. Conhecimento explícito (CE) – registrado, todos podem ter acesso. (Uma forma: modelos DS).

Dimensão ontológica: O conhecimento é individual.

Como armazenar o conhecimento

- ✓ O explícito já existente?
- ✓ O tácito em evolução?
- ✓ Como disponibilizá-los?

Alguns princípios para a Gestão do Conhecimento nas Organizações

- ✓ O conhecimento tem origem e é armazenado nas pessoas.
- ✓ Compartilhar o conhecimento exige confiança.
- ✓ O compartilhamento deve ser encorajado e reconhecido.
- ✓ Depende de criatividade, que precisa ser encorajada.
- ✓ Necessário apoio da gerência e recursos.
- ✓ A tecnologia pode permitir novos ambientes.
- ✓ A Gestão deve ter início com um projeto piloto.
- ✓ Necessária avaliação quantitativa e qualitativa.

O “negócio” do conhecimento nas Organizações

- ✓ Na organização as trocas de conhecimento envolvem produtores, distribuidores e cliente.
- ✓ Cada um destes grupos é importante mas têm interesses diferenciados que precisam ser compreendidos.

- ✓ Como remunerar as trocas de conhecimento nas organizações? Talvez, mérito para os “não indispensáveis”?
- ✓ Como socializar o conhecimento? De Conhecimento Tácito para Conhecimento Tácito, de CT para CE, de CE para CT e de CE para CE.
- ✓ Como incentivar o processo de aquisição de conhecimento individual (com processos de aprendizagem que permitam erros)?
- ✓ Como promover a socialização nos grupos?

A DS e o conhecimento

- ✓ A DS tem demonstrado ser um instrumento importante na democratização do conhecimento.
- ✓ Mesmo quando a criação de modelo num determinado software não tem sucesso, os diálogos para entender o sistema ampliam o conhecimento existente ou criam novo conhecimento.

Algumas questões que a DS ajuda a responder:

- ✓ Como produzir “informações”?
- ✓ Como socializar o “conhecimento” existente?
- ✓ Como gerar novo conhecimento?
- ✓ Como “tomar posse” do conhecimento?

Cinco Processos para a Aprendizagem

(Barry Richmond, PhD, MIT, criador do STELLA)

1. Assimilating content (Assimilação de dados / informações).
2. Gaining understanding (Aquisição de conhecimento).
3. Building understanding (Criação de conhecimento).
4. Building the capacity for building understanding (Desenvolvimento da capacidade de criação de conhecimento).
5. Building the capacity for sharing understanding (Desenvolvimento da capacidade de compartilhar conhecimento).

Obs. “understanding” – um estágio anterior ao conhecimento, pré-requisito.

TGS na educação, segundo Piaget, J. (1979a, pp 166-171)

- ✓ Disciplina - é uma maneira de: organizar e delimitar um território de trabalho e de concentrar a pesquisa e as experiências dentro de um determinado ângulo de visão. Cada disciplina nos oferece uma imagem particular da realidade, isto é, daquela parte que entra no ângulo de seu objetivo.
- ✓ Multidisciplinaridade - o nível inferior de integração. Ocorre quando, para solucionar um problema, busca-se informação e ajuda em várias disciplinas, sem que tal interação contribua para modificá-las ou enriquecê-las. Esta costuma ser a primeira fase da constituição de equipes de trabalho interdisciplinar, porém não implica em que necessariamente seja preciso passar a níveis de maior cooperação.
- ✓ Interdisciplinaridade - segundo nível de associação entre disciplinas, em que a cooperação entre várias disciplinas provoca intercâmbios reais; isto é, existe verdadeira reciprocidade nos intercâmbios e, conseqüentemente, enriquecimentos mútuos.
- ✓ Transdisciplinaridade - é a etapa superior de integração. Trata-se da construção de um

sistema total, sem fronteiras sólidas entre as disciplinas, ou seja, de "uma teoria geral de sistemas ou de estruturas, que inclua estruturas operacionais, estruturas de regulamentação e sistemas probabilísticos, e que una estas diversas possibilidades por meio de transformações reguladas e definidas".

Carta da Transdisciplinaridade

- Primeiro Congresso Mundial de Transdisciplinaridade (Convento da Arrábida, Portugal, 2 a 7 de novembro de 1994). Convento da Arrábida, 6 de novembro de 1994. Texto pelo Comitê de Redação: Lima de Freitas, Edgar Morin e Basarab Nicolescu.

Etapas para a DS numa empresa de alta tecnologia

Etapas-1

- a) Primeiro Grupo – 5 diretores e 9 gerentes seniores.
- b) Estudo da TGS, PS e DS.
- a) Leituras – teoria e casos. Papers e livros de Jay Forrester, John Sterman e Barry Richmond.
- b) A V Disciplina: Domínio Pessoal, Modelos Mentais, Objetivo Comum, Aprendizagem em Grupo.
- c) Avaliação da influência da estrutura dos sistemas no funcionamento/comportamento.
- d) Prática de Ciclos causais, feedback, etc.
- e) Estudo de modelos prontos.

Etapas-2

- a) Desenvolvimento de modelos simples de algumas áreas da empresa.
- b) Utilização de dados históricos (produzidos por um ERP – Enterprise Resource Planning) para testar a confiabilidade do comportamento desses “simuladores”.
- c) Nestas etapas o grupo declarou estar aprofundando os conhecimentos individuais sobre a empresa.

Etapas-n

- c) Socialização dos modelos com grupos de funcionários. Necessário entender como cada pessoa aprende (HD).
- d) A “barreira” da matemática (foi uma pseudo-barreira).
- e) A barreira da síndrome de “Lourdes” (cidade francesa onde acontecem milagres):
 - o Uma doença que se caracteriza pela crença de que existem soluções simples para os problemas sistêmicos.
 - o As pessoas que desenvolvem esta doença passam a vida buscando UMA solução para os problemas que enfrentam.
 - o Muitos “adotam uma solução” e passam a utilizá-la para qualquer problema que venham a enfrentar.

6. Dinâmica Humana (Human Dynamics)

Para o desenvolvimento do modelo de um sistema, seja para construir um DCC ou um simulador informatizado, é fundamental um profundo conhecimento do sistema objeto.

Quando o sistema é simples, uma pessoa pode construir o modelo sozinha. Mas quando o sistema objeto tem alguma complexidade, uma pessoa normalmente só percebe parte da realidade. Nestes sistemas é aconselhável o trabalho em grupo, com um profissional experiente em técnicas de simulação e de desenvolvimento de modelos e algumas pessoas que conheçam profundamente o sistema real.

Isto porque, *“Compreender um sistema significa compreender as pessoas que fazem parte desse sistema. E essas pessoas são todas diferentes entre si. (John Bemis)”*.

Porém, trabalhar em grupo pressupõe respeitar as diferenças entre as pessoas e acreditar que todas poderão contribuir para um melhor entendimento dos sistemas.

Mas a diversidade pode representar tanto uma oportunidade como um problema. Diferenças são a fonte da inovação. Pessoas que vêem o mundo de forma diferente têm idéias inusitadas e enxergam novas possibilidades. Precisamos trabalhar e aprender com pessoas que diferem entre si em experiência, formação acadêmica, sexo e associações de classe. A era das equipes é também a era da diversidade.

O desafio se vê acentuado pelo nosso histórico de ignorar e evitar diferenças. A maioria das empresas, especialmente nos níveis gerenciais, durante muito tempo se assemelhava a clubes privados onde os membros, sem exceção, elogiam outros iguais a eles. Os trabalhadores, em toda a parte, eram amontoados e tratados como se suas diferenças individuais não tivessem importância. Nossas escolas têm oferecido um produto padronizado, presumindo, implicitamente, que todos os alunos aprendem da mesma forma.

A simples compreensão de que as pessoas são o nosso único ativo real ilustra o cerne daquilo que provavelmente determinará quais países e organizações prosperarão no século XXI (Peter Senge, no Prefácio do livro Human Dynamics).

A Human Dynamics apresenta: “Um novo contexto para compreender as pessoas e realizar o potencial de nossas organizações” (Sandra Seagal & David Horne). As pessoas são diferentes nos domínios mental, emocional e físico, e são essas diferenças que tornam cada uma igualmente importante, mas precisamos “aceitar” que cada pessoa aprende de um modo diferente.

A Human Dynamics estuda três elementos dos sistemas relativos ao comportamento humano: (1) Mental – pensamento, valores, estrutura, foco, objetividade e perspectiva; (2) Emocional – mais subjetivo. Relacionamento, comunicação, organização, sentimentos e criatividade. (3) Físico (prático) – pragmático, refere-se à produção, ação.

Os três princípios combinam-se em nove sistemas possíveis, desencadeando comportamentos diferentes, mas complementares. Cinco predominam nas culturas ocidentais, sendo que dois deles são mais encontrados no oriente.

A HD percebe cada ser humano como um sistema em evolução, todos com potencial semelhante e capacidade resolutive complementar.

Aprender algo sobre a HD pode ser uma das formas para trabalhar melhor com a DS.

7. Problemas

Aprenda com os outros!

Junto com este trabalho estamos disponibilizando diversos modelos em Vensim e alguns poucos feitos com o software STELLA (porém, como o uso do STELLA depende de uma licença, só poderão ser testados nos laboratórios da Uniso ou de uma instituição autorizada).

Estude os modelos a seguir e ficará mais fácil desenvolver os seus próprios modelos. Algumas pessoas acham que aprendem mais rápido “queimando etapas”, isto é, tentando entender modelos um pouco mais complexos sem terem de estudar um conjunto de modelos mais simples, já prontos. Isto pode ser verdade, mas a experiência não apresenta muitos casos de sucesso (pessoalmente não conheço nenhum). O que vemos são pessoas perdendo tempo na tentativa de entender algo que parece estar “codificado” numa linguagem secreta, só inteligível para iniciados. Os modelos desenvolvidos por estas pessoas, que não dedicaram um certo tempo para conhecer o básico da “linguagem”, normalmente são altamente criativos, mas absolutamente sem sentido.

Estude estes modelos em Vensim e Stella e observe as semelhanças entre os dois softwares, desenvolvidos segundo os conceitos da Dinâmica de Sistemas.

Observe os tópicos abaixo, nos modelos prontos:

- ✓ Para a construção de modelos é fundamental conhecer profundamente o sistema real.
- ✓ As equações dependem do conhecimento que tivermos do sistema real.
- ✓ As variáveis endógenas e as exógenas devem ser identificadas (substituindo as exógenas por endógenas, sempre que possível).
- ✓ Os quatro comandos básicos destes softwares têm de ser usados de forma adequada (veja o manual do VENSIM).
- ✓ As equações montadas com unidades compatíveis.
- ✓ O período da simulação definido corretamente.

Modelos P-00 (-01 a -05), em Vensim.

- ✓ Modelos simples.
- ✓ Lineares e exponenciais.
- ✓ Variáveis exógenas separadas e em destaque.

(P-01) ECONOMIAS (linear), em Vensim.

- ✓ Este modelo mostra o funcionamento básico do Vensim PLE.
- ✓ Experimente algumas alterações nos valores de ganhos e despesas.
- ✓ Ganhos=500, Despesas=400 e Economias=0.

(P-02) INFLAÇÃO, em Vensim.

- ✓ Este ajuda a entender o impacto da inflação quando a taxa de inflação não é igual para os salários e os custos dos bens e serviços que tem de ser pagos.
- ✓ Salários=20.000, Taxa aumento salários=0.07, Compras=20000 e Taxa inflação=0.06.

(P-03) BACTÉRIAS (exponencial), em Vensim.

- ✓ SALADA DE BATATAS no Picnic da Escola.
- ✓ Crescimento exponencial de bactérias num caso de toxicologia. Staphylococcus -

frequente em episódios de envenenamento por alimentos.

- ✓ A doença aparece quando existem 5 milhões de bactérias por centímetro cúbico.
- ✓ A tabela mostra o crescimento da população de bactérias em função da temperatura.
- ✓ Veja os seguintes PARES - (Temperat. - F) = Taxa crescimento - hora).
- ✓ 40=0, 46=0.200, 50= 0.520, 58=0.840, 64=1.200, 70=1.560, 76=2.200, 82=2.960, 88=4.040, 94=6.360, 100=6.640.
- ✓ É impressionante o aumento da velocidade de crescimento por hora, à medida que a temperatura sobe (Relação Centígrados e Fahrenheit / 0C=32F, 10C=50F, 20C=68F, 30C=86F, 40C=104F).
- ✓ Quantidade inicial de Bactérias = 1500.

(P-04) Crescimento Populacional, em Vensim.

- ✓ Este modelo vai ser usado para calcular a taxa de crescimento da população mundial em quatro épocas distintas. Usando equações simples achamos a solução sem a utilização do Vensim. O exemplo serve para mostrar que o Vensim pode ser usado para a solução de problemas semelhantes, quando não sabemos resolver de outra forma, mais elegante.
- ✓ A técnica vai ser a de tentativas sucessivas.
- ✓ Época 1 = 1.000.000 AC - 10.000 AC - 125.000 / 6.000.000 pessoas
- ✓ Época 2 = 10.000 AC - 1.750 DC - 6.000.000 / 771.000.000 de pessoas
- ✓ Época 3 = 1.750 DC - 1.950 DC - 771.000.000 / 2.530.000.000 de pessoas
- ✓ Época 4 = 1.950 DC - 1990 DC - 2.530.000.000 / 5.292.000.000 de pessoas
- ✓ Processo: Comece com uma taxa qualquer e veja o que acontece.
- ✓ A cada rodada altere a taxa até que o valor do gráfico fique próximo do valor da população final da época que V estiver calculando.
- ✓ Repetindo, com matemática elementar V. resolveria este problema de forma mais rápida.

(P-05) FB (+) versus FB (-), em Vensim.

- ✓ Este modelo mostra a diferença entre uma poupança com juros (no banco) e uma sem juros (debaixo do colchão).
- ✓ Uma tem crescimento exponencial e a outra crescimento linear.
- ✓ Veja a diferença entre os dois gráficos.

(P-06) GAPS, em Vensim.

- ✓ Como modelar GAPS (intervalos, diferenças...).
- ✓ Como um número absoluto: Quanto está faltando? $GAP = \text{desejado} - \text{real}$.
- ✓ Como fração ou percentagem. $GAP = (\text{desejado} - \text{real}) / \text{desejado}$.
- ✓ Fração indicando quão perto estamos do objetivo. $GAP = \text{real} / \text{desejado}$.

(P-07) FB (-) decaimento exponencial, em Vensim.

- ✓ É o inverso do crescimento exponencial.
- ✓ O exemplo mostra o que acontece num cardume, num período de 11 meses, quando temos uma taxa de mortalidade de 66,5% ao mês.
- ✓ A quantidade de peixes sobreviventes é muito pequena.

(P-08) Cartão de Crédito, em Vensim.

- ✓ Este simula uma situação onde alguém deve R\$ 5.000,00.
- ✓ Ele(a) decide não fazer outras compras até ter pagado a dívida.
- ✓ Faz um pagamento mensal, mas todos os meses o débito é acrescido dos juros, que são de 18% ao ano (fora da nossa realidade).
- ✓ Faça algumas simulações com diferentes pagamentos mensais:
- ✓ Tente: R\$80,00 / R\$120,00 e R\$160,00.
- ✓ O saldo será liquidado com R\$ 187, 66 em 43 meses.

(P-09) Tráfego, em Vensim.

- ✓ Diariamente, às 7,00h da manhã, uma média de 10 carros por minuto, dirige-se para um cruzamento que pode suportar até 15 carros por minuto. Entre 7,15h e 8,00h (mostrado aqui como os minutos 15 e 60) o número de carros dobra para 20 por minuto e, após 8.00h, volta para 10 carros por minuto.
- ✓ Este modelo visa calcular a quantidade de carros no cruzamento.
- ✓ Para os primeiros 15 minutos a quantidade é de 10 carros por minuto.
- ✓ Nos 45 minutos seguintes dobra para 20 carros.
- ✓ Depois retorna a 10 carros por minuto.
- ✓ A quantidade de carros saindo do cruzamento por minuto permanece da ordem de 15 carros, e o estoque, de uma forma artificial, é impedido de ficar negativo.
- ✓ Quando a entrada é superior a 15 carros, temos um acúmulo de carros, e quando a entrada fica inferior a 15, o congestionamento desaparece.

(P-10) Cataclismo / População, em Vensim.

- ✓ **MODELO POPULACIONAL COM MÚLTIPLAS CAUSAS.**
- ✓ Neste sistema vamos estudar a epidemia de peste bubônica que assolou a Europa num período de dois anos, entre 1346-1348, matando de 30% a 50% da população.
- ✓ Houve um tremendo impacto instantâneo e outro que teve reflexos durante diversas décadas.
- ✓ Vamos utilizar uma taxa de mortalidade normal e outra, bem maior, para o período da epidemia.
- ✓ **OUTRAS INFORMAÇÕES:** Assumindo que 40% da população morreu, no período de dois anos, nós vamos usar uma taxa anual de 0.23.
- ✓ Vamos aplicar essa taxa nos dois anos com o comando:
- ✓ **IF TIME=> 1346 AND TIME < 1348 THEN POPULAÇÃO EUROPA * (taxa mortalidade normal + taxa mortalidade peste) ELSE POPULAÇÃO EUROPA* taxa mortalidade normal.**
- ✓ **A "taxa mortalidade peste" poderia ser definida numa variável com o comando IF TIME >= 1346 AND TIME < 1348 THEN 0.23 ELSE 0.**

(P-11) Pessoas comprando, em Vensim.

- ✓ Este modelo trabalha com dois estoques.
- ✓ Pessoas sem um determinado produto (brinquedos) e pessoas com esse produto.
- ✓ O processo de vendas ou de conseguir novos compradores, funciona de forma análoga à de uma epidemia.

- ✓ É importante notar que a quantidade de compradores potenciais vai diminuindo até esgotar-se, criando uma situação complicada para o fabricante do produto.

(P-12) Limites ao crescimento, em Vensim.

- ✓ Período = 0-60.
- ✓ Time Step = 0.25.
- ✓ Unidade de tempo = mês (month).
- ✓ População de ratos = inicia com 2.
- ✓ Taxa de natalidade máxima dos ratos = 25%.
- ✓ Quantidade de ratos para uma população saudável = 200.
- ✓ Função do efeito da densidade = (0=3), (1=1), (2=0.25), (4=0) / densidade menor, maior a natalidade.

LIMITES DEL CRECIMIENTO HUMANO

(P-13) Produção x inventário, em Vensim.

- ✓ Período = 0-100.
- ✓ Time Step = 0.25.
- ✓ Unidade de tempo = month.
- ✓ Inventário = inicia com 300.
- ✓ Produção = mão de obra * produtividade (soma no inventário).
- ✓ Vendas = 100 mensais, mas a partir do vigésimo mês passa a vender mais 50 por mês.
- ✓ A produção alvo é a quantidade vendida.
- ✓ A produtividade é igual a 1 (cada unidade de mão de obra faz uma unidade da produção).
- ✓ A mão de obra alvo é igual à produção dividida pela produtividade.
- ✓ Tempo para adequar a mão de obra = 3 meses.
- ✓ A mão de obra inicia com valor igual à mão de obra alvo.
- ✓ A contratação líquida é igual à (mão de obra alvo - mão de obra) / tempo para adequar a mão de obra.

(P-14) Processo de Difusão da DS (ou de uma epidemia), em Vensim.

- ✓ Período = 1960-2010.
- ✓ Time Step = 0.25.
- ✓ Unidade de tempo = ano (year).
- ✓ Não usuários = 10.000.000.
- ✓ Usuários = inicia com 10.
- ✓ Quantidade de contatos = 100.
- ✓ Taxa de adoção = 0.5% (altamente otimista).

EPIDEMIA

(P-15) - Exemplo de um “delay”, em Vensim.

- ✓ Período = 0-36.
- ✓ Time Step = 1.
- ✓ Unidade de tempo = mês (month).
- ✓ A empresa vende um produto com entrega imediata. Nunca atrasa. No primeiro ano vendeu 10 unidades mensais. No segundo ano 20 e no terceiro 30 unidades mensais.
- ✓ Os fornecedores sempre entregam no mês seguinte as quantidades vendidas (compras

iguais às vendas). Nunca atrasam.

- ✓ O estoque inicial é de 40 unidades.
- ✓ Objetivo: Fazer um gráfico, manualmente, mostrando a evolução do estoque.
- ✓ Faça um gráfico com a tendência da curva, sem grandes detalhes, ANTES DE EXECUTAR O MODELO EM VENSIM.

Importante

O fornecedor do software STELLA (ex-HPS, www.hps-inc.com, hoje www.iseesystems.com) não mais oferece uma versão “save-disable”, que possa ser utilizada para simular os modelos abaixo, sem custo.

Como a Universidade de Sorocaba - Uniso comprou a versão 5 do Stella e do ithink, os modelos abaixo podem ser simulados nos laboratórios da IES.

(ST5-07-02) Boas intenções... em STELLA.

- ✓ Neste modelo vamos estudar as consequências de ações bem intencionadas de um determinado governo.
- ✓ Uma população com altas taxas de natalidade e mortalidade pode permanecer estável, permitindo que os recursos públicos possam, de certa forma, atender as necessidades básicas das pessoas.
- ✓ Quando são tomadas medidas para reduzir fortemente a taxa de mortalidade, sem cuidar da taxa de natalidade, podemos ter grandes problemas.
- ✓ Período = 0-40.
- ✓ Time Step = 1.
- ✓ Unidade de tempo = year.
- ✓ População = inicia com 75.000.
- ✓ Taxa de natalidade = 4% (este é um valor muito alto).
- ✓ Taxa de mortalidade normal = 4% (este também é um valor muito alto).
- ✓ Ações para reduzir a taxa de mortalidade = inicia com 1 (divisor que mantém igual a taxa de mortalidade normal - logo nada foi feito para reduzir a mortalidade).

(ST5-08-02) Água de uma cidade, em STELLA

- ✓ Neste exemplo temos um reservatório de água que atende uma cidade. Os habitantes precisam decidir se querem indústrias que utilizem água do reservatório. O reservatório depende da quantidade de chuva e da intensidade dos períodos de seca.
- ✓ Período = 0-104.
- ✓ Time Step = 1
- ✓ Unidade de tempo = week.
- ✓ Reservatório = 1.000.000 galões.
- ✓ Chuva semanal = quantidade de galões (valor RANDOM entre 40/52 e 70/52).
- ✓ Galões de água armazenada no reservatório por polegada de chuva = 200.000.
- ✓ Existe uma época de seca entre as semanas 12 e 27 e outra entre as semanas 70 e 85. Nestes períodos chove somente 25% do normal.
- ✓ Quando o reservatório tem mais de 2.000.000 de galões, o excesso é perdido.
- ✓ A área industrial da cidade consome entre 10.000 e 15.000 galões de água.

- ✓ A cidade tem 1.000 habitantes.
- ✓ Consumo per capita de 200 galões.

(ST5-08-01) Alimentos disponíveis, em STELLA.

- ✓ Período = 0-48.
- ✓ Time Step = 1.
- ✓ Unidade de tempo = month.
- ✓ Alimentos disponíveis = inicia com 0.
- ✓ A produção de alimentos depende da quantidade de acres = 1000.
- ✓ A produção média por acre = 800 unidades.
- ✓ A produção por acre num ano ruim pode ser reduzida, por exemplo, de 25% a partir do segundo mês e repetindo-se a cada seis meses (PULSE (0.25 , 2,6)).
- ✓ Logo a produção por acre será a produção média corrigida $(1-x)$.
- ✓ A população é de 500.000 pessoas.
- ✓ O consumo per capita é de 1.5 unidades.

(ST5-15-04) Simulador de um negócio, em STELLA.

- ✓ Período = 0-61
- ✓ Time Step = 1
- ✓ Unidade de tempo = month
- ✓ Nosso Inventário = Qual é o nosso estoque atual? Isto é determinado pela produção mensal mais a quantidade que sobrou de meses anteriores, se tiver sobrado. Inicialmente consideramos que a nossa produção será de 250 itens e esta também será a quantidade inicial do estoque.
- ✓ Nossa Produção = quantidade produzida, armazenada no nosso inventário.
- ✓ Mercado total = varia entre 500 e 750.
- ✓ Nossa participação potencial no mercado = O que condiciona as nossas vendas? Dois dados: 1) o mercado total das pessoas que querem comprar o produto e 2) a parcela do mercado controlada pela nossa concorrência.
- ✓ Participação dos outros no mercado = varia de acordo com o nosso preço, que poderá variar de 1 a 5. Quando for 1 a participação dos outros será 0, quando for 5 a dos outros será 0.985. Curva em S.
- ✓ O nosso preço = Quanto deve custar um item? Como vamos determinar o preço? Talvez tenhamos de considerar quem mais está vendendo produtos semelhantes e a que preço? V. pode colocar qualquer preço entre \$1 e \$5. Este é a simulação.
- ✓ Sobra de inventário = inventário - vendas
- ✓ Custo de inventário = \$0.25 por mês
- ✓ Custo por item produzido = quantidade produzida variando de 0 a 1000. De 0 a 99 o custo é de 0.92. 100 - 0.84. 200 - 0.72. 300 - 0.67. 400 - 0.60. 500/600/700/800/900/1000 - 0.50.
- ✓ Quantidade produzida mensalmente = Quanto devemos produzir? Esta é uma das decisões importantes para o negócio. Vamos começar com 250?
- ✓ Nosso resultado = Aqui temos o nosso capital. Se temos lucros, estamos no "preto". Se perdemos dinheiro estamos trabalhando no "vermelho". Este valor pode ser negativo.

Dinâmica de Sistemas - Referências

- ✓ Começar com 0.
- ✓ Entradas no nossos resultados = nossas vendas * nosso preço.
- ✓ Gastos = (quantidade_produzida_mensalmente * custo_por_item_produzido) + (custo_inventário * sobra_inventário)
- ✓ Veja, também, o modelo ST5-17-02.

8. Autores, Bibliografia e Organizações (esqueleto de um resumo)

Autores - Conhecimento

- ✓ Filósofos.
- ✓ Ikujiro Nonaka & Hirotaka Takeuchi: Criação de Conhecimento na Empresa, Editora Campus, 1997.
- ✓ Thomas H. Davenport & Laurence Prusak; Working Knowledge, Harvard Business School Press, 1998.

Autores – Sistemas

- ✓ W. Edwards Deming: A Nova Economia, Qualitymark, 1997 e Qualidade: a Revolução da Administração, USA, 1982, 1990.
- ✓ Roger S. Pressman: Engenharia de Software, McGraw-Hill, 2002.
- ✓ Marvin R. Weisbord & 35 autores: Discovering Common Ground, Berrett_Koehler Publishers, 1992.

Autores – TGS / PS

- ✓ Ludwig von Bertalanffy, Teoria Geral dos Sistemas – a ciência que está revolucionando a administração e o planejamento na área do governo, dos negócios, na indústria e na solução dos problemas humanos, Canadá 1968, 1973.
- ✓ Draper L. Kauffman Jr., Systems 1 – an introduction to systems thinking, 1980 e Ensinando para o Futuro.
- ✓ Peter M. Senge (Diretor do Programa de Aprendizagem Organizacional e Raciocínio Sistêmico na Faculdade de Administração Sloan, do MIT), A Quinta Disciplina – arte, teoria e prática da organização de aprendizagem (correção - da organização que aprende), USA 1990.

Autores – Dinâmica de Sistemas

- ✓ John D. Sterman (the J. Spencer Standish Professor of Management at the Sloan School of Management of the MIT, and Director of MIT's System Dynamics Group) Business Dynamics – systems thinking and modeling for a complex world, 2000,
- ✓ Jay W. Forrester, (Criador da Dinâmica de Sistemas) Collected Papers of Jay W. Forrester, 1975 e System Dynamics and the Lessons of 35 Years, April 29, 1991, D-4224-4
- ✓ Modelagem do Meio-Ambiente (Andrew Ford...) Andrew Ford (Professor at Washington State University in Pullman, Washington) Modeling the Environment – an introduction to system dynamics modeling of environmental systems, 1999.
- ✓ Craig W. Kirkwood, “System Dynamics Methods: A Quick Introduction”, College of Business Arizonas State University.

Softwares – DS

- ✓ Dynamo / Stella / ithink / Vensim / Powersim...

Situação da D.S. no Mundo

- ✓ Milhares de escolas do 1º e 2º graus em países do 1º mundo (USA / K-12).
- ✓ Centenas de Cursos de Graduação específicos ou com D.S. como apoio a disciplinas diversas.
- ✓ Dezenas de dissertações de Mestrado teses e Doutorado.

Dinâmica de Sistemas - Referências

- ✓ Milhares de “papers” com estudos de casos nas mais diferentes áreas do conhecimento.
- ✓ Centenas de livros.
- ✓ Problema – praticamente nada na língua portuguesa.

Situação da D.S. no Brasil

- ✓ Em 2003 foi criada a Sociedade Brasileira de Dinâmica de Sistemas (também como um Chapter da System Dynamics Society / USA).
- ✓ Algumas das mais importantes IES brasileiras, como a FGV, ESPM, USP, UNICAMP e diversas IES federais e estaduais, já incluíram a DS em diversos cursos de graduação e de pós-graduação.
- ✓ A FGV estuda a inclusão da DS em todas as disciplinas de todos os cursos.

Organizações – DS

- ✓ Destacam-se as seguintes: The Creative Learning Exchange, (organização não lucrativa de apoio ao K-12) e a System Dynamics Society (está sendo criado o Brazilian Chapter of the System Dynamics Society Inc. – Primeira assembléia dos sócios fundadores no dia 13/02/2003).

"Papers"

- ✓ Em diversos "sites" temos acesso a milhares de trabalhos, com destaque para aqueles dos seguintes professores doutores: Jay W. Forrester, John D. Sterman, Craig W. Kirkwood, Daniel H. Kim. Nelson Repenning, Peter. M. Senge, Barry Richmond e Donella Meadows.

Autores – Human Dynamics

- ✓ Sandra Seagal & David Horne: Human Dynamics, Qualitymark, 1998.