

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA  
FACULDADE DE ENGENHARIA**

# **INTRODUÇÃO À DINÂMICA DE SISTEMAS**

[www.agrosoft.org.br/ds](http://www.agrosoft.org.br/ds)

Paulo R. C. Villela, D.Sc.  
Universidade Federal de Juiz de Fora  
[paulo.villela@ufjf.edu.br](mailto:paulo.villela@ufjf.edu.br)  
(32) 8806-8188

2005

## PREFÁCIO

Algumas vezes, a linguagem com que nos comunicamos normalmente – Português, Espanhol, Inglês, etc – é ambígua para expressar situações especiais. Por exemplo, alguém pergunta: “O que nasceu primeiro, o ovo ou a galinha?” O leitor para e pensa, pensa, pensa,... e finalmente responde com toda sabedoria: “O ovo, porque...” Ou quem sabe: “A galinha, porque...” Esta é uma típica situação onde a linguagem que usamos, normalmente falha. Na verdade, a própria linguagem nos induz a pensar que “ovo” e “galinha” são coisas distintas na natureza, o que não é verdade. Não existe “ovo” sem “galinha”, e vice-versa. A linguagem funciona como uma verdadeira armadilha. Ao permitir a separação “ovo” e “galinha”, a linguagem aprisiona nosso pensamento, fazendo crer que estas duas coisas são distintas e existem na natureza de forma independente uma da outra.

Nossa comunicação na linguagem tradicional é linear. Contamos histórias de maneira seqüencial, uma coisa depois da outra. Toda vez que temos que expressar algo que envolva um caminho circular, onde se tem uma cadeia de eventos do tipo A é causa de B, que por sua vez é causa de A, nossa linguagem engasga e nosso raciocínio normalmente é falho. Tais situações circulares apresentam efeitos de **realimentação** (*feedback*) e são básicas para explicar a **dinâmica** da natureza, isto é, o processo evolutivo desta ao longo do tempo.

A disciplina **Dinâmica de Sistemas** (*System Dynamics*) é antes de tudo uma nova linguagem que permite expressar mais adequadamente as cadeias de eventos circulares (*loops*) existentes na natureza. Através de diversos tipos de diagramas (*causais; estoque e fluxo*) é possível expressar graficamente um **sistema** (um pedaço bem delimitado da natureza) possibilitando ver mais claramente, a **complexidade dinâmica** (ao longo do tempo) **das relações entre as partes** do mesmo.

As relações circulares de causa e efeito (realimentações) são comuns nos sistemas agroindustriais. Por esta razão, a disciplina Dinâmica de Sistemas é aqui desenvolvida, visando oferecer aos profissionais do agronegócio, uma ferramenta adequada para tratar a complexidade dinâmica das relações circulares existentes neste tipo de sistema.

Usando softwares de simulação, baseados nos conceitos da disciplina **Dinâmica de Sistemas**, procuramos mostrar neste curso, como construir **simuladores gerenciais**, permitindo que o profissional simule o desempenho dinâmico de sistemas agroindustriais com auxílio de computadores pessoais do tipo PC. O exercício nestes simuladores permite tanto testar situações novas, antes de colocá-las em prática, quanto treinar equipes no gerenciamento de fazendas, agroindustrias, cadeias produtivas, etc.

Espero que este curso consiga despertá-lo para esta técnica, que apesar de nascida em 1961 com o trabalho de Jay Forrester, somente ganhou um grande impulso no início da década de 90. Agradeço desde já os comentários, críticas e sugestões.

Prof. Paulo R. C. Villela  
paulo.villela@ufjf.edu.br  
(32) 8806-8188

# ÍNDICE

Prefácio	ii
Índice	iii
Referências	iv

## CAPÍTULOS

Capítulo 1: Introdução	1
Capítulo 2: Modelos Causais	4
Capítulo 3: Modelos de Estoque e Fluxo	8
Capítulo 4: Simulando a Dinâmica de um Sistema	12
Capítulo 5: Modelo Financeiro	15
Capítulo 6: Modelo de Rebanho Leiteiro	20
Capítulo 7: Arquétipos de Sistema	26

## APÊNDICES

Apêndice 1: Modelagem de Cadeias Produtivas	32
Apêndice 2: Relações Causais na Discussão sobre Organismos Transgênicos no Complexo da Soja	36

FORMULÁRIOS PARA RESPOSTAS AOS DESAFIOS	45
---	----

AGRADECIMENTOS	59
----------------	----

# REFERÊNCIAS

## SOFTWARES

- **Powersim**  
<http://www.powersim.com/>
- **ISee Systems - Stella**  
<http://www.iseesystems.com/>
- **VenSim**  
<http://www.vensim.com/>
- **Forio: Web Business Simulations**  
<http://www.forio.com/>
- **WLinkit: Ferramenta de Modelagem Computacional para Educação**  
<http://www.nce.ufrj.br/ginape/wlinkit/>

## LIVROS BÁSICOS

- **Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World**  
John D. Sterman  
Irwin/McGraw-Hill (2000)
- **Industrial Dynamics**  
Jay W. Forrester  
MIT Press. (1961)
- **The Fifth Discipline: The Art & Practice of The Learning Organization**  
Peter M. Senge  
Currency Doubleday (1990)
- **A Quinta Disciplina: Arte e Prática da Organização que Aprende**  
Peter M. Senge  
Editora Best Seller (1994)
- **The Fifth Discipline Field Book**  
Peter Senge, Art Kleiner, Charlotte Roberts, Richard Ross e Bryan Smith  
Currency Doubleday (1994)
- **Modeling Biological Systems: Principles and Applications**  
James Haefner  
Chapman & Hall (1996)

## REFERÊNCIAS NA INTERNET

- **SBDS: Sociedade Brasileira de Dinâmica de Sistemas**  
<http://www.espm.br/sbds>
- **System Dynamics Society**  
<http://www.systemdynamics.org/>

- **Desert Island Dynamics: An Annotated Survey of the Essential System Dynamics Literature**  
<http://web.mit.edu/jsterman/www/DID.html>
- **System Dynamics / Systems Thinking Mega Link List**  
<http://www.uni-klu.ac.at/~gossimit/linklist.php>
- **MIT System Dynamics in Education Project (SDEP)**  
<http://sysdyn.clexchange.org/>
- **U.S. Department of Energy's: Introduction to System Dynamics**  
<http://www.albany.edu/cpr/sds/DL-IntroSysDyn/>

## ARTIGOS

### Português

- **Coordenação de Cadeias Produtivas: Uma Aplicação de Sistemas Dinâmicos ao Agronegócio da Carne Bovina**  
<http://www.agrosoft.org.br/trabalhos/ag99/artigo13.htm>
- **Relações Causais na Discussão sobre Organismos Transgênicos no Complexo da Soja**  
<http://www.agrosoft.org.br/trabalhos/ag99/artigo41.htm>
- **Sustentabilidade de Empreendimentos Agroindustriais de Pequeno Porte: uma Aplicação de Sistemas Dinâmicos**  
<http://www.agrosoft.org.br/trabalhos/ag99/artigo52.htm>
- **Uma Aplicação da Metodologia de Dinâmica de Sistemas à Análise da Coordenação Vertical na Cadeia Produtiva da Pecuária de Corte**  
<http://www.sbiagro.org.br/iiwork/artigo02.htm>
- **Uso de Simulação Baseada em System Dynamics para Análise de Cadeias Agroindustriais**  
<http://www.sbiagro.org.br/iiwork/artigo04.htm>
- **Utilização de System Dynamics no Gerenciamento de Florestas**  
<http://www.sbiagro.org.br/iiwork/artigo06.htm>

### Inglês

- **Software Process Modeling with System Dynamics**  
<http://www-rcf.usc.edu/~madachy/sd/>
- **Using System Dynamics to Understand and Enhance the Evolution of Networks**  
<http://www.centrec.com/pres/cimre/index.htm>

## TESES DE MESTRADO E DOUTORADO

### ADMINISTRAÇÃO

- **A system dynamics model of a professional organization: the dynamics of personnel policy**  
<http://theses.mit.edu/Dienst/UI/2.0/Page/0018.mit.theses/1982-2/2>
- **A system dynamics model of a small R&D office: productivity enhancement**  
<http://theses.mit.edu/Dienst/UI/2.0/Page/0018.mit.theses/1990-1/2>
- **A system dynamics model of the growth and diffusion of R & D communities**  
<http://theses.mit.edu/Dienst/UI/2.0/Page/0018.mit.theses/1990-46/2>
- **Modeling information flows within a nuclear unity: a system dynamics approach**  
<http://theses.mit.edu/Dienst/UI/2.0/Page/0018.mit.theses/1995-142/3>
- **The influences of learning behavior on the performance of work teams: a system dynamics approach**  
<http://theses.mit.edu/Dienst/UI/2.0/Page/0018.mit.theses/2000-25/2>

### ECONOMIA

- **A systems dynamics model of the U.S. railroad industry**  
<http://theses.mit.edu/Dienst/UI/2.0/Page/0018.mit.theses/1976-38/2>
- **Deregulation of the telecommunications industry in Argentina: a system dynamics approach**  
<http://theses.mit.edu/Dienst/UI/2.0/Page/0018.mit.theses/1997-289/2>
- **The energy transition and the economy: a system dynamics approach**  
<http://theses.mit.edu/Dienst/UI/2.0/Page/0018.mit.theses/1981-17/2>
- **The privatization process - a system dynamics model for Brazil**  
<http://theses.mit.edu/Dienst/UI/2.0/Page/0018.mit.theses/1994-205/2>
- **The system dynamics national model investment function: a comparison to the neoclassical investment function**  
<http://theses.mit.edu/Dienst/UI/2.0/Page/0018.mit.theses/1978-13/3>

### MARKETING

- **Copper market fluctuations, an industrial dynamics study**  
<http://theses.mit.edu/Dienst/UI/2.0/Page/0018.mit.theses/1960-15/4>
- **Developing a retail channel for a multiuser microcomputer: an analysis using system dynamics**  
<http://theses.mit.edu/Dienst/UI/2.0/Page/0018.mit.theses/1984-5/2>
- **Management of technology in a two tier market: a system dynamics investigation of wireless communications**  
<http://theses.mit.edu/Dienst/UI/2.0/Page/0018.mit.theses/1995-233/3>
- **Understanding the Boston real estate market: a system dynamics approach**  
<http://theses.mit.edu/Dienst/UI/2.0/Page/0018.mit.theses/1989-142/2>

## **BIOLOGIA**

- **The dynamics of blood sugar regulation**  
<http://theses.mit.edu/Dienst/UI/2.0/Page/0018.mit.theses/1970-21/2>

# INTRODUÇÃO À DINÂMICA DE SISTEMAS

## CAPÍTULO 1

# INTRODUÇÃO

A disciplina **Dinâmica de Sistemas** (do termo em Inglês: System Dynamics) foi proposta e desenvolvida na década de 50 pelo engenheiro eletricista Jay Forrester na escola de administração Sloan School of Management do MIT (Massachusetts Institute of Technology). Forrester que trabalhou, durante a II Guerra no Laboratório de Servomecanismo do MIT, para as forças armadas americanas, desenvolvendo controles automáticos para armamentos militares, percebeu que poderia dar uma grande contribuição às ciências administrativas, econômicas e sociais, usando os mesmos conceitos da teoria de controle e servomecanismos, bastante desenvolvida na engenharia elétrica.

Em 1961, Forrester publicou o livro "Industrial Dynamics" (Dinâmica Industrial) que se tornou o marco conceitual da disciplina que hoje se conhece como Dinâmica de Sistemas. Entretanto foi através do contato de Forrester com o ex-prefeito de Boston, John F. Collins, que trabalhava na época (1968) como professor visitante no MIT, que a disciplina começou a provar sua real utilidade nos famosos modelos de estudos estratégicos urbanos e mundiais, editados nos dois best sellers: "Urban Dynamics" (Dinâmica Urbana) e "World Dynamics" (Dinâmica Mundial).

## ORGANIZAÇÕES QUE APRENDEM

Posteriormente, Peter Senge, engenheiro formado em Stanford e orientado de Forrester, trabalhou na década de 70 na realização de seminários com executivos, introduzindo a prática do pensamento sistêmico dinâmico no seio das grandes organizações. Hoje, o trabalho de Senge está se consolidando como uma metodologia de administração de empresas que utiliza basicamente o ferramental de Dinâmica de Sistemas e é conhecida como **ORGANIZAÇÕES QUE APRENDEM** (Learning Organizations) e **PENSAMENTO SISTÊMICO** (System Thinking). Senge lançou em 1990, seu famoso best seller A Quinta Disciplina - Arte e Prática da Organização que Aprende (The Fifth Discipline - The Art & Practice of The Learning Organization) e The Fifth Discipline Field Book. A "quinta disciplina" referenciada na obra de Senge é o **PENSAMENTO SISTÊMICO** que utiliza todo o ferramental metodológico desenvolvido por Jay Forrester na década de 50 e estruturado no início da década de 60 no livro "Industrial Dynamics".

O sucesso que as aplicações da metodologia Dinâmica de Sistemas vem alcançando no mundo todo é inquestionável. Desde os famosos modelos urbanos e globais de Forrester e Collins na década de 60 e 70 aos "simuladores de vôos gerenciais", que vem sendo usados nas grandes corporações ao redor do mundo, que a disciplina Dinâmica de Sistemas vem provando seu potencial como ferramenta auxiliar em várias áreas do conhecimento.



# APLICAÇÕES DE DINÂMICA DE SISTEMAS

## Aplicações Gerais

Dinâmica de Sistemas se presta para a identificação das seguintes características básicas de qualquer sistema:

**Relações de causa e efeito:** É comum numa situação-problema complexa, ficar-se debatendo horas e horas, sem que se chegue a uma conclusão de quais são as causas estruturais de um problema, mesmo quando se reúne especialistas das diversas áreas de abrangência do problema. Todos têm razão e ninguém tem razão. **Dinâmica de Sistemas permite a construção de gráficos de relações causais onde se procura delimitar e pesquisar quais as relações de causa e efeito que existem entre os elementos de um sistema.** Dinâmica de Sistemas permite a construção destes gráficos causais em reuniões com a participação de especialistas e usuários de um sistema, fazendo com que cada um compartilhe suas visões do sistema (modelos mentais), estabelecendo uma linguagem que facilita o aprendizado mútuo entre os constituintes do grupo.

**Tempos de resposta:** Nem sempre o resultado de uma decisão vem de imediato. Um exemplo típico: toma-se um comprimido para dor de cabeça, espera-se um tempo para fazer o efeito. Se a pessoa não toma as doses do remédio nos horários recomendados, ela pode ocasionar complicações no seu organismo ou não sentir qualquer efeito do mesmo. Decisões estratégicas importantes podem estar sendo tomadas simplesmente sem que se saiba a importância e quais são os tempos de resposta dos sistemas onde elas devem produzir seus resultados. Isto frequentemente tem sido causa de oscilações ou mesmo da falência total de sistemas que se desejam estáveis. **Os modelos de Dinâmica de Sistemas ajudam a explicitar e estudar estes tempos de resposta inerentes a qualquer sistema.**

**Efeitos de realimentação:** É comum uma decisão ocasionar um efeito realimentador. **Este efeito pode ser no sentido de reforçar a decisão.** Por exemplo: numa disparada do dólar, as pessoas se sentem tentadas a comprar a moeda toda vez que o dólar sobe, tentando se antecipar a uma alta mais acentuada ainda. Quanto mais pessoas fazem isto, mais a procura por dólar aumenta, mais sobe a cotação. **O efeito de realimentação também pode se dar no sentido de anular o efeito da decisão ou de chegar a um ponto de equilíbrio almejado para o sistema.** Por exemplo, após algum tempo de subida acentuada do dólar, as pessoas se dão conta que ele passou dos limites do razoável e de que existe um patamar para a cotação da moeda. Passam então a só comprar a moeda dentro de uma determinada faixa de valor que elas consideram razoável. Se a cotação passa da faixa, as pessoas tendem a vender dólar, se está abaixo da faixa, elas tendem a comprar. O efeito de realimentação dessa decisão no mercado do dólar é de estabilização em torno de uma faixa (ou banda) cambial, fazendo com que a cotação caia se a mesma tende a passar da banda, ou suba se ela tende a ficar abaixo da banda.

## Aplicações Específicas

### A. Ciências Sociais

A metodologia de Dinâmica de Sistemas tem sido usada com sucesso nas Ciências Sociais (Economia, Administração de Empresas, Marketing, etc) para se entender basicamente duas coisas:

- A estrutura de relações que governa o comportamento de um sistema.
- Comportamento de um sistema ao longo do tempo, isto é, sua dinâmica.

Os problemas tratados nas Ciências Sociais são bastante complexos do ponto de vista dinâmico pois normalmente incluem entre seus elementos o ser humano, cujo comportamento não é coisa simples de ser caracterizado através de modelos.

### B. Ciências Físicas, Químicas e Biológicas

Dinâmica de Sistemas é uma ferramenta poderosa na modelagem de sistemas físicos, químicos e biológicos. Neste caso, os sistemas são estáveis no tempo e o que se pretende é conhecer a dinâmica de funcionamento dos mesmos.

### C. Engenharias

A disciplina Dinâmica de Sistemas nasceu da Teoria de Controle, muito usada nas Engenharias para projetar e manter o funcionamento de sistemas dentro de padrões aceitáveis. Todos os conceitos e ferramentas (diagramas, software, etc.) de Dinâmica de Sistemas podem também ser aplicados nas Engenharias com o mesmo objetivo da Teoria de Controle.

Desafio 2.1: A decisão de tomar ou não um remédio quando se está com dor de cabeça depende de vários fatores, por exemplo: intensidade da dor, efeitos colaterais no seu organismo, dose do remédio, tempo que o remédio leva para fazer efeito, etc. Você seria capaz de descrever este processo de tomada de decisão? Sugestão: leia a bula de um remédio para dor de cabeça.

VEJA NA BIBLIOGRAFIA OUTRAS APLICAÇÕES DE DINÂMICA DE SISTEMAS.

# INTRODUÇÃO À DINÂMICA DE SISTEMAS

## CAPÍTULO 2

## MODELOS CAUSAIS

No Capítulo 1 lançamos o desafio da DOR DE CABEÇA. As respostas a este desafio são variadas. Não há uma resposta certa ou errada. Por quê? Porque normalmente, **um problema do mundo real é quase sempre colocado de forma genérica e imprecisa. Normalmente quem formula o problema deixa de especificar vários detalhes que são fundamentais para uma compreensão única do mesmo.** Além disso, na formulação do problema, o contexto no qual o mesmo se insere fica implícito. Por exemplo, um diretor de uma empresa ao expor um problema para seus gerentes, considera implicitamente que todos estão razoavelmente familiarizados com as práticas gerenciais da organização. Assim, no "problema da dor de cabeça", foi considerado que "todo mundo sabe o que é uma dor de cabeça e que não era preciso detalhar o que é uma dor de cabeça". Entretanto, cada ser humano tem sua própria experiência e poderá entender de forma completamente diferente, um mesmo problema colocado para um grupo de pessoas. Via de regra quando se está diante de uma situação-problema para a qual buscamos uma solução, o entendimento do problema e as soluções dadas pelos seres humanos podem divergir bastante.

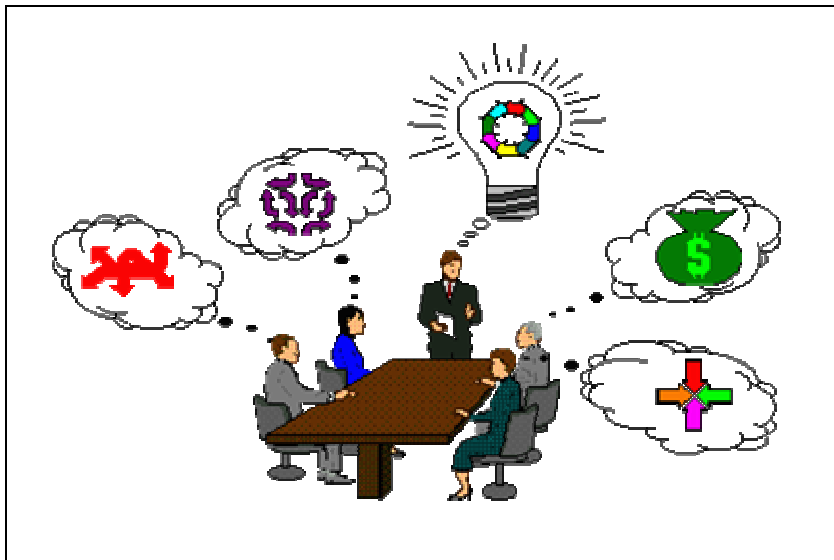


Fig 2 - 1: O chefe, de pé, expõe um problema da empresa para seus gerentes. Diante de uma situação-problema, os seres humanos costumam ter as mais diversas opiniões, visões, concepções e modelos para o mesmo problema.

**Os MODELOS CAUSAIS são diagramas que servem para descrever uma situação-problema de acordo com o que pensa cada observador. São modelos que procuram explicitar as RELAÇÕES DE CAUSA E EFEITO dentro do contexto do problema.**

Através dos modelos causais é possível:

- Maior compartilhamento de informações.
- Maior participação na construção do modelo.
- Maior comprometimento na execução da solução proposta para o problema.

Vamos analisar uma situação-problema típica que pode acontecer a qualquer um de nós no dia-a-dia. Construiremos um modelo causal para entender a decisão de tomar um analgésico para passar uma dor de cabeça.

#### **SITUAÇÃO-PROBLEMA: DOR DE CABEÇA**

**DECISÃO:** TOMAR (ou não) ANALGÉSICO? Em que dosagem? De quanto em quanto tempo?

#### **ALGUMAS VARIÁVEIS IMPORTANTES:**

- Intensidade da dor de cabeça
- Quantidade a ser tomada de remédio
- Intensidade dos efeitos colaterais
- Quantidade de remédio acumulada no organismo

Não se preocupe em colocar todas as variáveis da situação-problema nessa primeira versão do seu modelo.

Agora vamos descrever que relações de causa e efeito existem entre estas variáveis:

- **RELAÇÃO 1:** se a intensidade da dor de cabeça aumenta, a quantidade (dose) de remédio a ser tomada tende também a aumentar.
- **RELAÇÃO 2:** a cada dose de remédio tomada, acumula-se no organismo uma maior quantidade do remédio.
- **RELAÇÃO 3:** quanto maior a quantidade acumulada de remédio no organismo, depois de um certo tempo, a dor de cabeça tende a diminuir, até passar completamente.
- **RELAÇÃO 4:** quanto maior a quantidade acumulada de remédio no organismo, depois de um certo tempo, os efeitos colaterais tendem a aumentar.
- **RELAÇÃO 5:** o aumento dos efeitos colaterais, fazem com que diminuamos a quantidade (dose) do remédio que estamos tomando.

Para desenhar um modelo causal representaremos cada relação por um dos quatro símbolos a seguir:

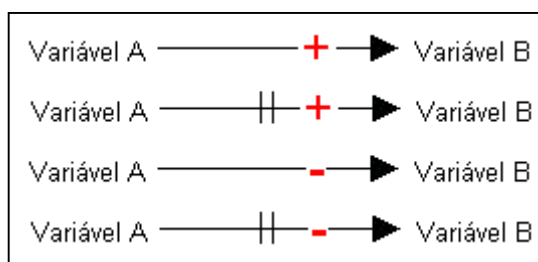


Fig 2 - 2: Simbologia utilizada em **MODELOS CAUSAIS** para representar as quatro possíveis relações de causa e efeito entre as variáveis A e B.

Observando-se a figura 2-2 vemos que:

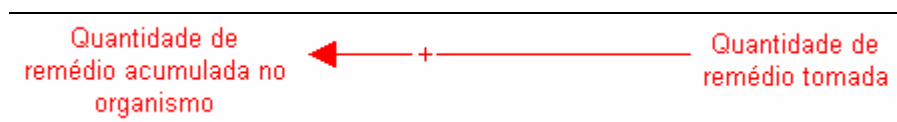
No primeiro diagrama, a variável A influencia a variável B positivamente, isto é, se A cresce então B cresce (ou se A decresce, B decresce).

No segundo diagrama (com o duplo traço sobre a seta), a variável A influencia a variável B positivamente, depois de um certo tempo (não imediatamente).

No terceiro diagrama, a variável A influencia a variável B negativamente, isto é, se A aumenta então B diminui (ou se A diminui, B aumenta).

No quarto diagrama, a variável A influencia a variável B negativamente, depois de um certo tempo (não imediatamente).

**Desafio 2.1: Como você leria o seguinte diagrama ?**



Apesar da simplicidade dos elementos que compõe um diagrama de causa e efeito, eles são as peças com que montaremos em Dinâmica de Sistemas os **MODELOS CAUSAIS** com o qual representaremos as situações-problema que estudaremos.

Deve ficar claro que os modelos causais são um tipo de instrumento eficaz para se iniciar a discussão de uma situação-problema. A utilidade destes modelos está apenas em que eles nos permitem comunicar e dialogar sobre um assunto de uma forma simples, compartilhando nossas idéias com outras pessoas. Mais adiante no nosso curso, veremos como usá-los para construir modelos de simulação em computador.

Desafio 2.2: Os diagramas mostrados a seguir representam as relações de causa e efeito entre as variáveis da situação-problema (dor de cabeça), isto é, são dois **MODELOS CAUSAIS**. Qual dos dois melhor explica, na prática, o que acontece quando se toma um remédio para passar a dor de cabeça. Explique com as suas palavras o modelo causal (diagrama) que você escolheu.

Diagrama 1

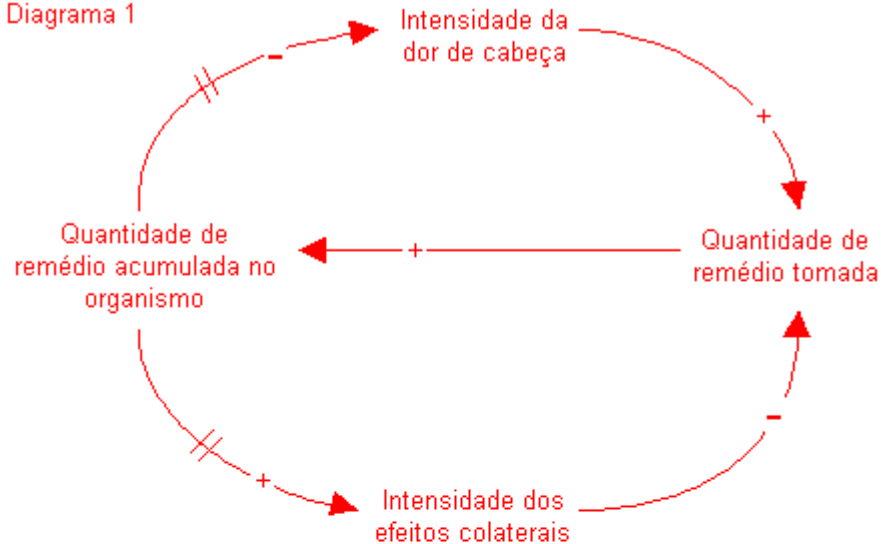
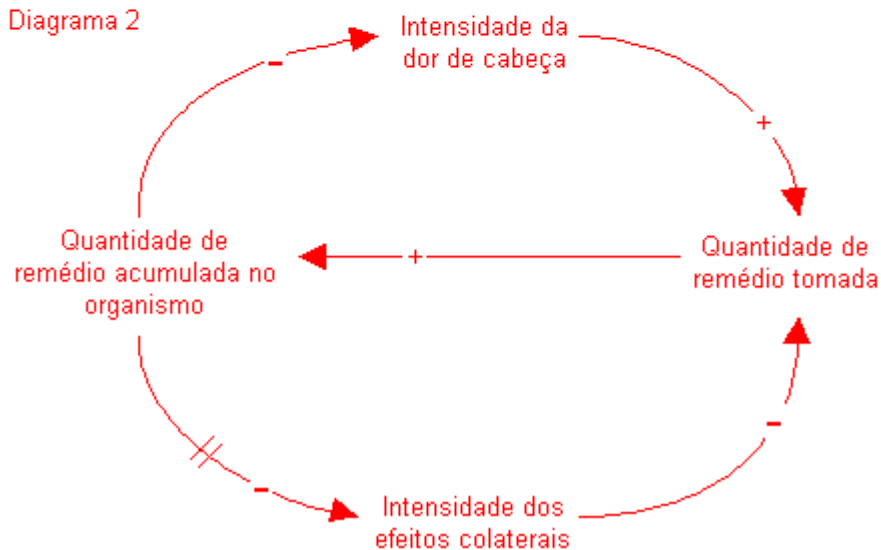


Diagrama 2



Desafio 2.3: No artigo "Relações Causais na Discussão sobre Organismos Transgênicos no Complexo da Soja" (veja Apêndice 2) você encontrará um modelo causal que tenta explicar uma situação-problema bem polêmica nos dias de hoje, isto é, a discussão em torno do uso dos organismos transgênicos. Leia este artigo e comente-o, dizendo se você concorda ou não com a modelagem que foi feita do problema. Observação: Procure na internet ou em revistas, se inteirar dessa discussão sobre os organismos transgênicos.

# INTRODUÇÃO À DINÂMICA DE SISTEMAS

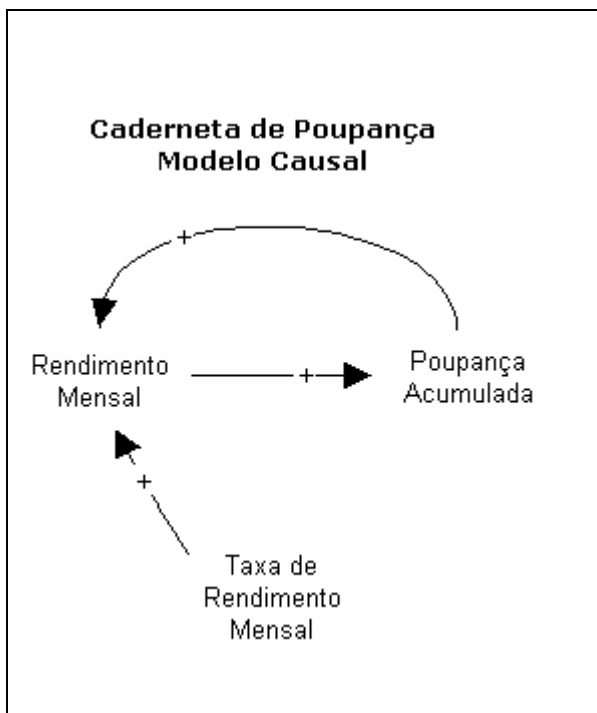
## CAPÍTULO 3

# MODELOS DE ESTOQUE E FLUXO

No capítulo 2 vimos que os **modelos causais (ou diagramas causais)** são muito bons para **representarmos QUALITATIVAMENTE** as relações de causa e efeito que ocorrem num sistema complexo.

Entretanto, **se quisermos representar QUANTITATIVAMENTE** estas mesmas relações de causa e efeito, os **modelos causais** não são adequados. Para isto, usaremos os **Modelos de Estoque e Fluxo**. Estes são semelhantes aos modelos causais, com a diferença de que as relações são expressas através de fórmulas lógico-matemáticas.

### UM PROBLEMA SIMPLES: CADERNETA DE POUPANÇA



Neste capítulo vamos começar a trabalhar com os modelos de estoque e fluxo. Vamos modelar (representar) e simular um sistema bem simples que está presente no nosso dia-a-dia. Nosso sistema é uma caderneta de poupança.

O modelo causal na Fig. 3-1 mostra as relações de causa e efeito que ocorrem numa caderneta de poupança.

Fig. 3-1: Modelo causal de uma caderneta de poupança

**Desafio 3.1:** Como você leria o diagrama causal da figura 3-1? De acordo com este modelo, supondo a taxa de rendimento mensal positiva, o que acontece com a poupança acumulada no decorrer do tempo? Aumenta sempre; aumenta no início depois diminui; diminui sempre; diminui no início mas depois aumenta; ou ocorrerá outra coisa?

É fácil perceber que com este modelo causal não temos condições de fazer qualquer estimativa futura sobre o valor do saldo da caderneta de poupança. Apenas dá para deduzir que esta caderneta de poupança vai crescer indefinidamente (se a taxa de rendimento mensal for positiva) pois há um círculo vicioso: quanto maior o saldo acumulado na poupança, maior o rendimento mensal, maior a poupança acumulada, e assim sucessivamente.

Também pode-se deduzir, que quanto maior a taxa de rendimento mensal, maior será o rendimento e portanto maior a poupança acumulada. Diz-se que existe, neste caso, uma **MALHA DE REALIMENTAÇÃO POSITIVA** (positive feedback loop) entre as variáveis "rendimento mensal" e "poupança acumulada". Em síntese, com os modelos causais podemos inferir a tendência de crescimento ou decrescimento. Também mostraremos mais tarde que é possível detectar que existe uma tendência de estabilidade num sistema sempre que se tem uma **MALHA DE REALIMENTAÇÃO NEGATIVA** (negative feedback loop). Em síntese:

- Malha de realimentação positiva = tendência de crescimento (ou decrescimento)
- Malha de realimentação negativa = tendência à estabilidade (não cresce, nem decresce)

Entretanto, com auxílio dos modelos causais jamais teremos condições de dizer o quanto exatamente (em valor) um sistema está evoluindo.

## ELEMENTOS BÁSICOS DOS MODELOS DE ESTOQUE E FLUXO

Para permitir que sejam quantificadas as relações causais é que foram criados os **MODELOS DE ESTOQUE E FLUXO**. Nesta metodologia de representação sistêmica, com apenas cinco elementos básicos se pode construir modelos (representações) de sistemas bastante complexos.

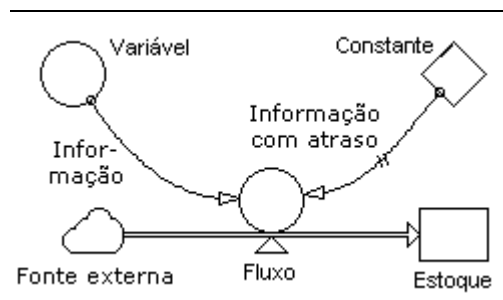


Fig. 3-2: Elementos básicos de um modelo genérico de estoque e fluxo.

Os elementos básicos usados nos modelos de estoque e fluxo mostrados na figura 3-2 são:

- **VARIÁVEIS** (círculos) - representam **PARÂMETROS** que são usados no sistema. Eventualmente uma variável pode assumir um valor que não varia, ou seja é uma **CONSTANTE** (losangos). Por exemplo, são exemplos de variáveis e constantes:

$$\begin{aligned}\text{Variável}(T) &= \text{seno}(T) \\ \text{Constante} &= 50\end{aligned}$$



- **FLUXOS** (setas de traço duplo com círculo e triângulo) - representam o transporte de **RECURSOS** (água, dinheiro, prestígio pessoal, produto químico, etc) no sistema. Os fluxos são **VAZÕES CONTROLADAS por equações** e por isto são representados por um ícone parecido com "uma torneira sobre um cano". Os fluxos são medidos em unidade de uma grandeza qualquer (metros, por exemplo) por unidade de tempo (segundo, por exemplo). Tais equações são do tipo:

$$\text{Fluxo} = 10 \text{ [ metros / segundo ]}$$

- **ESTOQUES** (retângulos) - Representam **ACUMULAÇÕES/DESACUMULAÇÕES** de algum **RECURSO** (água, dinheiro, prestígio pessoal, produto químico, etc). **ESTOQUES SÃO VARIÁVEIS ESPECIAIS CUJO VALOR (ESTADO) DEPENDE DO QUE ACONTECEU NO PASSADO.**

A equação de transição de um estoque no tempo T para o tempo T+dt é dada pela seguinte equação:

$$\text{Estoque}(T+dt) = \text{Estoque}(T) + \text{Fluxo}(dt) * dt$$

Normalmente o **intervalo de tempo dt** é feito igual a 1 unidade de tempo (segundo, minuto, hora, dia, semana, mês, trimestre, semestre, ano, década, século, milênio, etc.). Esta unidade de tempo é que comanda todo o processo de simulação do modelo ao longo do tempo, isto é, o sistema é mostrado na tela do computador de **dt em dt** unidades de tempo.

Note também que na equação de transição do estoque, o fluxo está multiplicado por **dt**, o que é **dimensionalmente correto** pois a unidade de fluxo é sempre "uma unidade qualquer" dividida por uma unidade de tempo.

- **INFORMAÇÃO** (setas de traço simples) - ligam os elementos do sistema e explicitam relações entre os mesmos. É importante observar que as informações, diferentemente dos fluxos, não retiram ou colocam recursos nos estoques. As informações também podem ter um "traço duplo", significando que as mesmas só estarão disponíveis num instante de tempo futuro e não imediatamente.
- **FONTE EXTERNA** (nuvens) - representa alguma fonte de recurso que está fora do escopo de interesse do modelo em estudo. Isto é, no exemplo acima, o fluxo retira recursos da fonte externa e joga no estoque. Os detalhes da fonte externa não são considerados no estudo do sistema representado pelo modelo.

Veja na Fig. 3-3 como fica o modelo de estoque e fluxo correspondente ao modelo causal da caderneta de poupança mostrado na Fig. 3-1.

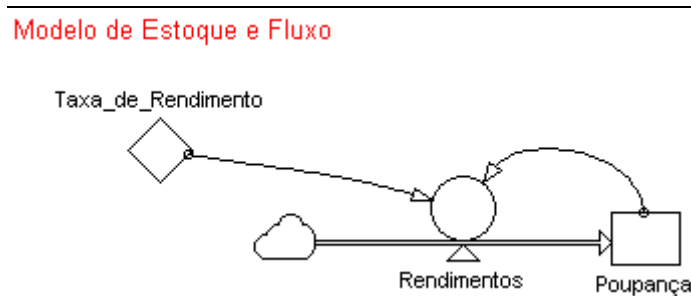


Fig. 3-3: Modelo de estoque e fluxo da caderneta de poupança

## EQUAÇÕES

Por trás de todo modelo de estoque e fluxo, existe um sistema de equações matemáticas que é usado pelo software de simulação para traçar a dinâmica do sistema modelado. Assim, por exemplo, o sistema de equações correspondente ao modelo de estoque e fluxo da caderneta de poupança mostrado na Fig. 3-3 é o seguinte:

$$dt = 1 \text{ (mês)}$$

$$\text{Poupança}(0) = 100$$

$$\text{Taxa\_de\_Rendimento} = 0,01 \text{ (1\% ao mês)}$$

$$\text{Rendimentos}(T) = \text{Taxa\_de\_Rendimento} * \text{Poupança}(T)$$

$$\text{Poupança}(T+dt) = \text{Poupança}(T) + \text{Rendimentos}(T) * dt$$

$$\text{Poupança}(T+dt) = \text{Poupança}(T) + [\text{Taxa\_de\_Rendimentos} * \text{Poupança}(T)] * 1$$

## SIMULAÇÃO MANUAL

De posse das equações do modelo de estoque e fluxo, você pode simular manualmente o sistema.

Vejamos:

Em  $T = 0$  (no início da simulação)

$$\text{Poupança}(0) = 100 \text{ (isto foi dado)}$$

Em  $T = 1$  (no início do mês 1)

$$\text{Rendimentos}(0) = 0,01 * \text{Poupança}(0) = 0,01 * 100 = 1,00$$

$$\text{Poupança}(1) = \text{Poupança}(0) + \text{Rendimentos}(0) * dt$$

$$\text{Poupança}(1) = 100 + 1,00 = 101,00$$

Em  $T = 2$  (no início do mês 2)

$$\text{Rendimentos}(1) = 0,01 * \text{Poupança}(1) = 0,01 * 101 = 1,01$$

$$\text{Poupança}(2) = \text{Poupança}(1) + \text{Rendimentos}(1) * dt$$

$$\text{Poupança}(2) = 101,00 + 1,01 = 102,01$$

E assim, até o tempo final de simulação, poderia ser calculado o valor de cada variável e estoque do sistema.

**Desafio 3.2:** Prossiga a simulação manual acima e calcule o valor da poupança no início do mês 10. É muito importante que você faça pelo menos uma vez na vida estes cálculos manualmente para que você sinta a mecânica do cálculo que é feita pelos softwares de simulação. Feito o cálculo, responda: qual o valor da poupança no início do mês 10, isto é, após 10 meses de poupança ?

No próximo capítulo veremos como simular automaticamente (com auxílio do software de simulação Powersim) a dinâmica de uma caderneta de poupança representada na Fig. 3-3.

# INTRODUÇÃO À DINÂMICA DE SISTEMAS

## CAPÍTULO 4

# SIMULANDO A DINÂMICA DE UM SISTEMA

No capítulo 3 desenvolvemos manualmente no desafio 3.2 um modelo de estoque e fluxo de uma caderneta de poupança.

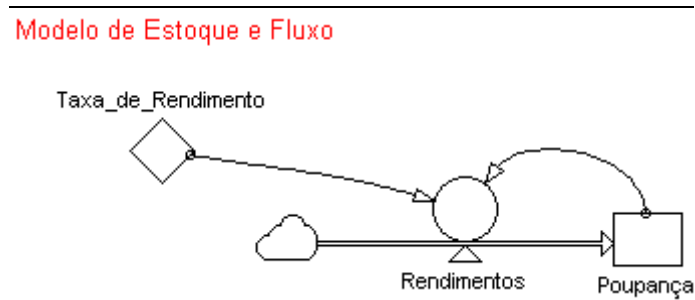


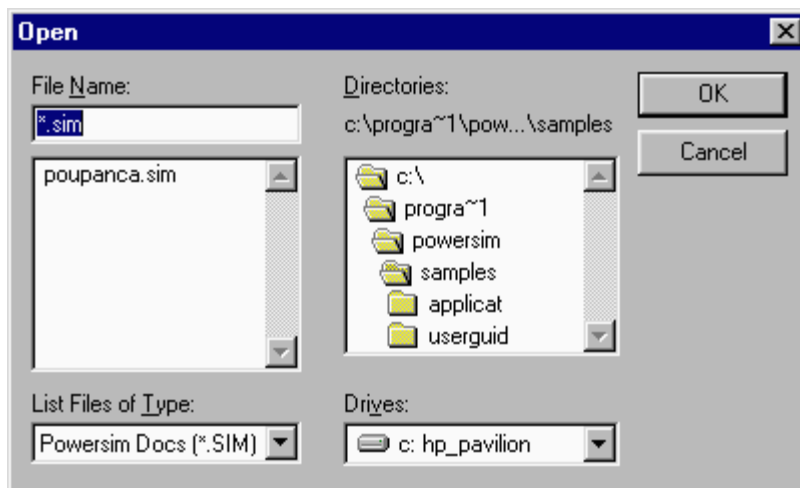
Fig 4-1: Modelo de estoque e fluxo do sistema "caderneta de poupança".

## SIMULANDO UM SISTEMA

Agora vamos ver como podemos simular este sistema representado pelo modelo de estoque e fluxo da Fig.4-1. Para fazer isto usaremos o software de simulação Powersim.



Fig. 4-2: Interface gráfica do software de simulação Powersim.



Após ter baixado o Powersim, instale-o, execute-o. Agora baixe e abra o modelo

**poupanca.sim**, clicando no item de menu FILE - OPEN.

Na tela do seu computador deve aparecer uma imagem como mostrada na Fig. 4-3.

Fig. 4-3: Tela de abertura do arquivo POUPANCA.SIM

Após abrir o modelo poupanca.sim, você verá na tela a Fig. 4-4.

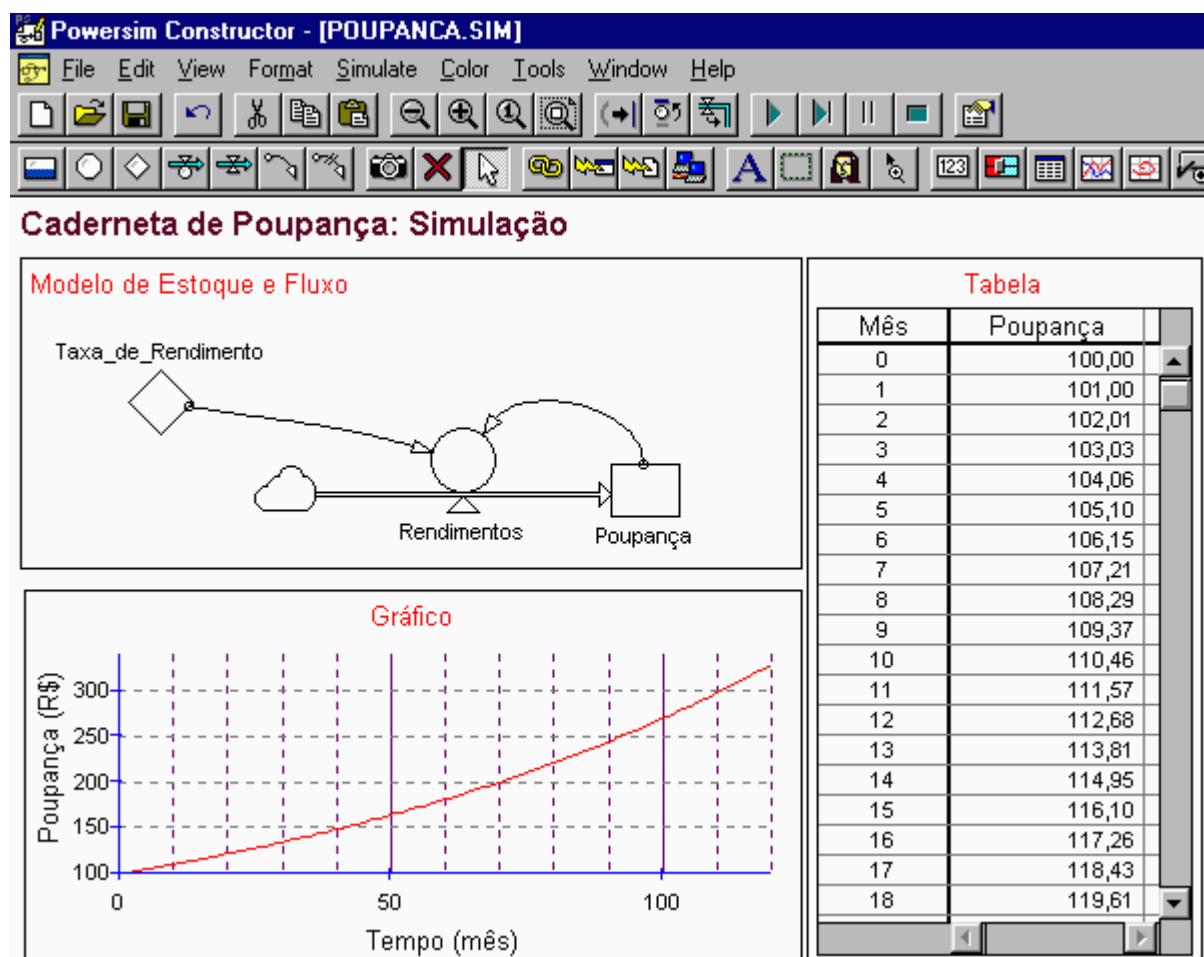


Fig. 4-4: Tela do modelo da caderneta de poupança (poupanca.sim) no software de simulação Powersim.

**Desafio 4.1:** Abra o modelo da caderneta de poupança (arquivo poupanca.sim) no Powersim. Dê um duplo clique no estoque (Poupança), no fluxo (Rendimentos) e na constante (Taxa de Rendimento) e responda: (1) Qual é o valor inicial da caderneta de poupança? (2) Qual é o valor da taxa de rendimento da poupança? (3) Qual é a equação do rendimento da poupança? e (4) Qual é o tempo de simulação do modelo e qual é a

unidade de tempo utilizada?

Desafio 4.2: Ainda no modelo da caderneta de poupança aberto no Powersim, dê um duplo clique na constante (Taxa de Rendimento) e altere-a para 3% ao mês. Rode a simulação da caderneta de poupança (clique em RUN no menu SIMULATE) e diga qual o valor acumulado na caderneta de poupança no final de 120 meses?

## CONCLUSÃO

Neste capítulo aprendemos a representar um sistema através de um modelo de estoque e fluxo. Vimos como montar este modelo no software Powersim e como simular o sistema dinamicamente no tempo. É um pequeno, mas grande começo. Pequeno porque o sistema usado é muito simples, mas grande porque se você conseguiu entendê-lo não terá dificuldades para montar sistemas maiores. Sugiro que você se familiarize com o Powersim, variando o modelo da caderneta de poupança ou mesmo montando outros modelos simples.

# INTRODUÇÃO À DINÂMICA DE SISTEMAS

## CAPÍTULO 5

# MODELO FINANCEIRO

Na segunda parte do nosso curso iremos mostrar alguns exemplos de modelos de estoque e fluxo, com o objetivo de permitir uma familiarização com a linguagem de Dinâmica de Sistemas e também explorar o uso dos modelos no estudo de situações típicas.

Os modelos financeiros são muito usados na elaboração de planos de negócios, análise de investimentos e estudos econômicos em geral. Os modelos de estoque e fluxo se prestam muito bem à simulação de tais sistemas.

## MODELO

No exemplo, cujo modelo de estoque e fluxo vê-se na Fig. 5.1, pretende-se analisar um investimento numa empresa que produz e vende um único produto.

O fluxo anual de PRODUÇÃO é constante e igual a 1000 unidades/ano graças a um INVESTIMENTO INICIAL de R\$ 15.000,00. Cada unidade de capacidade instalada teve um custo de R\$ 15,00.

O fluxo anual de VENDAS (em unidades/ano) depende não somente da DEMANDA (que varia aleatoriamente entre 900 e 1100 unidades por ano) mas também da disponibilidade do ESTOQUE.

O FATURAMENTO BRUTO do empreendimento é igual às VENDAS multiplicado pelo PREÇO UNITÁRIO. Este varia conforme o mercado e é um número aleatório entre R\$ 9,00/unidade e R\$ 11,00/unidade. O CUSTO DE PRODUÇÃO varia linearmente com a PRODUÇÃO, isto é, é proporcional ao CUSTO UNITÁRIO.

Outro custo importante no modelo é o CUSTO FINANCEIRO, decorrente da DÍVIDA contraída para fazer face ao INVESTIMENTO INICIAL e aos eventuais EMPRÉSTIMOS que se fazem necessários quando o RESULTADO, isto é, o FATURAMENTO BRUTO menos o CUSTO TOTAL, é negativo. Anualmente se paga JUROS e AMORTIZAÇÕES desta DÍVIDA. Os JUROS são função da TAXA DE JUROS, uma variável que flutua ao sabor do mercado financeiro como um número aleatório que varia entre 12% aa (ao ano) e 15% aa. A parcela de dívida amortizada anualmente é igual ao valor total da DÍVIDA dividido pelo TEMPO DE AMORTIZAÇÃO.

Veja na Fig. 5.1 o diagrama de estoque e fluxo do modelo. As variáveis com um dado desenhado no seu interior, são aleatórias, isto é, são sorteadas (como num jogo de dados) a cada rodada (iteração) da simulação. Tais variáveis são um instrumento adequado para simular situações bem próximas do que acontece no mundo real, onde nem sempre se sabe com exatidão o que acontecerá. Tais modelos, incorporam portanto, as "incertezas" da vida real.

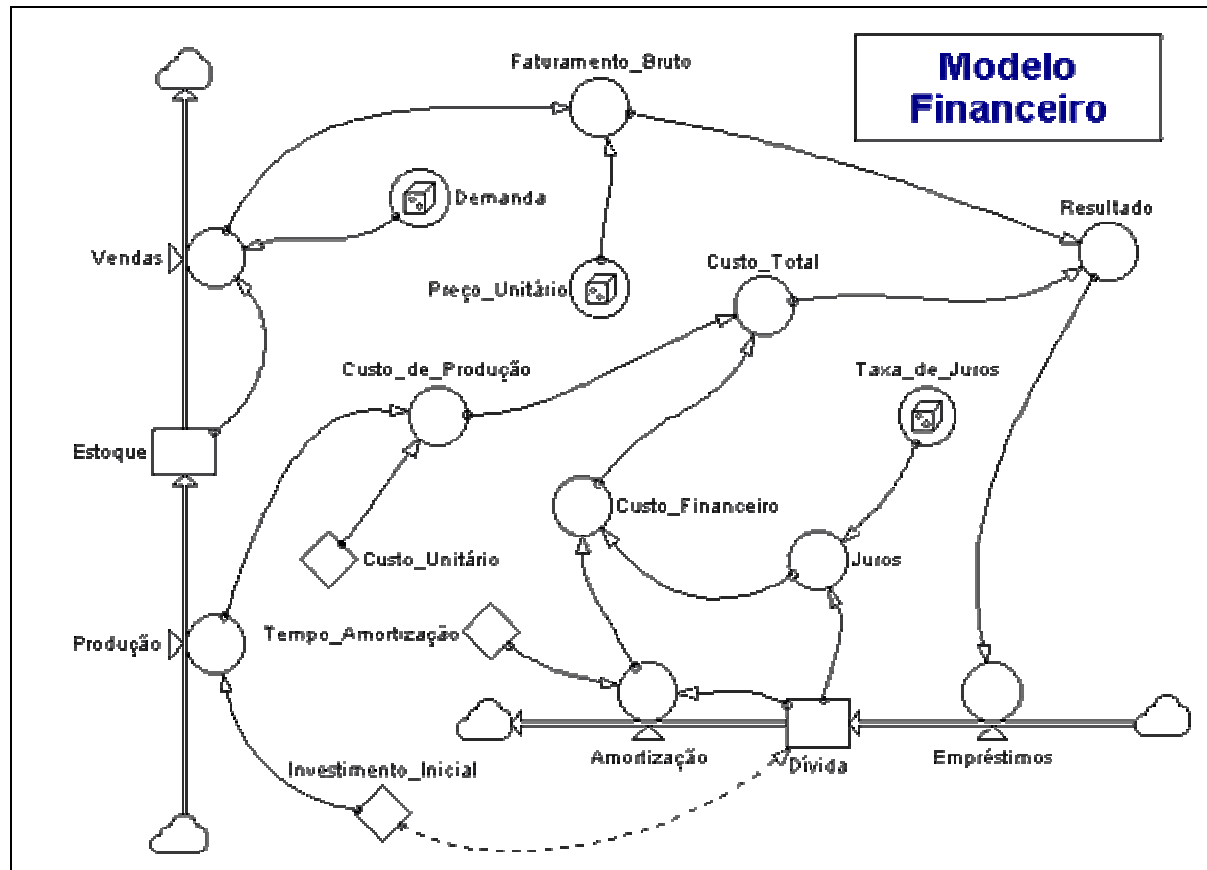


Fig 5-1: Modelo de estoque e fluxo onde aparecem variáveis aleatórias (com o dado desenhado no seu interior) que representam incertezas do mundo real. A linha tracejada indica que o valor inicial da DÍVIDA é igual ao INVESTIMENTO INICIAL.

## EQUAÇÕES

Sinteticamente pode-se escrever as equações do modelo da forma a seguir. Tente entender o significado de cada uma dessas equações, associando-as aos elementos do modelo da Fig. 5-1. Ao lado de cada equação é colocada, entre colchetes, a unidade de medida de cada elemento.

### UNIDADE DE TEMPO

[UNIDADE DE MEDIDA]

$$dt = 1$$

[ano]

### ESTOQUES

[UNIDADE DE MEDIDA]

$$Dívida(t+dt) = Dívida(t) + Empréstimos(t) * dt - Amortização(t) * dt$$

[R\$]

$$Estoque(t+dt) = Estoque(t) + Produção(t) * dt - Vendas(t) * dt$$

[unidades]

## FLUXOS

[UNIDADE DE MEDIDA]

Amortização = Dívida / Tempo\_Amortização [R\$ / ano]

Empréstimos = 0 se Resultado >= 0 e  
Empréstimos = - Resultado se Resultado < 0 [R\$ / ano]

Observação: só se toma empréstimo caso o resultado seja negativo, isto é, a empresa tenha prejuízo. Neste caso toma-se um empréstimo bancário de valor igual ao prejuízo do exercício.

Produção = Investimento\_Inicial/15 [unidades / ano]

Vendas = mínimo(Demanda, Estoque) [unidades / ano]  
Observação: As Vendas não podem superar o que o mercado Demanda e o que se dispõe no Estoque.

## VARIÁVEIS AUXILIARES

[UNIDADE DE MEDIDA]

Demanda = Número aleatório entre 900 e 1100 [unidades / ano]

Resultado = Faturamento\_Bruto - Custo\_Total [R\$ / ano]

Faturamento\_Bruto = Vendas \* Preço\_Unitário [R\$ / ano]

Preço\_Unitário = número aleatório entre 9 e 11 [R\$ / unidade]

Custo\_Total = Custo\_de\_Produção + Custo\_Financeiro [R\$ / ano]

Custo\_de\_Produção = Produção \* Custo\_Unitário [R\$ / ano]

Custo\_Unitário = 6 [R\$ / unidade]

Custo\_Financeiro = Amortização + Juros [R\$ / ano]

Juros = Dívida \* Taxa\_de\_Juros/100 [R\$ / ano]

Taxa\_de\_Juros = número aleatório entre 12 e 15 [% / ano]

Investimento\_Inicial = 15000 [R\$]

Tempo\_de\_Amortização = 5 [ano]

## SIMULANDO O SISTEMA

Agora vamos ver como simular este sistema representado pelo modelo de estoque e fluxo da Fig.5-1. Para fazer isto, usaremos o software de simulação Powersim que pode ser baixado na área de download do ambiente web do curso no Internet em [www.agrosoft.org.br/ds](http://www.agrosoft.org.br/ds).

Após ter baixado o Powersim, instale-o, execute-o. Agora baixe e abra o modelo **financas.sim**. Armazene este arquivo num diretório de sua livre escolha e descompacte o arquivo.



Simulando o modelo, veja alguns dos resultados obtidos:

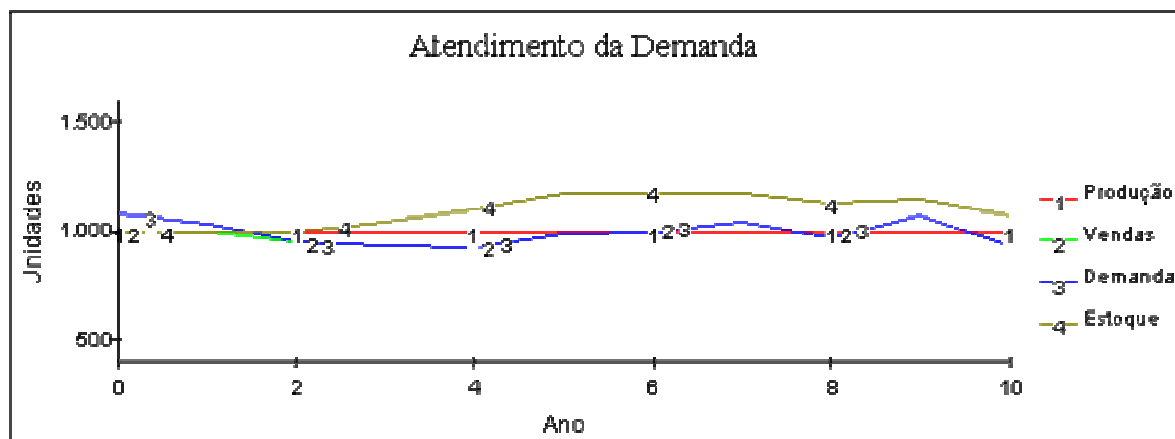


Fig. 5-2: Atendimento da Demanda: O estoque de produtos permanece razoavelmente estável, apesar das variações na demanda e a capacidade limitada de atendimento de pedidos dos clientes.

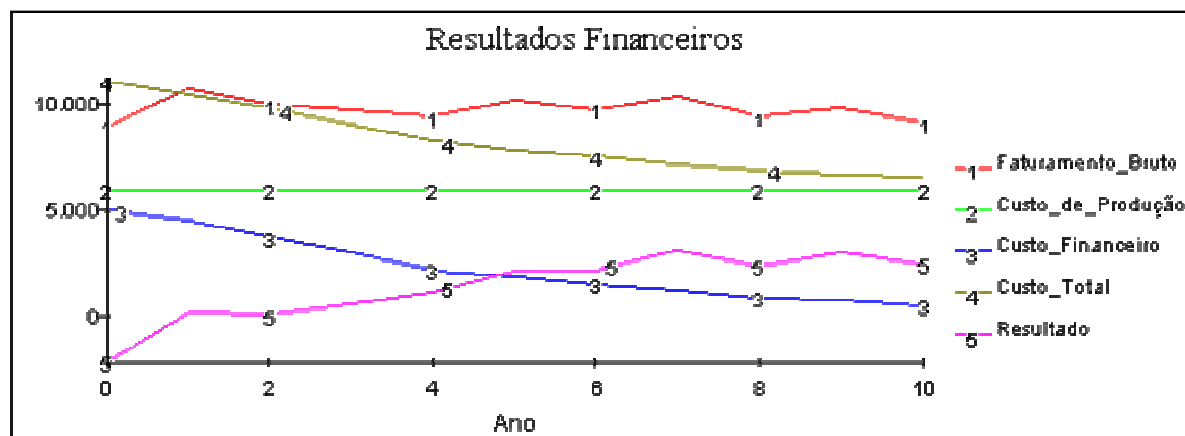


Fig. 5-3: O RESULTADO cresce no período, parecendo estabilizar num certo patamar.

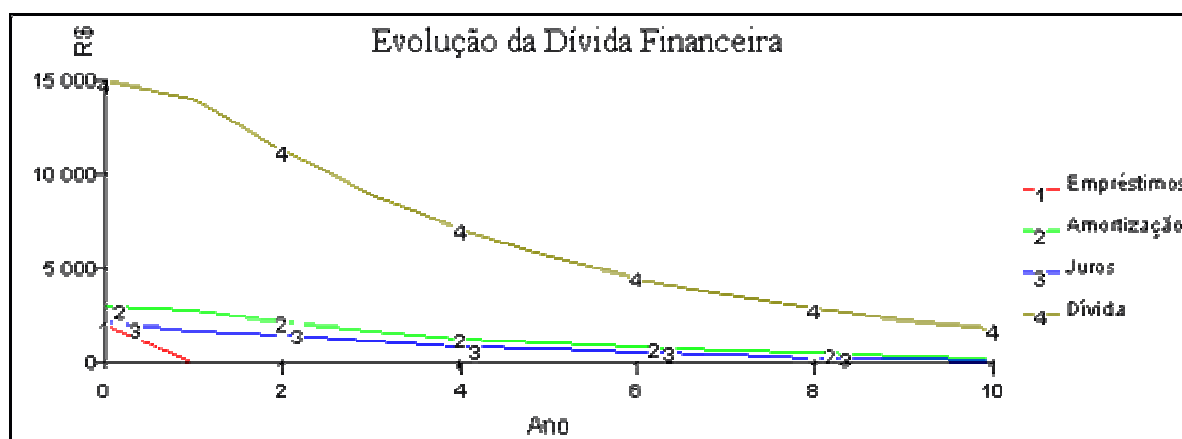


Fig. 5-4: A evolução da Dívida Financeira de uma empresa é um excelente parâmetro para se verificar a saúde dessa empresa. Veja que a DÍVIDA sempre cai no período.

Quadro de Valores Numéricos											
Ano.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Estoque	1.000	1.039	1.051	1.123	1.109	1.050	1.083	1.000	1.014	1.000	1.056
Demanda	961	989	927	1.014	1.060	967	1.083	986	1.074	944	1.084
Produção	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Vendas	961	989	927	1.014	1.060	967	1.083	986	1.014	944	1.056
Faturamento_Bruto	10.388	9.919	9.084	10.034	11.265	9.076	11.398	9.251	9.378	10.272	10.658
Custo_de_Produção	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000
Custo_Financeiro	4.904	4.074	3.332	2.821	2.335	1.795	1.393	1.117	891	742	567
Custo_Total	10.904	10.074	9.332	8.821	8.335	7.795	7.393	7.117	6.891	6.742	6.567
Resultado	.516	.155	.247	1.214	2.930	1.281	4.006	2.134	2.487	3.530	4.091
Dívida	15.000	12.516	10.167	8.381	6.705	5.364	4.291	3.433	2.746	2.197	1.758
Empréstimos	516	155	247	0	0	0	0	0	0	0	0
Amortização	3.000	2.503	2.033	1.676	1.341	1.073	858	687	549	439	352
Juros	1.904	1.571	1.298	1.145	994	722	534	430	342	303	215

Fig. 5-5: Valores numéricos de algumas das variáveis do modelo financeiro. Os valores mostrados são muito pouco prováveis de serem reproduzidos quando você rodar o modelo pois vários parâmetros são números aleatórios, isto é, variam de rodada para rodada, com muito pouca chance de se repetirem.

**Desafio 5.1:** Abra o modelo financeiro (arquivo fincas.sim) no Powersim, altere os valores da variável Investimento\_Inicial de R\$ 15.000 para R\$ 20.000. Feito isto, rode o modelo e responda:

- 1) Qual a tendência do ESTOQUE? Cresce, decresce ou fica estável ?
- 2) Qual a tendência do RESULTADO? Cresce, decresce ou fica estável ?
- 3) Qual a tendência da DÍVIDA? Cresce, decresce ou fica estável ?

## CONCLUSÃO

O modelo financeiro apresentado é bastante simples mas é ideal para que você se familiarize com modelos financeiros e suas inúmeras possibilidades de aplicação. É um bom exercício alterar algumas das variáveis no modelo e estudar o comportamento do sistema, fazendo o modelo, um autêntico "simulador de vôo gerencial", muito comum para treinamento de executivos em grandes empresas. Ficará por conta da sua experiência pessoal e interesse, introduzir sofisticacões neste modelo de tal forma que você explore ao máximo os limites da sua imaginação.

# INTRODUÇÃO À DINÂMICA DE SISTEMAS

## CAPÍTULO 6

### MODELO DO REBANHO LEITEIRO

Neste capítulo veremos como usar os modelos de simulação para estudar a evolução de um rebanho leiteiro ao longo de 20 anos. Particularmente, analisaremos em que condições este rebanho permanecerá estabilizado quanto ao número de fêmeas adultas. Tais modelos podem ser usados não somente neste tipo de estudo mas também como uma ferramenta de aprendizagem em que a gerência de um estabelecimento de pecuária leiteira, pode exercitar suas "crenças e práticas" gerenciais para ver o que acontece em diversas situações, sem incorrer no risco de gerar prejuízos ou mesmo catástrofes. A Fig. 6-1, abaixo, mostra a tela do SIMULADOR DE REBANHO LEITEIRO desenvolvido com o uso do software Powersim.

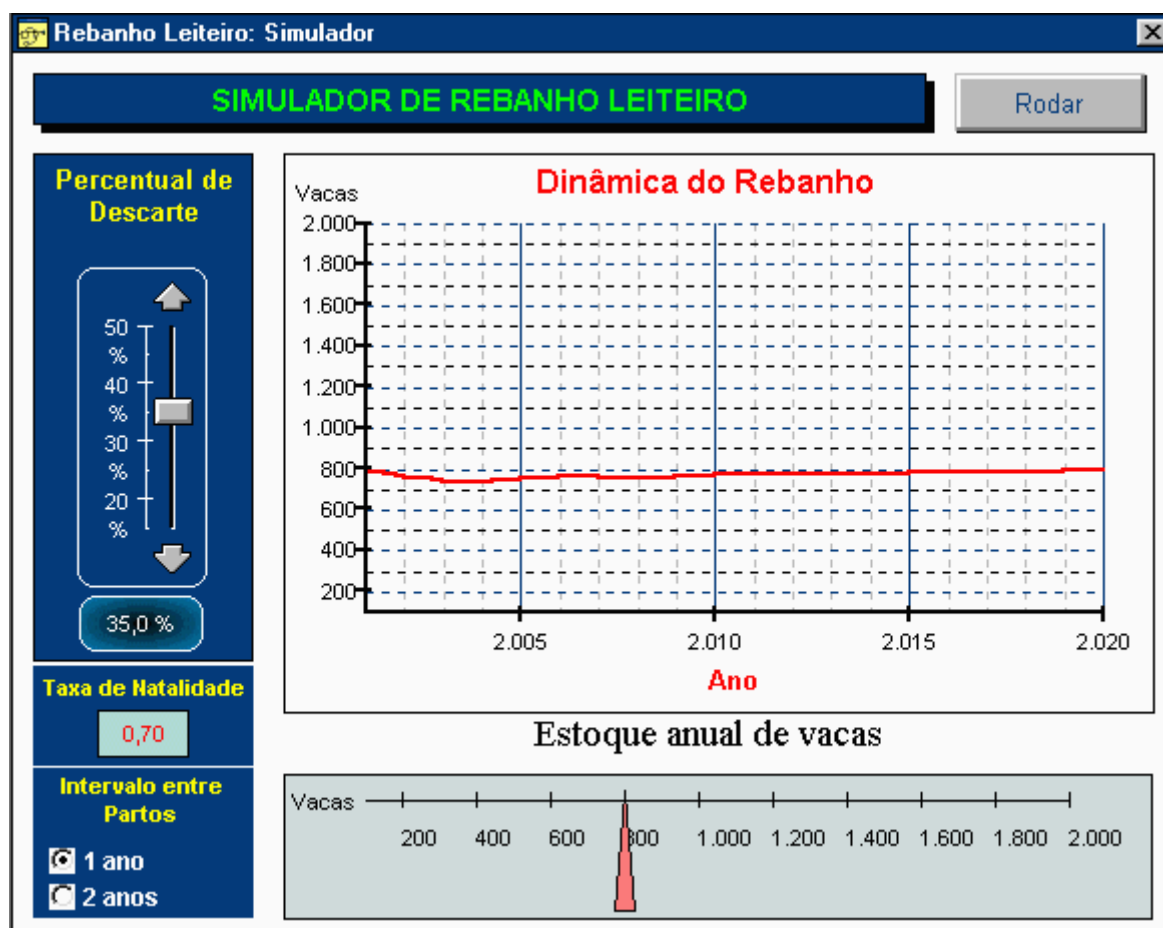


Fig. 6-1: Tela do Simulador do Rebanho Leiteiro desenvolvida com o Powersim.

Observe que mesmo uma pessoa com pouquíssimos conhecimentos de informática poderá testar a evolução do rebanho leiteiro, alterando os seguintes parâmetros: Percentual de Descarte, Taxa de Natalidade e Intervalo entre Partos. A tela se assemelha a um painel de controle de avião e por este motivo estes simuladores são também chamados de "simuladores de vôo gerencial" (management fly simulators). Este tipo de ferramenta tem sido muito usada por grandes empresas no mundo todo, buscando criar um ambiente de aprendizagem dentro das organizações. Assim, pode-se testar a equipe gerencial em várias situações críticas sem que haja risco real.

## MODELO

Por trás do Simulador do Rebanho Leiteiro está o **MODELO DO REBANHO LEITEIRO**. O Simulador nada mais é que uma janela de entrada e saída de dados para o modelo.

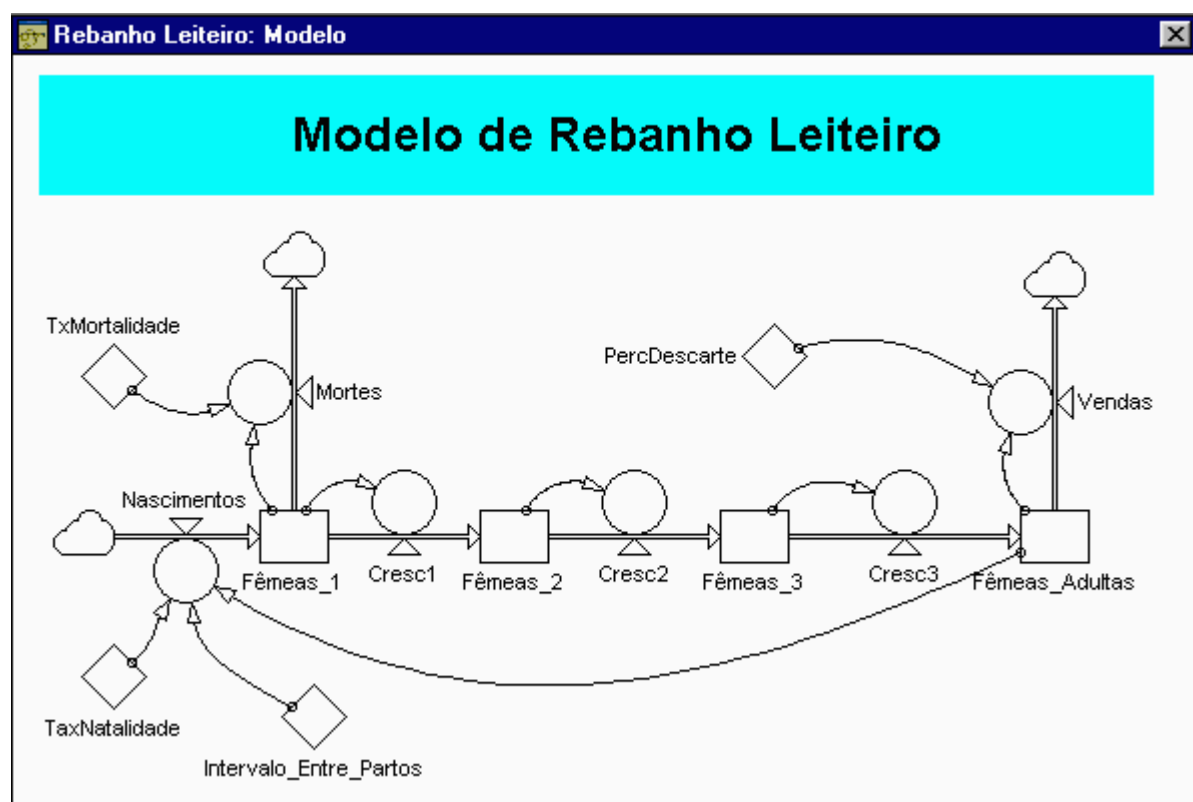


Fig. 6-2: Modelo de Rebanho Leiteiro

A Fig. 6-2 mostra o desenho do modelo com os seguintes elementos:

- **ESTOQUES:** *Fêmeas\_1*, *Fêmeas\_2* e *Fêmeas\_3* armazenam, respectivamente, a quantidade de animais no seu primeiro, segundo e terceiro ano de idade. O estoque *Fêmeas\_Adultas* armazena a quantidade de animais em fase adulta (3 ou mais anos).
- **FLUXOS:** *Nascimentos* e *Mortes* representam a quantidade anual de animais nascidos e mortos, respectivamente. O fluxo *Vendas* representa a quantidade anual de vacas vendidas. *Cresc1*, *Cresc2* e *Cresc3* representam a passagem dos animais pelo seu primeiro, segundo e terceiro anos de vida, respectivamente.
- **CONSTANTES/VARIÁVEIS:** *TxMortalidade*, *TaxNatalidade*, *Intervalo\_Entre\_Partos* e *PercDescarte* são os parâmetros de controle do modelo.

## EQUAÇÕES

As equações do modelo podem ser vistas parcialmente na Fig. 6-3 que mostra como o Powersim as representa. Mais a frente, veremos como visualizar todas as equações do modelo.

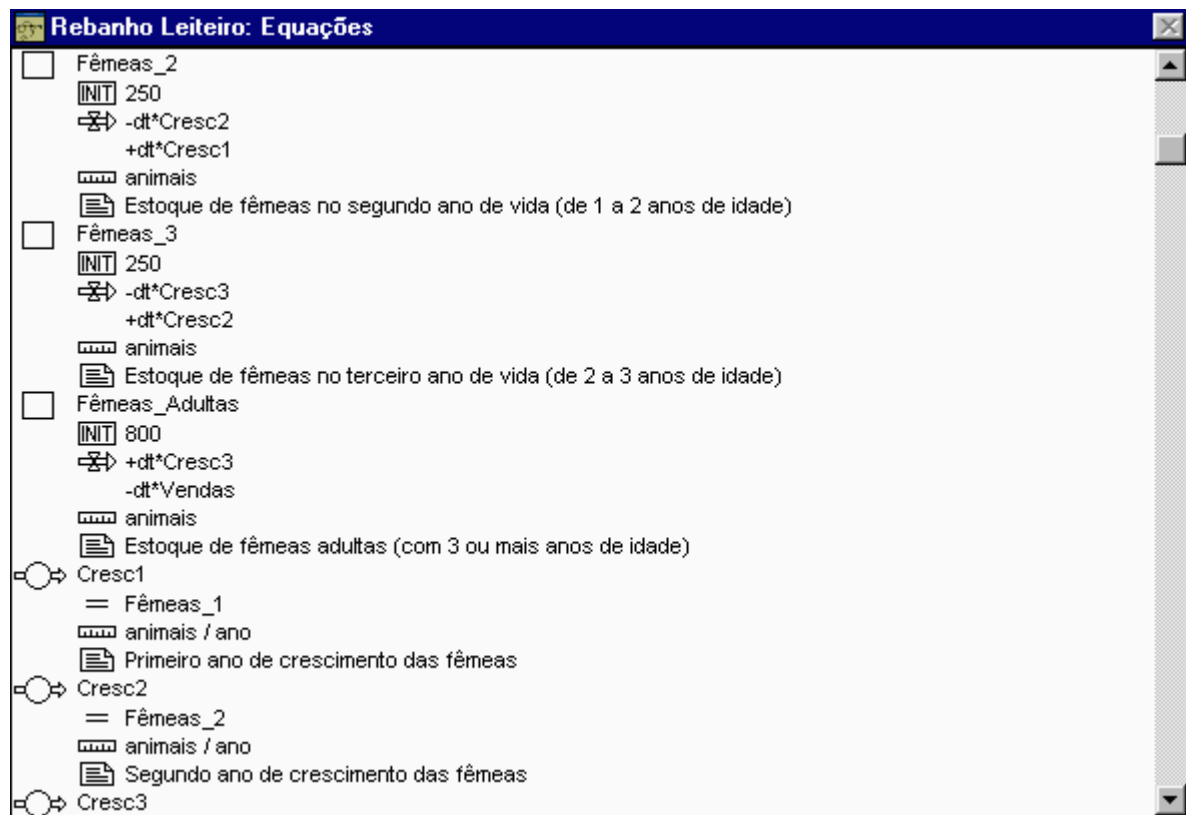
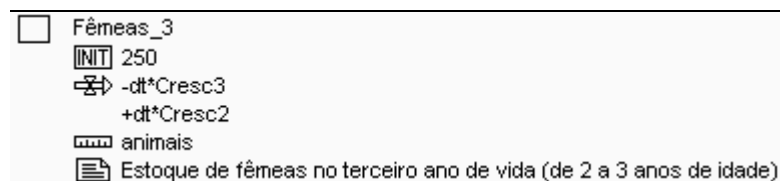



Fig. 6-3: Visão parcial das equações do modelo de rebanho leiteiro.

Veja na Fig. 6-3 que as equações estão separadas por grupos: estoques (tendo à esquerda o ícone: *retângulo*), fluxos (ícone: *círculo com uma flecha*) e constantes e variáveis (ícone: *círculo* ou *losango*, respectivamente).

Vejamos como exemplo a equação do estoque *Fêmeas\_3*:



A primeira informação mostrada, através do ícone **INIT**, o **VALOR INICIAL** do estoque, isto é, 250 animais.

Logo abaixo vem o ícone (  ) as equações dos **FLUXOS**:

- de saída (negativo):  $-dt * Cresc_3$
- de entrada (positivo):  $+dt * Cresc_2$

onde  $dt$  é o intervalo de tempo ( $dt = 1$  ano) e  $Cresc_2$  e  $Cresc_3$  são as variáveis de fluxo.

A seguir vem o ícone  que representa a **UNIDADE DE MEDIDA** do estoque, neste caso a unidade de medida é *animais*.

E por último, o ícone  introduz um **COMENTÁRIO** que fornece algumas informações adicionais sobre o estoque. Neste caso, o comentário diz: *Estoque de fêmeas no terceiro ano de vida (de 2 a 3 anos de idade)*.

## PILOTANDO O SIMULADOR

Agora vamos ver como pilotar o simulador. Primeiramente baixe e depois abra o modelo **vacas.sim**, necessário para rodar o Simulador de Rebanho Leiteiro no Powersim. Ao abrir, você verá no lado esquerdo a janela mostrada na Fig. 6-4.



Clicando no botão **SIMULADOR**, você verá a janela do Simulador de Rebanho Leiteiro.

Clicando no botão **MODELO**, você verá a janela do Modelo de Rebanho Leiteiro.

Clicando no botão **EQUAÇÕES**, você verá a janela das Equações do Modelo de Rebanho Leiteiro.

Clicando em **SALVAR**, você salvará todas as modificações feitas no simulador no arquivo **vacas.sim**.

Clicando em **FECHAR**, você fechará todas as janelas do arquivo **vacas.sim**. Se foi feita alguma alteração, será perguntado se você deseja salvar as mudanças feitas. O Powersim continuará aberto.

Clicando em **SAIR**, o Powersim será fechado, depois de fechar todas as janelas abertas. Se foi feita alguma alteração, será perguntado se você deseja salvar as mudanças feitas.

Fig. 6 - 4: Controlador de janelas do Simulador de Rebanho Leiteiro.

**DESAFIO 6.1** - Abra o modelo do rebanho leiteiro (arquivo **vacas.sim**) no Powersim, clique no botão **EQUAÇÕES** e responda:

- 1) Qual é a equação do fluxo *Nascimentos* ?
- 2) Qual é a unidade de medida do estoque *Fêmeas\_Adultas* ?
- 3) Qual é o comentário do parâmetro *TxMortalidade* ?
- 4) Quais são os valores iniciais dos estoques ?

**DESAFIO 6.2** - Agora clique no botão **MODELO** e descreva com as suas palavras o funcionamento do mesmo.

## ESTABILIDADE DO REBANHO LEITEIRO

É possível, usando a janela do SIMULADOR, estudar para que valor do Percentual de Descarte, o número de fêmeas adultas fica estável. Coloque no simulador, Intervalo entre Partos = 1 ano, Taxa de Natalidade = 0,70 e faça várias simulações com o Percentual de Descarte assumindo os valores (1) 20%; (2) 25%; (3) 30%, (4) 35% e (5) 40%. A Fig. 6-5, a seguir mostra, num mesmo gráfico, os resultados obtidos.

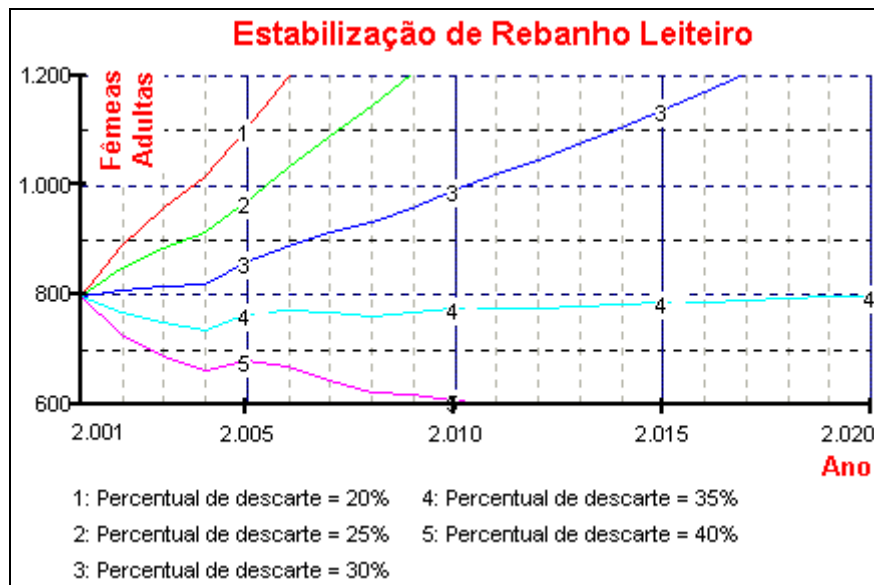


Fig. 6-5: Resultado de cinco simulações com descarte variando entre 20% e 40%.

Observe que, descartes inferiores a 35% fazem com que o rebanho aumente com o passar do tempo. Descartes superiores a 35% fazem o rebanho diminuir. Descartando-se cerca de 35% dos animais adultos, conseguir-se-á a estabilidade do rebanho em torno de 800 animais.

**DESAFIO 6.3** - Usando o SIMULADOR do rebanho leiteiro, mantenha a taxa de natalidade em 0,70; altere o intervalo entre partos para 2 anos. Qual o novo valor do percentual de descarte que estabilizará o rebanho e em que número de animais o rebanho se estabilizará ?

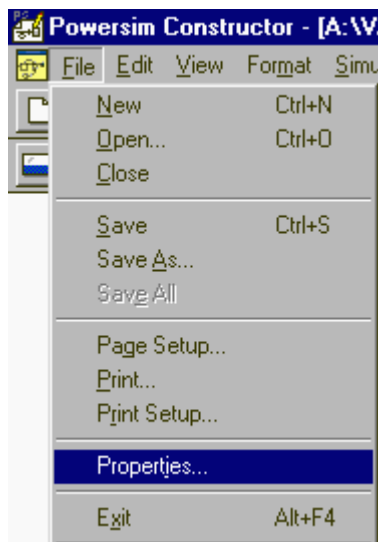
**DESAFIO 6.4** - Que sugestões você daria para aperfeiçoar o modelo de rebanho leiteiro que foi apresentado? Que utilidade você vê na utilização deste simulador na vida real? Você acha que o desenvolvimento de um simulador das atividades típicas de uma propriedade rural poderia ajudar na melhoria das práticas gerenciais no setor agropecuário?

## CONCLUSÕES

Você viu neste capítulo como se pode usar a simulação de um modelo para se estudar e para se aprender sobre o rebanho leiteiro. Como no capítulo anterior, ficará por conta da sua experiência pessoal e interesse, introduzir sofisticções neste modelo de tal forma que você explore ao máximo os limites da sua imaginação.

## OBSERVAÇÃO: DESPROTEGENDO O MODELO PARA PODER ALTERÁ-LO

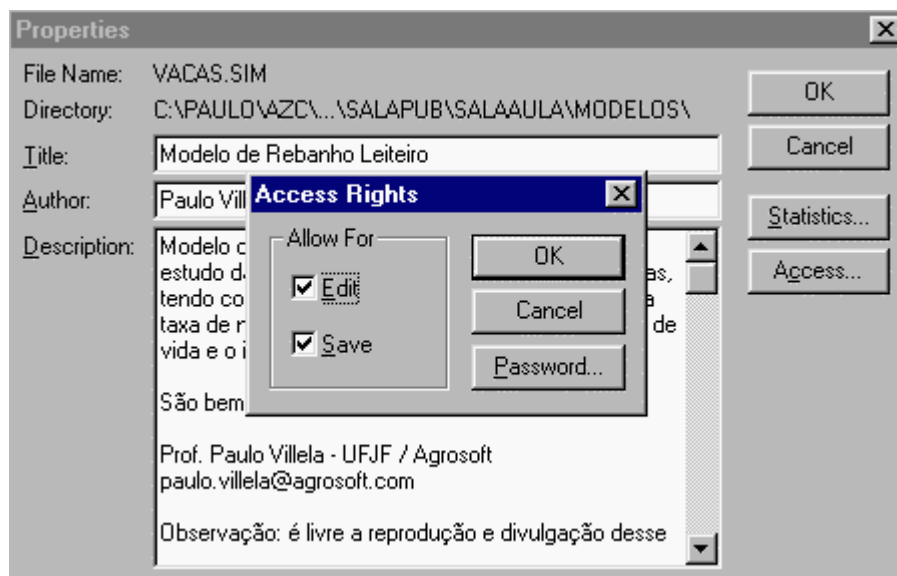
O modelo **vacas.sim** do rebanho leiteiro está protegido, isto é, ele não permite que você o modifique. Isto foi feito para facilitar rodar o modelo, evitando que se entre no **MODO DE EDIÇÃO** involuntariamente.



Para fazer os desafios desse capítulo não é necessário "desproteger" o modelo, entretanto, se você quiser alterar o modelo, para "fazer seus vôos próprios", você deverá fazer o seguinte:

Em FILE na barra de menu do Powersim, clique em **PROPERTIES** como mostra a figura ao lado.

Assim que você fizer isto, será aberta uma nova janela chamada **PROPERTIES** (veja abaixo) que contém algumas informações sobre o modelo.



Na janela **PROPERTIES** que se abriu, clique no botão **ACCESS** que fará com que se abra uma nova janela chamada **ACCESS RIGHTS** (direitos de acesso). Nesta janela, em **ALLOW FOR** (permissão para), marque tanto **EDIT** (editar) quanto **SAVE** (salvar) para te dar direitos de, respectivamente, editar e salvar o modelo. Feito isto, clique em **OK** na janela **ACCESS RIGHTS**, e depois novamente em **OK** na janela **PROPERTIES**. Agora você já poderá alterar o modelo da maneira que você quiser. Boa viagem!



# INTRODUÇÃO À DINÂMICA DE SISTEMAS

## CAPÍTULO 7

# ARQUÉTIPOS DE SISTEMAS

Fala-se muito hoje em dia que vivemos na sociedade do conhecimento e do saber. Mas afinal, qual o significado destes conceitos: conhecimento e saber.

## DADOS, INFORMAÇÃO, CONHECIMENTO E SABER

### DADOS E INFORMAÇÃO

Para tentar explicar estes conceitos, vamos partir de uma situação concreta. Suponhamos que lhe seja apresentado os seguintes dados:

- R\$ 100,00
- Janeiro de 2001
- Janeiro de 2010
- R\$ 1.076,00

Estes dados dizem muito pouco isoladamente. Imagine quantas possíveis histórias poderiam conter estes dados. Provavelmente cada um de nós imaginaria um contexto diferente para estes mesmos dados.

Agora imagine se relacionássemos estes dados da seguinte forma:

**Aplique R\$ 100,00 em janeiro de 2001 e receba R\$ 1.076,00 em janeiro de 2010.**

Agora fica muito mais claro o significado deste conjunto de dados. Este adquire um significado, é uma informação.

**DADO** é um item sem significado próprio, é algo fora de contexto. Já um conjunto de dados relacionados entre si e que tem um significado claro é chamado de informação.

**INFORMAÇÃO** é a compreensão das **RELAÇÕES** existentes num conjunto de dados.

## CONHECIMENTO

Imagine agora a seguinte publicidade de um banco hipotético que anuncia uma aplicação financeira a prazo determinado com juros pré-fixados, conforme mostra na figura 7-1.



Fig. 7-1: Publicidade de um banco hipotético

Esta peça de publicidade (figura 7-1) fornece uma conjunto de informações sobre uma forma de aplicação financeira oferecida por um banco hipotético. Apesar disto, a maioria das pessoas seria incapaz de saber, por exemplo, qual seria o valor de uma aplicação no mês de janeiro de 2005. Por que isto acontece ? Porque estas pessoas não têm conhecimento suficiente para chegar a esta resposta.

Na publicidade acima, poderia ser calculada, com auxílio da matemática financeira, a taxa de juros pré-fixada, que é de 2% ao mês e fazendo apenas contas de multiplicar, chegar-se-ia a R\$ 328,10 para o valor da aplicação em 2005. O conjunto de informações disponíveis é o mesmo para todas as pessoas que estão vendo a peça publicitária, mas somente aqueles que detêm um conhecimento do assunto é que conseguem ver além e inferir algo que não está escrito.

Fica claro, portanto, que nem sempre ter acesso a informações significa conhecer alguma coisa. CONHECIMENTO é ver além do conjunto de informações explícitas, inferindo novas informações consistentes com o conjunto dado originalmente. Uma forma clássica de expressar o conhecimento é através de equações matemáticas. No exemplo, a equação que relaciona as informações sobre a evolução da aplicação é:

$$\begin{aligned}\text{Aplicação}(T+1) &= \text{Aplicação}(T) + \text{Aplicação}(T) * 0,02 \\ \text{Aplicação}(T+1) &= 1,02 * \text{Aplicação}(T)\end{aligned}$$

onde:      Aplicação(T) é o valor da aplicação num determinado mês (T)  
              Aplicação(T+1) é o valor da poupança no mês posterior (T+1)

Conhecendo-se a equação e o valor da aplicação num determinado mês, pode-se deduzir os novos valores em qualquer outro mês.

## SABER

Equações semelhantes às do exemplo anterior apareceriam se o assunto fosse o tamanho de uma população de ratos crescendo a uma taxa fixa de 2% ao mês, sem restrições de alimentos e espaço. Isto é, a equação seria:

$$\text{População}(T+1) = 1,02 * \text{População}(T)$$

O mesmo aconteceria no caso do crescimento do volume de uma substância resultante de uma reação química a partir de outras substâncias disponíveis em quantidades abundantes, a uma taxa fixa de crescimento de 2% por hora.

$$\text{Volume}(T+1) = 1,02 * \text{Volume}(T)$$

Esta semelhança entre as equações indica que há uma similaridade no padrão evolutivo permitindo-nos inferir um princípio sobre como se dá a evolução de outras variáveis na natureza, no caso de não haver restrições de recursos que limite o crescimento. Este princípio evolutivo é de que o nível atual da variável influi no seu valor no momento seguinte podendo ser expresso pela seguinte equação genérica:

$$\text{Variável}(T+1) = (1 + \text{taxa de incremento}) * \text{Variável}(T)$$

Esta equação pode ser representada num modelo causal e evolui no tempo conforme mostrado na figura 7-2.

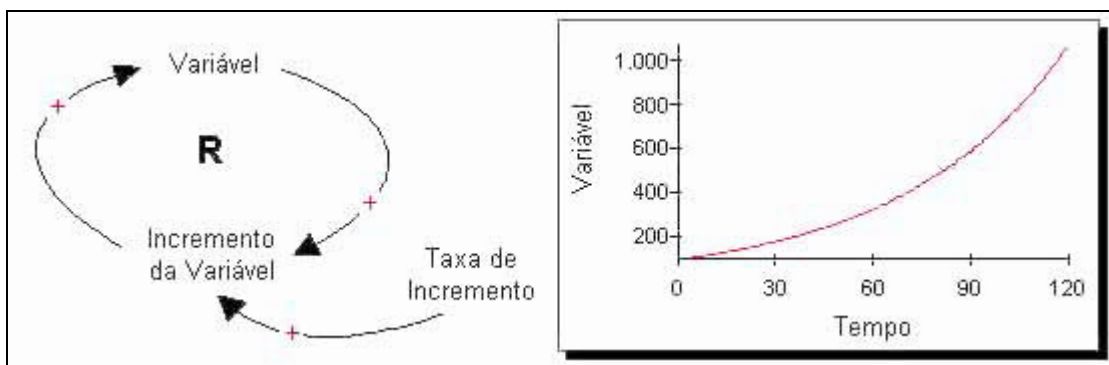


Fig. 7-2: Modelo causal e evolução no tempo de uma variável que cresce a uma taxa determinada

**SABER é compreender os PRINCÍPIOS que regem um conjunto particular de conhecimentos que guardam uma similaridade de comportamento entre si.**

**Em resumo:** Dado é algo fora de contexto, isto é, não tem significado por si só. Um conjunto de dados sobre os quais conseguimos compreender alguma relação é chamado de informação. Um conjunto de informações sobre as quais conseguimos inferir novas informações consistentes com as primeiras, é chamado de conhecimento. E um conjunto de conhecimentos sobre os quais podemos deduzir algum princípio válido para um contexto genérico é chamado de saber.

## ARQUÉTIPOS DE SISTEMAS

Vimos que não basta ter **dados** para podermos compreender o que esteja acontecendo. É preciso ver que relações existem entre estes dados para podermos extrair deles, **informações** que possam nos ser úteis. Mas nem sempre dispomos de todas as

informações de que precisamos, muitas vezes é necessário **conhecer** os **padrões** que governam estas informações para inferir novas informações a partir daquelas que dispomos. Os sábios dominam vários **conhecimentos** porque trabalham com os **princípios** que regem estes conhecimentos.

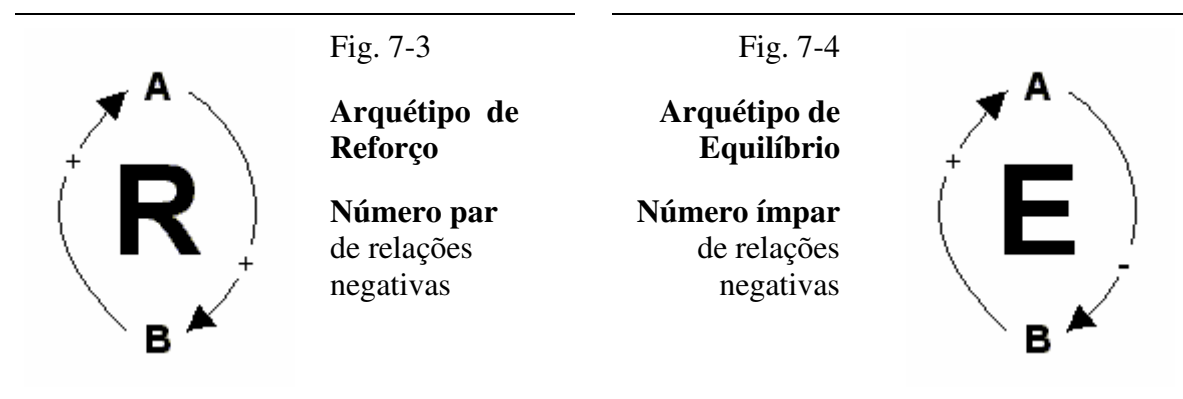
No **pensamento sistêmico** interessa-nos atingir a sapiência, isto é, o domínio dos princípios que governam determinada classe de conhecimentos. A construção desse saber é uma tarefa que começa colecionando dados para relacioná-los em informações que possam nos ser úteis na obtenção de algum conhecimento.

Os **arquétipos de sistemas** são estruturas que são encontradas em diversos sistemas. **Os arquétipos expressam um saber sobre o comportamento sistêmico.**

Existem tantos tipos de arquétipos de sistemas quanto for a capacidade do ser humano de identificar estruturas sistêmicas capazes de refletir princípios genéricos. Nesse capítulo estudaremos os dois tipos básicos de arquétipos mais comumente encontrados na modelagem de sistemas:

- **Arquétipo de Reforço**
- **Arquétipo de Equilíbrio**

Reconhecê-los num diagrama causal é uma tarefa relativamente fácil e ajuda muito no entendimento do comportamento evolutivo de um sistema ao longo do tempo.



Uma seqüência de relacionamentos num diagrama causal onde uma variável A se **realimenta positivamente** da sua própria evolução é conhecida **como Arquétipo de Reforço**. É identificado pela letra **R** no interior do diagrama causal. Na figura 7-3, se A cresce, B também cresce, o que faz A crescer mais ainda. Esta seqüência reforça cada vez mais o crescimento da variável A.

Operacionalmente tem-se um **arquétipo de reforço** quando num circuito de realimentação, o número de **relações causais negativas** existentes for um número par. Na figura 7-3, o número de relações causais negativas é 0 (zero) que é um **número par**.

Uma seqüência de relacionamentos num diagrama causal onde uma variável A **realimenta negativamente** sua própria evolução, é chamado **de Arquétipo de Equilíbrio**. É identificado pela letra **E** no interior do diagrama causal. Na figura 7-4, se A cresce, B evolui no sentido oposto, isto é, decresce, o que faz A decrescer. Esta seqüência age de forma a anular o crescimento inicial de A fazendo com que atinja um estado de equilíbrio.

Operacionalmente tem-se um **arquétipo de equilíbrio** quando num circuito de realimentação, o número de **relações causais negativas** existentes for um **número ímpar**. Na figura 7-4, o número de relações causais negativas é 1.

## UM EXEMPLO DE ARQUÉTIPO

Um exemplo de Arquétipo de Equilíbrio ocorre quando enchemos um copo d'água (Fig. 7-5).

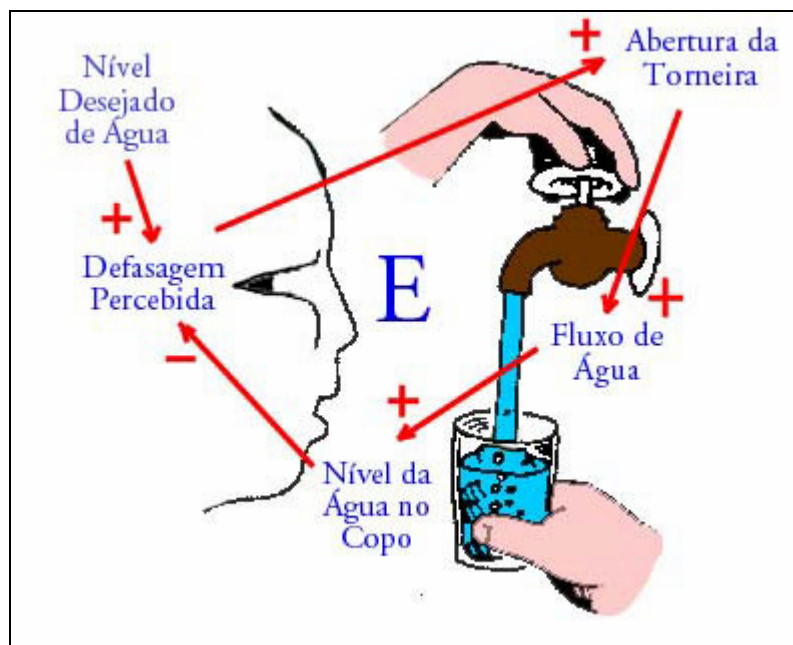


Fig. 7-5: Exemplo de arquétipo de equilíbrio  
Fonte: A Quinta Disciplina, Peter Senge

Temos na nossa mente um **Nível Desejado de Água** no copo. Ficamos observando o **Nível da Água no Copo** a todo instante enquanto controlamos a **Abertura da Torneira** com uma das mãos. No início o copo está vazio e a **Defasagem Percebida** é grande, logo abrimos bem a torneira e consequentemente o **Fluxo de Água** é grande. A medida que o **Nível da Água no Copo** vai aumentando, a **Defasagem Percebida** diminui, fazendo-nos diminuir a **Abertura da Torneira** e o **Fluxo de Água**. Chega um momento que o **Nível da Água no Copo** alcança o **Nível Desejado de Água** e neste ponto a **Defasagem Percebida** é nula, fazendo com que fechemos a torneira completamente.

Neste processo de controle no enchimento de um copo d'água temos uma variável do sistema (o **Nível de Água no Copo**) **realimentada negativamente** por uma seqüência de relações causais no circuito.

## LEITURA SUPLEMENTAR PARA ESTE CAPÍTULO

Vários autores propuseram outros arquétipos de sistemas cujo reconhecimento não é tão trivial e sua aplicabilidade depende da familiaridade que se tem com a interpretação de modelos causais. Por este motivo, eles não serão abordados neste curso, entretanto

aqueles que desejarem conhecê-los, poderão fazê-lo consultando as seguintes referências:

**A Quinta Disciplina: Arte e Prática da Organização que Aprende** (ver capítulos 5 e 6, e apêndice 2 do livro) de Peter M. Senge, tradução do original "The Fifth Discipline" (veja a seguir). Editora Best Seller. Tradução do livro: **The Fifth Discipline: The Art & Practice of The Learning Organization** de Peter M. Senge, editado nos EUA pela editora Currency Doubleday.

**Archetypes: Interaction Structures of the Universe** de Gene Bellinger em <http://www.outsights.com/systems/arch/arch.htm>

## CONCLUSÕES

O conhecimento é hoje considerado um patrimônio de qualquer sociedade, comunidade, organização, empresa ou indivíduo. É uma área de muito interesse e seu gerenciamento vem se tornando um dos pontos mais críticos no desenvolvimento competitivo de qualquer tipo de organização social.

Na obra **A Quinta Disciplina** lançada em 1990 nos EUA, o autor Peter Senge propõe a construção de um ambiente organizacional que aprende através do **pensamento sistêmico** (system thinking). Senge lapida as idéias de Jay Forrester, o proponente da disciplina Dinâmica de Sistemas cujos fundamentos datam do início da década de 60, sugerindo padrões de comportamento sistêmico baseado em **arquétipos** a partir da construção e uso de **modelos causais** das relações que ocorrem no interior de qualquer sistema.

Os **modelos causais** (assim como seus correlatos **modelos de estoque e fluxo**) são representações de uma realidade composta de informações. Através deles podemos inferir novas informações, consistentes com aquelas que nos foram dadas inicialmente. Estes modelos estão para a Dinâmica de Sistemas assim como as equações estão para a Matemática. Representam um **conhecimento** empacotado, sistematizado. Quem chega a um modelo (a uma equação) válido (aceito), detém um conhecimento.

Uma organização que trabalha na construção de um modelo do seu negócio, está aprendendo e busca acumular um conhecimento sobre si mesmo.

**Os arquétipos de sistemas são princípios válidos para qualquer tipo de sistema.** Quem os conhece bem e os aplica no dia-a-dia, chega ao nível dos sábios.

Espero que estas notas sobre **Dinâmica de Sistemas** lhe tenha despertado para as potencialidades do pensamento sistêmico. Somente a prática diária irá conduzi-lo a um nível de compreensão mais profundo dessa matéria. Quando isto acontecer, lembre-se que você um dia leu esta frase e que ela pode ter sido o começo de tudo.

# INTRODUÇÃO À DINÂMICA DE SISTEMAS

## APÊNDICE 1

# MODELAGEM DE CADEIAS PRODUTIVAS

Neste apêndice veremos como a disciplina Dinâmica de Sistemas pode auxiliar no estudo dos sistemas produtivos em geral e em particular de cadeias produtivas, isto é, um sistema formado pelo conjunto de atividades e transações comerciais que concorrem para a produção de um determinado bem ou serviço.

## INTRODUÇÃO

Numa cadeia produtiva agroindustrial, a medida que os bens se movem do fabricante de insumos agropecuários passando pelos produtores rurais, integradores, distribuidores, varejistas até chegar ao consumidor final, é necessário haver uma coordenação das decisões ao longo de toda a cadeia, para que se obtenha um melhor desempenho de algumas de suas variáveis, por exemplo: estoques de produtos acabados, bens intermediários e matérias primas; flutuação na demanda de insumos de um elo da cadeia; etc.

O estudo dessas variáveis nas cadeias produtivas agroindustriais tem por base as mesmas ferramentas usadas para analisar as cadeias industriais. Sendo Dinâmica de Sistemas uma dessas ferramentas, nada mais natural que aplicá-la à modelagem de cadeias produtivas agroindustriais.

No passado havia muito pouca coordenação numa cadeia produtiva. Basicamente as cadeias se coordenavam via preço e pela troca de informação gerada quando um comprador fazia pedidos de algum insumo aos seus fornecedores dentro da cadeia. Atualmente as trocas de informações não se fazem mais exclusivamente via preço ou entre os elos próximos das cadeias produtivas mas também, pela comunicação de informações estratégicas entre todos os membros da cadeia produtiva.

Com o advento do comércio eletrônico, esta troca de informações não só se tornou crucial para a competitividade dos negócios ao longo da cadeia, como também ficou mais facilitada em relação à infra-estrutura de redes de computadores instalada para dar suporte às transações.

## HISTÓRICO

A Teoria dos Custos das Transações (TCT) incorpora importantes aspectos sistêmicos nas relações entre empresas numa cadeia. Nos mercados, os níveis de produção são determinados principalmente pelo preço dos produtos. Numa empresa, internamente, as transações via preço desaparecem, sendo substituídas por decisões tomadas pela administração da empresa com base na sua organização interna. A contribuição da TCT



no estudo das cadeias produtivas é que não se deve levar em conta nas decisões econômicas, apenas os custos de produção internos de cada empresa mas também os custos de transação entre as empresas. Entretanto a TCT desconsidera as características dinâmicas existentes nas cadeias produtivas (Wiazowski, 2001)

A grande contribuição da disciplina Dinâmica de Sistemas no estudo de cadeias produtivas é permitir que se leve em consideração seus aspectos dinâmicos, isto é, da variação dos parâmetros e variáveis da cadeia ao longo do tempo.

O uso do ferramental de análise de Dinâmica de Sistemas no estudo de sistemas produtivos remonta dos tempos de Jay Forrester quando este lançou as bases da disciplina no seu livro *Industrial Dynamics* em 1961. A partir dos anos 80 e mais acentuadamente a partir dos anos 90 (pode-se adotar como marco o lançamento do livro *A Quinta Disciplina* de Peter Senge em 1990), houve um aumento considerável no número de publicações sobre o assunto. Hoje em dia, Dinâmica de Sistemas tem sido usada na modelagem da dinâmica de qualquer tipo de sistema, em particular de sistemas produtivos em geral e mais especificamente de cadeias produtivas.

Os efeitos da descoordenação numa cadeia podem ser testados num jogo cujas idéias foram lançadas por Forrester em 1961 e até hoje é um marco referencial. Trata-se do Jogo da Cerveja (the Beer Game), que simula uma cadeia de distribuição de bens (cervejas) simplificada composta do fabricante, do segmento distribuidor, do segmento atacadista, do segmento varejista e do mercado consumidor que se comunicam unicamente no momento em que fazem seus pedidos cadeia acima ou entregam as caixas de cerveja cadeia abaixo. Devido a uma comunicação pobre entre os elos da cadeia, uma simples alteração na demanda de cervejas pelo mercado consumidor normalmente é causa de flutuações descontroladas nos estoques dos diversos segmentos da cadeia.

Os trabalhos de Towill merecem destaque neste breve resumo histórico sobre o uso de Dinâmica de Sistemas na modelagem de cadeias produtivas, entre eles: *Industrial Dynamics Simulation Models in the Design of Supply Chains* de 1992 e *Industrial Dynamics Modelling of Supply Chains* publicado em 1996.

## **EXPERIÊNCIA BRASILEIRA**

No Brasil ainda são incipientes as experiências em Dinâmica de Sistemas, em particular aquelas orientadas para o agronegócio. No Agrosoft 99 - II Congresso da SBI-Agro, evento realizado em Campinas em 1999 foram apresentados três trabalhos sobre o assunto e no II Workshop da SBI-Agro, realizado em Campinas em 2000, foram apresentados mais três artigos orientados especificamente para o agronegócio. A seguir, os resumos de cinco destes artigos que estão disponíveis, na íntegra, na Internet para consulta:

### **ARTIGO 1**

#### **Relações Causais na Discussão sobre Organismos Transgênicos no Complexo da Soja**

Autores: Paulo Roberto de Castro Villela e R. Christopher Schroeder

Evento: Agrosoft 99 - II Congresso da SBI-Agro (1999)

Texto completo: Apêndice 2

Resumo: A discussão sobre a aceitação e uso dos organismos transgênicos ou geneticamente modificados (OGM) no complexo da soja tem sido um assunto bastante debatido e afeta milhões de pessoas em todo o mundo. Métodos (conhecidos como



diagramas causais) da disciplina Dinâmica de Sistemas são usados, neste artigo, no desenvolvimento de um arcabouço para facilitar esta discussão e é um primeiro passo para a construção de modelos de simulação dinâmicos. Este arcabouço funciona como uma linguagem visual que ajuda no entendimento das relações causais e de seus efeitos em discussões complexas como esta.

## **ARTIGO 2**

### **Sustentabilidade de Empreendimentos Agroindustriais de Pequeno Porte: uma Aplicação de Sistemas Dinâmicos**

Autores: Wagner Luiz Lourenzani e Carlos Arthur Barbosa da Silva

Evento: Agrosoft 99 - II Congresso da SBI-Agro (1999)

Texto completo: <http://www.agrosoft.org.br/trabalhos/ag99/artigo52.htm>

Resumo: Este artigo analisa, por meio da metodologia Dinâmica de Sistemas, o comportamento dos fluxos de informação, bens e serviços que comandam a estrutura de empreendimentos agroindustriais de pequeno porte. Através do processo de mapeamento causal, uma estrutura básica para a simulação dinâmica será construída para que se possa avaliar, compreender e controlar os fatores interdependentes do sistema.

## **ARTIGO 3**

### **Uma Aplicação da Metodologia de Dinâmica de Sistemas à Análise da Coordenação Vertical na Cadeia Produtiva da Pecuária de Corte**

Autores: Bóris Alessandro Wiazowski e Carlos Arthur Barbosa da Silva

Evento: II Workshop da SBI-Agro (2000)

Texto completo: <http://www.sbiagro.org.br/iiwork/artigo02.htm>

Resumo: Neste artigo é apresentado um modelo da Cadeia Produtiva da Pecuária de Corte que permite analisar mecanismos alternativos de coordenação vertical. Utilizou-se, para esta finalidade, a metodologia de Dinâmica de Sistemas. Os resultados obtidos incluem a formalização matemática e simulação de um modelo representativo da cadeia na forma de fluxos e estoques. São avaliados cenários alternativos que refletem a estrutura e o funcionamento da cadeia sob formas diferenciadas de coordenação: via preço e via feedback de informação.

## **ARTIGO 4**

### **Uso de Simulação Baseada em System Dynamics para Análise de Cadeias Agroindustriais**

Autores: Jana Roiz Saito e Reginaldo Santana Figueiredo

Evento: II Workshop da SBI-Agro (2000)

Texto completo: <http://www.sbiagro.org.br/iiwork/artigo04.htm>

Resumo: Este artigo identifica alguns pontos de alavancagem em cadeias agroindustriais, no caso específico, a Cadeia do Açúcar. Para tal propósito, foi utilizado o software de simulação STELLA, baseado na metodologia Dinâmica de Sistemas, desenvolvida na década de 60 por Jay Forrester, MIT.

Alguns dos pontos de alavancagem identificados foram: redução no lead time de transporte, coordenação da informação, entre outros. Além de identificar os pontos de alavancagem, este trabalho pode ser um ponto de partida para a prática do Aprendizado Organizacional preconizado por Peter Senge, aplicado na cadeia do açúcar.

## **ARTIGO 5**

### **Utilização de System Dynamics no Gerenciamento de Florestas**

Autores: William Hajime Yonenaga e Reginaldo Santana Figueiredo

Evento: II Workshop da SBI-Agro (2000)

Texto completo: <http://www.sbiagro.org.br/iiwork/artigo06.htm>

Resumo: Nos últimos anos tem havido uma crescente demanda por madeira para ser utilizada na siderurgia, na produção de celulose e papel, no setor moveleiro. Com isso, os produtores têm que maximizar sua produção para atender a esta demanda. Este trabalho propõe um sistema que determina o melhor momento para se cortar uma floresta plantada e disponibilizar a produção para o mercado. Foi utilizada a metodologia de Dinâmica de Sistemas.

### **LEITURA SUPLEMENTAR SOBRE ESTE CAPÍTULO**

- Towill, D. R. (1992) Industrial Dynamics Simulation Models in the Design of Supply Chains. *International Journal of Physical Distribution & Logistic Management*, v.9, n.5, p.3-11.
- Towill, D. R. (1996) Industrial Dynamics Modelling of Supply Chains. *Logistics Information Management*, v.9, n.4, p.43-56.
- Wiazowski, B. A. (2001) Dinâmica de Sistemas: Uma Aplicação à Análise da Coordenação Vertical no Agronegócio da Carne Bovina. Tese de Mestrado, p.19-20. Viçosa (MG). Universidade Federal de Viçosa.  
[ <http://www.agrosoft.com.br/ds/wiazowski> ]

### **CONCLUSÕES**

Neste apêndice foram apresentados alguns aspectos conceituais e históricos a respeito da modelagem de cadeias produtivas e também cinco artigos sobre modelagem de cadeias produtivas agroindustriais. Embora ainda incipiente no Brasil, a modelagem de cadeias agroindustriais com base na metodologia de Dinâmica de Sistemas é hoje uma das formas mais usadas para se captar a dinâmica destas complexas estruturas. É de se esperar, portanto, nos próximos anos, um vigoroso desenvolvimento de tais modelos orientados para o entendimento dos sistemas econômicos e sociais, em especial, do agronegócio.

# INTRODUÇÃO À DINÂMICA DE SISTEMAS

## APÊNDICE 2

# RELAÇÕES CAUSAIS NA DISCUSSÃO SOBRE ORGANISMOS TRANSGÊNICOS NO COMPLEXO DA SOJA

***Paulo R. C. Villela e R. Christopher Schroeder***

**Paulo Roberto de Castro Villela**

Email: paulo.villela@agrosoft.com.br

**R. Christopher Schroeder**

Email: rcs@centrec.com

### ***Resumo***

A discussão sobre a aceitação e uso dos organismos transgênicos (OGM) no complexo da soja tem sido um assunto altamente debatido e afeta milhões de pessoas em todo o mundo. Métodos (conhecidos como diagramas causais) da disciplina Dinâmica de Sistemas são usados, neste artigo, no desenvolvimento de um arcabouço para facilitar esta discussão e é um primeiro passo para a construção de modelos de simulação dinâmicos. Este arcabouço funciona como uma linguagem visual que ajuda no entendimento das relações causais e de seus efeitos em discussões complexas como esta.

### ***Abstract***

**CAUSAL RELATIONSHIPS IN THE DISCUSSION ABOUT GENETICALLY MODIFIED ORGANISMS (GMO) IN SOYBEAN INDUSTRY:** The discussion about the acceptance and use of Genetically Modified Organisms (GMO) in soybean industry has been a highly debated issue and affects millions of people throughout the world. Methods (namely causal loop diagramming tools) from the discipline of System Dynamic are used in this paper to develop a framework for helping to understand this debate. This is a first step to build dynamic simulation models too. This framework works as a visual language that helps to understand causal relationships in complex discussions like this one. It makes easier the comprehension about problem by people and can contribute to enhance their communication skills in the discussion.

### ***Palavras Chaves***

Soja transgênica; organismos geneticamente modificados; segregação; *System Dynamics*; diagrama causal; economia da soja; marketing; cadeia produtiva; cadeia de valor.

# 1. INTRODUÇÃO

Organismos transgênicos ou organismos geneticamente modificados (GMO - *genetically modified organisms*) são as plantas e animais que têm seu código genético alterado com o objetivo de melhorar algum índice de desempenho, tais como: produtividade, custo de produção, resistência à doenças, valor nutricional, etc.

Atualmente, o que tem impulsionado o plantio de soja transgênica está relacionado com a melhoria da eficiência na produção. Certas variedades de soja foram alteradas geneticamente para ter maior resistência a herbicidas, permitindo que os produtores usem menos deste tipo de agroquímico nas suas plantações sem sacrificar a produtividade ou a qualidade do que produzem.

A discussão sobre a aceitação e uso de organismos transgênicos é muito complexa pois afeta milhões de pessoas e interesses no mundo todo. De um lado consumidores pouco informados, confusos, desconfiados e desejosos de consumir produtos sem risco algum para sua saúde, pressionam os governos para tomarem uma posição contrária à liberação dos alimentos a base de organismos transgênicos ou pelo menos tornar compulsória sua identificação nas embalagens destes produtos.

Os governos hesitam em tomar uma posição, aguardando por evidências científicas para decidirem a respeito do assunto. Grandes cadeias de supermercados e processadores de alimentos, principalmente na Europa (Daydé, 1999), já se recusam a usar ingredientes provenientes de organismos transgênicos nos produtos que comercializam. A curto prazo, os produtores de soja têm um grande dilema. Eles podem plantar soja transgênica e com isto se beneficiam do seu custo de produção mais baixo ou podem optar pela soja não transgênica, com maiores custos mas cuja aceitação não corre o risco de rejeição pelo mercado em função da sua origem genética.

Os defensores dos transgênicos também dizem que seu cultivo causa menos erosão no solo e benefícios ambientais, uma vez que se usa menos herbicidas na plantação. A taxa de adoção dos transgênicos pelo produtores tem sido expressiva. Em três anos, o uso da soja transgênica saiu de zero para mais de 40% nos Estados Unidos, primeiro país a aprovar o uso das variedades transgênicas. Outros grandes países produtores, tais como o Brasil e Argentina, têm resistido ao uso dos transgênicos nos seus solos.

A oposição ao uso da soja transgênica tem sido impulsionada por dois tipos de preocupações. Primeiro, porque acredita-se que ela tem algum efeito negativo para a saúde humana. Em segundo lugar, se diz que a introdução de variedades resistentes a herbicidas podem alterar o equilíbrio da natureza e trazer problemas no futuro. Os consumidores europeus têm sido os mais fortes opositores ao uso de transgênicos em geral, incluindo nestes a soja (Daydé, 1999). Nos outros países, o nível de oposição tem sido variado e na maioria das vezes impulsionados por grupos de interesse bem organizados.

Este artigo propõe a construção de um arcabouço para examinar os diversos aspectos relativos ao debate sobre o uso dos transgênicos no complexo da soja. A metodologia utilizada vem da disciplina Dinâmica de Sistemas (System Dynamics) proposta e estruturada por Jay Forrester (1961, 1968).

Este arcabouço foi dividido em quatro setores para facilitar a descrição das relações que são relevantes para se estudar o debate sobre a soja transgênica e seus efeitos no complexo da soja. Em seguida, são descritas as relações internas de cada um desses quatro setores e os inter-relacionamentos entre eles.

## Relevância da Perspectiva Global

A decisão de um fazendeiro entre plantar soja transgênica ou não transgênica pode estar sendo mais influenciada pelos consumidores de outros países que pela preferência dos consumidores de seu próprio país.

O comércio global de soja (inclui grãos, farelo e óleo) é um grande negócio que cresceu de quase US\$ 13 bilhões em 1990 (em exportações) para quase US\$ 24 bilhões em 1997. Em 1997, três países responderam por 78% (em valor) deste comércio mundial: EUA, Brasil e Argentina (FAOSTAT, 1999; Portugal, 1999; Larreche and Firpo Brenta, 1999)

A evolução do valor total das exportações de soja destes três países líderes é mostrada no gráfico da Figura 1. Em 1997, a produção física de soja destes países foi: Estados Unidos, 73 milhões de toneladas; Brasil, 26 milhões de toneladas; e Argentina, 11 milhões de toneladas.

Em 1997, a Comunidade Européia importou do Brasil, 41% (em valor) do total das suas importações de soja (Soya and Oilseed Bluebook, 1999; FAOSTAT, 1999). Este valor correspondeu a 61% de todas as exportações brasileiras de soja para o mundo.

A Figura 2 mostra a evolução do percentual a que corresponde o valor das exportações brasileiras de soja para a Comunidade Européia sobre o volume total das exportações brasileiras de soja, no período de 1990 a 1997.

Estes fatos ilustram a grandeza do complexo da soja no comércio mundial e demonstram como os produtores de um país estão altamente interconectados com os consumidores de outros países. Estas ligações são importantes também na discussão sobre produtos transgênicos num contexto global, que vai além dos atuais debates de cunho filosófico e político. Isto tem a ver com os interesses de grandes empresas, grupos sociais organizados, novas oportunidades de negócios e com a balança comercial de cada país, o que tem uma influência enorme nas fragilizadas economias do Brasil e Argentina, por exemplo.

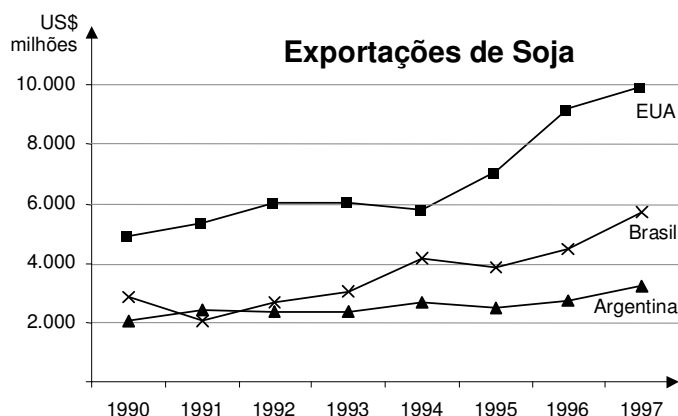


Fig.1 - Exportações de soja em US\$ milhões

Fonte: FAOSTAT, 1999

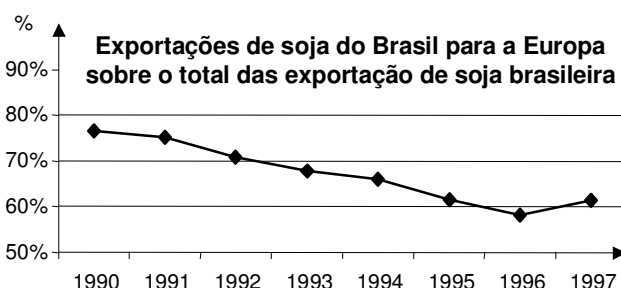


Fig.2 - Exportações brasileiras de soja para a Europa

Fonte: Soya & Oilseed Bluebook, 1999

## 2. SETORES E RELAÇÕES CAUSAIS

Um dos desafios para explorar os assuntos que cercam o debate sobre transgênicos é que o sistema subjacente é muito complexo e altamente inter-relacionado.

### *Setores Principais do Sistema em Estudo*

Num nível mais elevado, podemos ver o sistema em estudo, constituído de quatro setores principais, como ilustra o diagrama na Figura 3.

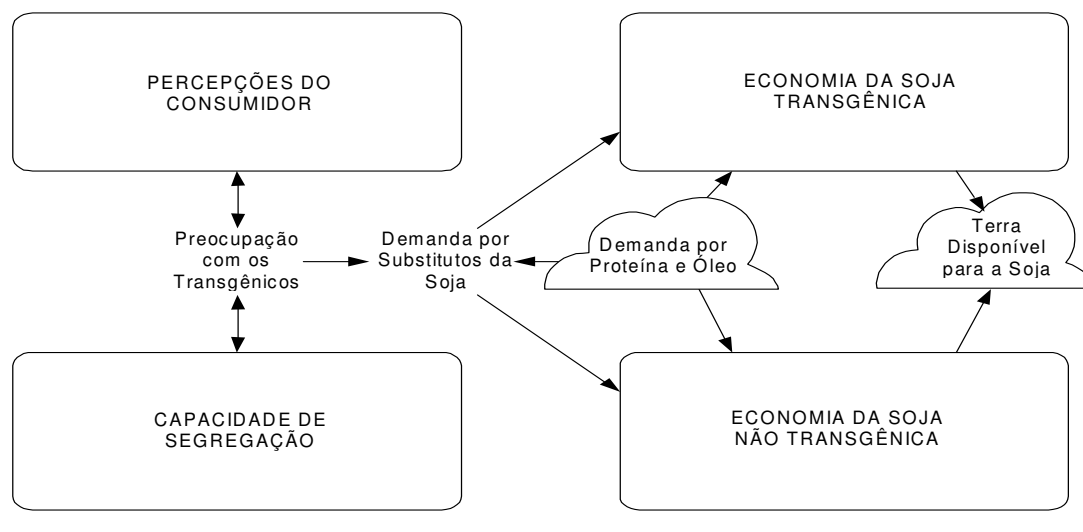


Fig. 3 - Principais setores do sistema em estudo

- **Percepções do Consumidor:** as atitudes e impulsos do consumidor influenciam a demanda pelos produtos transgênicos e não transgênicos e pelo seu concorrente comum, os **Produtos Substitutos da Soja**.
- **Economia da Soja Transgênica:** relativa ao setor produtivo da soja transgênica e seus produtos derivados.
- **Economia da Soja Não Transgênica:** relativa ao setor produtivo da soja não transgênica e seus produtos derivados.
- **Capacidade de Segregação:** relativo à capacidade que o sistema de produção, processamento e distribuição tem para tratar separadamente o produto transgênico do produto não transgênico.

Estes quatro setores relacionam-se com as seguintes variáveis dorsais do sistema em estudo: **Preocupação com os Transgênicos**, que retrata as desconfiças do consumidor com os produtos transgênicos; **Demanda por Proteína e Óleo**; **Demanda por Substitutos da Soja**; e estoque de **Terra Disponível para a** (produção de) **Soja**.

## Percepções de Consumidor

De certo modo, o consumo da soja não tem diferença de qualquer outro bem.

Este setor, mostrado na Figura 4, tem impacto na variável dorsal **Preocupação com os Transgênicos** através da variável **Imagem dos Transgênicos na Mídia** que é fundamental, pois representa a intensidade e o tom das mensagens na mídia relativo aos produtos transgênicos. Por exemplo, uma **Imagem** positiva alta significa que há uma alta intensidade de fatos favoráveis aos transgênicos na mídia; enquanto uma **Imagem** negativa significa que há mais fatos negativos sobre os transgênicos na mídia do que fatos positivos.

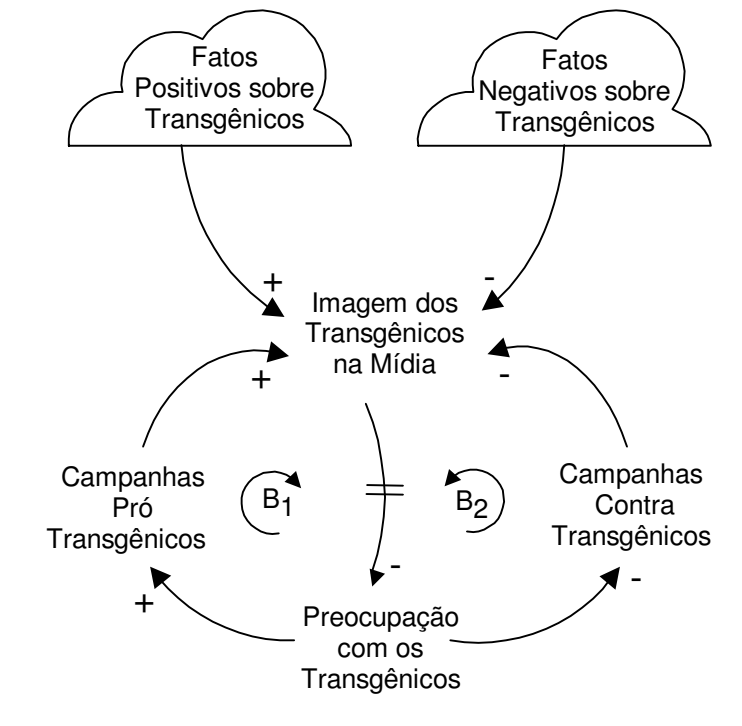


Fig. 4 - Percepções do Consumidor

Dois fatores são externos ao sistema (indicados pelos ícones em forma de *nuvens*) e influenciam diretamente a **Imagem dos Transgênicos na Mídia**: os **Fatos Positivos** e os **Fatos Negativos sobre Transgênicos**. Se nós pudéssemos ver o futuro, saberíamos a influência destes fatos na **Preocupação com os Transgênicos**, e assim seria mais fácil tomar decisões estratégicas hoje.

Os grupos de interesse investem em **Campanhas Pró e Contra os Transgênicos** para propagar suas convicções sobre os benefícios ou malefícios desta tecnologia. Os níveis dos investimentos nestas **Campanhas** se inserem em duas malhas de equilíbrio B1 e B2 (*balance loops*) no diagrama mostrado na Figura 4.

## Economias da Soja Transgênica e Não Transgênica

Estes dois setores tem estruturas semelhantes e por este motivo serão representados por um diagrama comum, mostrado na Figura 5. Com base neste diagrama causal, vemos que o **Custo de Produção** influencia negativamente o **Lucro Líquido**, isto é, quanto maior o **Custo de Produção**, menor o **Lucro Líquido**. Isto é um fato muito importante que diferencia os dois tipos de soja, uma vez que um dos benefícios apregoados a favor da soja transgênica é que seu **Custo de Produção** é menor em relação à soja não transgênica. A malha de equilíbrio B3 pode ser assim analisada: um aumento no **Lucro Líquido** encoraja os fazendeiros a tomar a decisão de cultivar mais **Terra** para produzir soja, o que tem efeito alguns meses à frente com o incremento da **Produção**. Isto por sua vez puxa para cima o **Estoque**, causando uma pressão negativa na **Variação de Preço**. Com o **Preço** mais baixo, o **Lucro Líquido** tende a cair contrabalançando a tendência inicial de alta.

A **Demanda** relativa pelos dois tipos de soja tem um papel importante na regulação dos respectivos preços. A malha de equilíbrio B<sub>4</sub> incorpora os efeitos da *curva de demanda* (quanto maior o preço menor a demanda pelo produto). Já a malha de reforço R<sub>1</sub> mostra as relações das variáveis de controle do produtor que tentará maximizar seu Lucro Líquido, seja através da redução nos Custos de Produção ou do aumento da Produção, usando para isto mais Terra ou obtendo uma melhor **Produtividade**.

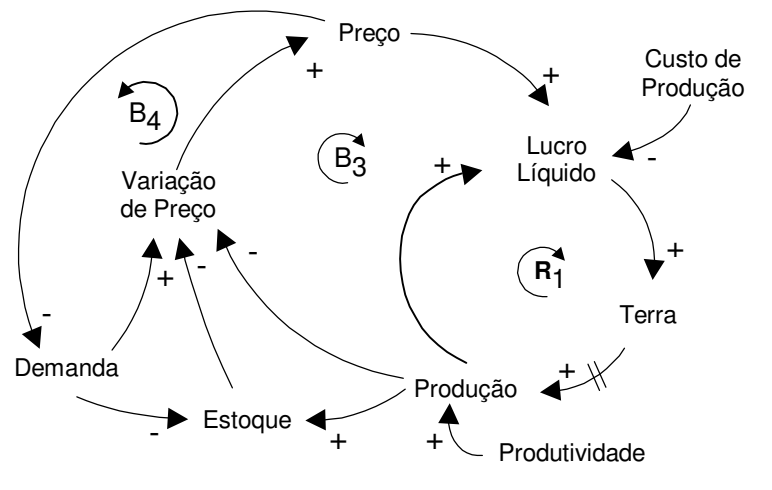


Fig. 5 - Economias da Soja

### Capacidade de Segregação

As atividades neste setor estão relacionadas à habilidade para segregar a soja transgênica da soja não transgênica, desde a produção na fazenda, passando pelo processamento e sistemas de distribuição até o consumidor final. Novamente temos (vide Figura 6) uma malha de equilíbrio B<sub>5</sub> pois um aumento no nível de Preocupação com os Transgênicos, provoca uma maior **Demanda por Segregação**, que por sua vez força a construção progressiva de uma **Infra-estrutura de Segregação** que dê ao consumidor segurança na escolha dos produtos de sua preferência, gerando com o passar do tempo, **Confiança na (infra-estrutura de) Segregação**. Quanto mais confiança o consumidor tiver, menor será o nível de *Preocupação com os Transgênicos*, contrabalançando a tendência de alta desta variável. Deve-se ressaltar ainda neste setor, que o custo do desenvolvimento da *Infra-estrutura de Segregação* terá impacto no *Custo de Produção* dentro de cada uma das economias.

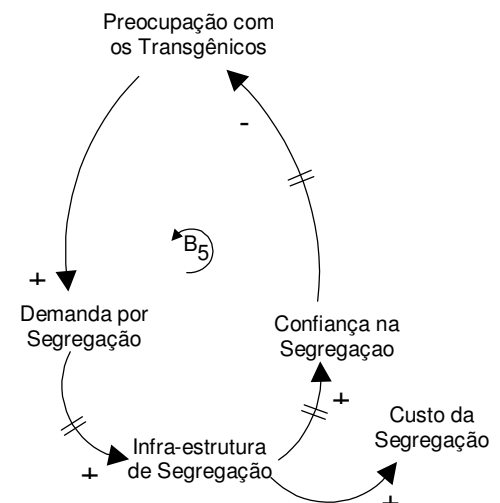


Fig. 6 - Capacidade de Segregação

Observe que o conceito *Infra-estrutura de Segregação*, neste contexto, vai além da capacidade de *separação física* dos grãos e linhas de processamento. Para promover a *Confiança na (infra-estrutura de) Segregação*, será necessário incluir o desenvolvimento de tecnologias de teste de identificação da genética dos produtos; métodos de rastreamento e rotulagem; e educação do consumidor.



### 3. DIAGRAMA COMPLETO E ANÁLISES DE ESTRATÉGIAS

O diagrama da Figura 7, funde os quatro setores anteriormente descritos e as variáveis dorsais em um único quadro para ilustrar os acoplamentos existentes.

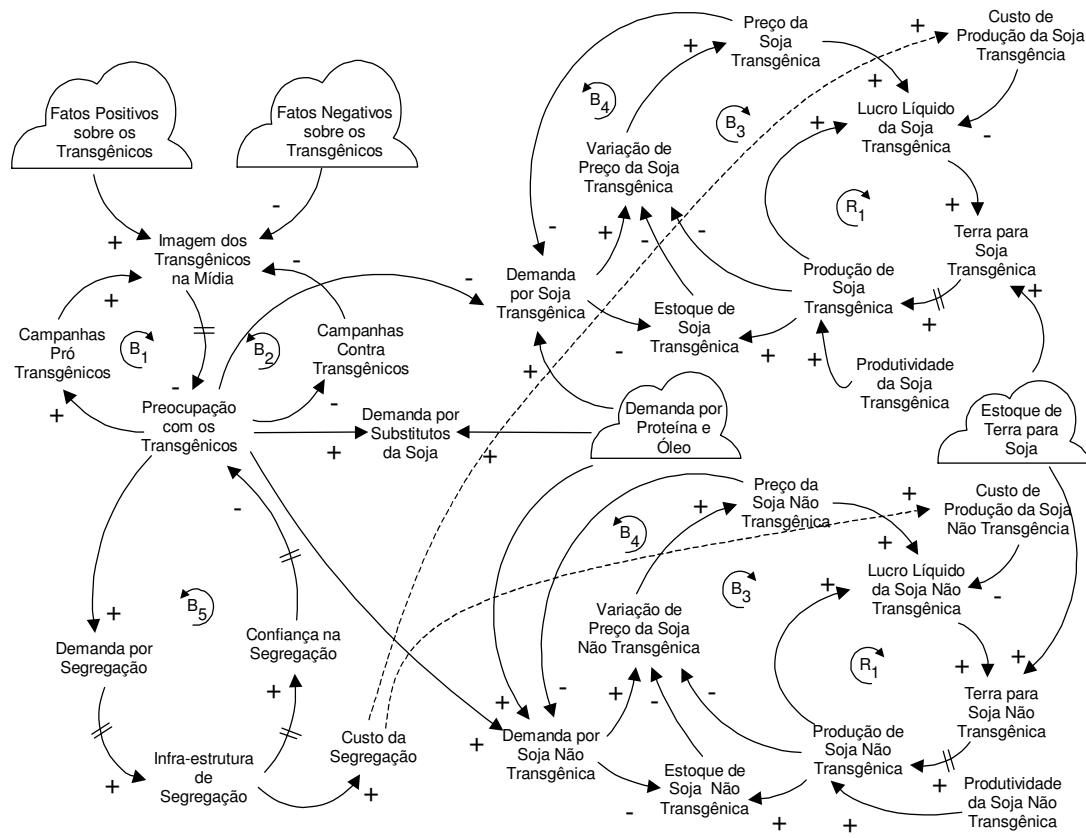


Fig.7 - Diagrama causal completo

Para exemplificar o potencial analítico deste diagrama causal, analisaremos três casos onde este diagrama pode ajudar na compreensão de problemas:

1. Observe que o nível de *Preocupação com os Transgênicos* regula a *Demanda* relativa (e no final das contas o *Preço*) da soja transgênica em relação à soja não transgênica. Ao mesmo tempo, um nível alto de *Preocupação com os Transgênicos* poderá incrementar a *Demanda por Substitutos da Soja*, uma vez que esta tem vários produtos que podem ocupar seu lugar no atendimento da *Demanda por Proteína e Óleo*. Isto pode trazer sérias consequências para o complexo da soja no futuro.
2. As discussões sobre soja transgênica no Brasil tem levado à proibição de se plantar tais sementes. Isto significa que o produtor brasileiro não tem a opção de usar a *Terra* conforme sua vontade. Esta medida pode ser um reflexo das pressões dos consumidores europeus, maiores importadores da soja brasileira, visando assegurar um estoque razoável de soja não transgênica, com um custo baixo de segregação, não pressionando assim demasiadamente as variáveis *Preço* e *Custo de Produção*. A medida que se implante uma *Infra-estrutura de Segregação* (em qualquer país produtor de soja) confiável e a custos razoáveis, a vantagem competitiva brasileira deixará de existir,

fazendo crer que esta estratégia de restrição ao plantio dos transgênicos pode ter alguma eficácia neste momento mas é por tempo limitado.

3. O governo americano está subsidiando o produtor a plantar soja, pagando um preço mínimo que em setembro de 1999 era cerca de 20% superior ao preço de mercado. Com um patamar mínimo de preço garantido, o que o produtor americano tem a fazer para maximizar seu *Lucro* é reduzir o *Custo de Produção* e aumentar a *Produtividade*. Ora como o *Custo de Produção* da soja transgênica é menor que o da soja não transgênica, na prática o governo americano está induzindo o uso de sementes transgênicas, fazendo com que 40% das sementes usadas na safra colhida em 1999 seja proveniente de material geneticamente modificado. Entretanto o mercado dá sinais claros de que existe demanda por soja não transgênica e está pagando inclusive um prêmio (preço adicional) ao produtor pela soja não transgênica. As técnicas de marketing dizem que o melhor caminho é produzir o que mercado quer comprar. Desta forma, inevitavelmente, em mais ou menos dias à frente, o agricultor americano colocará no seu rol de opções de plantio todas as sementes que dispõe e cultivará a *Terra* visando tirar proveito de todas as oportunidades de mercado.

Os fatos analisados dão sinais claros do que será o agronegócio da soja no século 21. De acordo com o Prof. Steve Sonka (1999), "Historicamente e ainda hoje, a comercialização da soja pode ser vista dentro de um sistema tipo *commodity*. No futuro, parece provável que este sistema não será substituído unicamente por um outro sistema tipo *commodity*. É provável que o sistema de comercialização da soja no futuro seja bem mais complexo e dinâmico. Será complexo porque provavelmente coexistirão vários sistemas alternativos. Um fazendeiro poderá comercializar parte da sua produção em um sistema tipo *commodity*, parte em um sistema de identidade preservada (segregado) e parte num sistema tipo *commodity* onde vários atributos determinarão o valor final do produto. Estas alternativas podem coexistir se cada uma delas atender satisfatoriamente aos diversos tipos de consumidor."

## 4. CONCLUSÕES

Os assuntos que cercam o debate sobre os produtos transgênicos são muito complexos e relacionados. Neste artigo, desenvolvemos uma visão de alguns dos principais setores que influem nesta discussão e que definem o sistema em estudo. Com base em conceitos da disciplina System Dynamics (Dinâmica de Sistemas), construiu-se um arcabouço conceitual, definindo-se relações de causa e efeito, malhas de realimentação e tempos de atraso de resposta. Pretende-se que este arcabouço seja capaz de dar sustentação ao debate sobre transgênicos, através da melhoria no processo de comunicação sobre o tema e no estabelecimento de um referencial que permita aferir com mais objetividade os progressos desta discussão.

Trabalhos baseados neste arcabouço conceitual básico poderão vir a ser desenvolvidos para: 1) examinar as peculiaridades de cada um dos setores descritos neste artigo; 2) desenvolver modelos adaptados às situações locais de cada país; e 3) reunir todos estes modelos num modelo global capaz de retratar este complexo problema de forma flexível e com o poderoso auxílio do ferramental matemático e computacional que se dispõe hoje para simular dinamicamente o desempenho de sistemas ao longo do tempo.

## 5. REFERÊNCIAS

- Daydé, J. (1999) The State of Soybean Industry in Europe. *Proceedings of World Soybean Research Conference VI*, 29-36, Chicago.  
[[http://www.gsf99.uiuc.edu/invited/1\\_1\\_06.pdf](http://www.gsf99.uiuc.edu/invited/1_1_06.pdf)]
- FAOSTAT (1999) Food and Agriculture Organization of the United Nations - Web Statistics Database [<http://apps.fao.org/>].
- Forrester, J. (1961) *Industrial Dynamics*. MIT Press, Cambridge, Mass.
- Forrester, J. (1968) *Principles of Systems*. MIT Press, Cambridge, Mass.
- Golbitz, P. (editor) (1999) Soya and Oilseed Bluebook, Soyatech Inc.  
[<http://www.soyatech.com/>]
- Larreche, H.J. and Firpo Brenta, L.M. (1999) The State of Soybean Industry in Argentina. *Proceedings of World Soybean Research Conference VI*, 5-13, Chicago.  
[[http://www.gsf99.uiuc.edu/invited/1\\_1\\_02.pdf](http://www.gsf99.uiuc.edu/invited/1_1_02.pdf)]
- Portugal, A D. (1999) The State of Soybean Agribusiness in Brazil. *Proceedings of World Soybean Research Conference VI*, 37-45, Chicago.
- Sonka, S. (1999) The State of Soybean Industry in the United States. *Proceedings of World Soybean Research Conference VI*, 23-28, Chicago.  
[[http://www.gsf99.uiuc.edu/invited/1\\_1\\_04.pdf](http://www.gsf99.uiuc.edu/invited/1_1_04.pdf)]

### REFERÊNCIAS ADICIONAIS (não citadas)

Para mais referências sobre o complexo soja, sugerimos uma consulta à página da *World Soybean Research Conference VI* realizada em agosto de 1999 em Chicago, onde podem ser encontrados diversos artigos publicados na íntegra no formato PDF:  
[[http://www.gsf99.uiuc.edu/invited\\_papers.html](http://www.gsf99.uiuc.edu/invited_papers.html)]

Maiores detalhes sobre a construção de *diagramas causais* podem ser encontrados em: Senge, P. M (1998) *A Quinta Disciplina*. Ed. Best Seller, São Paulo.

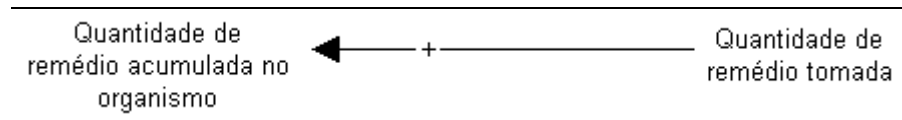
<b>NOME</b>
<b>DESAFIO 1.1</b>
A decisão de tomar ou não um remédio quando se está com dor de cabeça depende de vários fatores, por exemplo: intensidade da dor, efeitos colaterais no seu organismo, dose do remédio, tempo que o remédio leva para fazer efeito, etc. Você seria capaz de descrever este processo de tomada de decisão? Sugestão: leia a bula de um remédio para dor de cabeça.
<b>RESPOSTA</b>

# INTRODUÇÃO À DINÂMICA DE SISTEMAS

**NOME**

**DESAFIO 2.1**

Como você leria o seguinte diagrama ?



**RESPOSTA**

<b>NOME</b>
<b>DESAFIO 2.2</b>
<p>Os diagramas mostrados na página seguinte, representam as relações de causa e efeito entre as variáveis da situação-problema (dor de cabeça), isto é, são dois <b>MODELOS CAUSAIS</b>. Qual dos dois melhor explica, na prática, o que acontece quando se toma um remédio para passar a dor de cabeça. Explique com as suas palavras o modelo causal (diagrama) que você escolheu.</p>
<b>RESPOSTA</b>

Diagrama 1

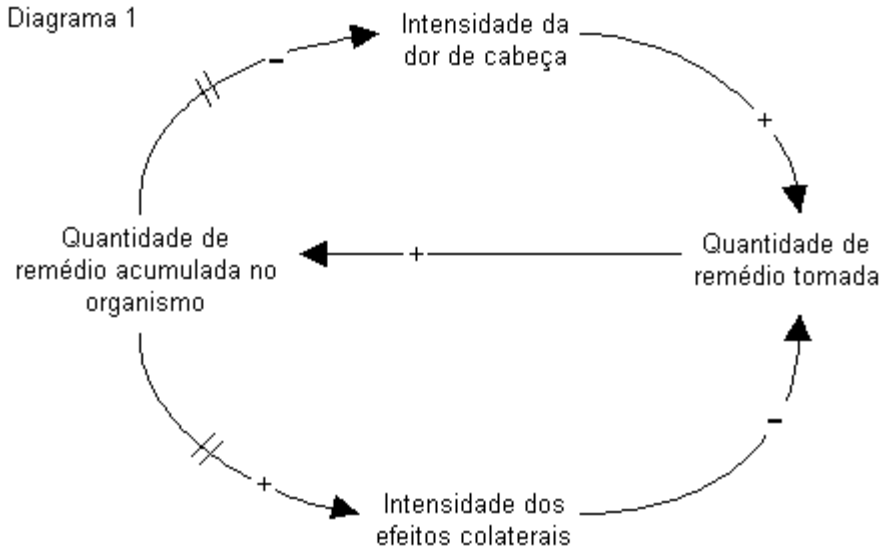
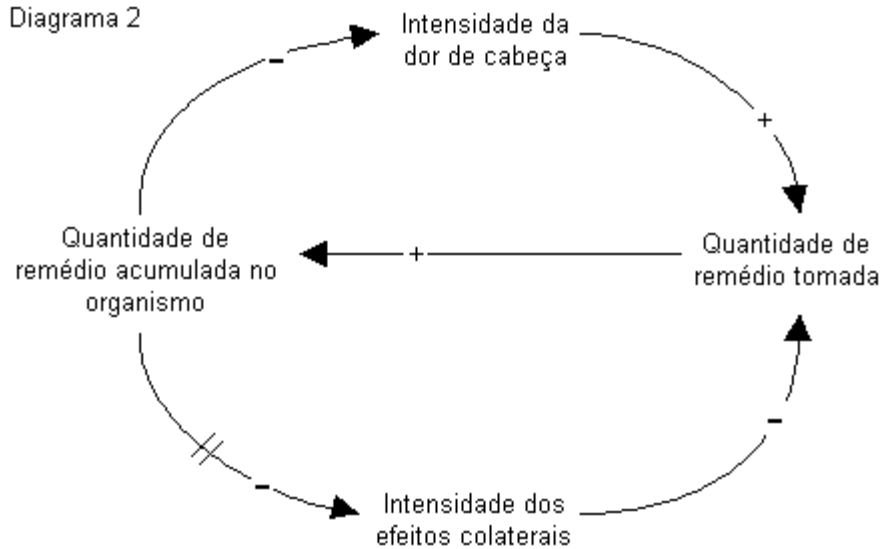


Diagrama 2



# INTRODUÇÃO À DINÂMICA DE SISTEMAS

**NOME**

## **DESAFIO 2.3**

No artigo "Relações Causais na Discussão sobre Organismos Transgênicos no Complexo da Soja" [veja Apêndice 2] você encontrará um modelo causal que tenta explicar uma situação-problema bem polêmica nos dias de hoje, isto é, a discussão em torno do uso dos organismos transgênicos. Leia este artigo e comente-o, dizendo se você concorda ou não com a modelagem que foi feita do problema. Observação: Procure na internet ou em revistas, se inteirar dessa discussão sobre os organismos transgênicos, caso você não se sinta suficientemente informado sobre o mesmo.

## **RESPOSTA**

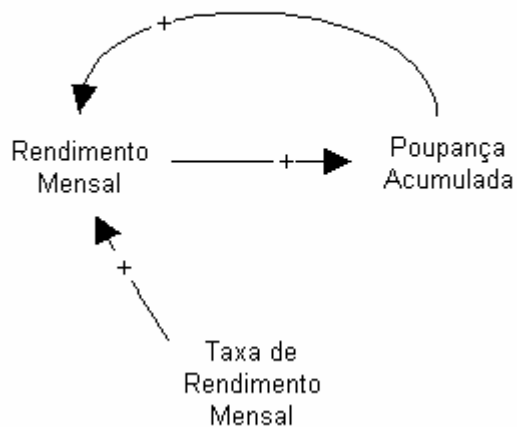


# INTRODUÇÃO À DINÂMICA DE SISTEMAS

NOME

## DESAFIO 3.1

### Caderneta de Poupança Modelo Causal



Como você leria o diagrama causal da figura ao lado ?

De acordo com este modelo, supondo a taxa de rendimento mensal positiva, o que acontece com a poupança acumulada no decorrer do tempo? Aumenta sempre; aumenta no início depois diminui; diminui sempre; diminui no início mas depois aumenta; ou ocorrerá outra coisa?

## RESPOSTA

<b>NOME</b>
<b>DESAFIO 3.2</b>
Prossiga a simulação manual da caderneta de poupança e calcule o valor da mesma no início do mês 10. É muito importante que você faça pelo menos uma vez na vida estes cálculos manualmente para que você sinta a mecânica do cálculo que é feita pelos softwares de simulação. Feito o cálculo, responda: qual o valor da poupança no início do mês 10, isto é, após 10 meses de poupança ?
<b>RESPOSTA</b>

# INTRODUÇÃO À DINÂMICA DE SISTEMAS

<b>NOME</b>
<b>DESAFIO 4.1</b>
Abra o modelo da caderneta de poupança (arquivo poupanca.sim) no Powersim. Dê um duplo clique no estoque (Poupança), no fluxo (Rendimentos) e na constante (Taxa de Rendimento) e responda: (1) Qual é o valor inicial da caderneta de poupança? (2) Qual é o valor da taxa de rendimento da poupança? (3) Qual é a equação do rendimento da poupança? e (4) Qual é o tempo de simulação do modelo e qual é a unidade de tempo utilizada?
<b>RESPOSTA</b>

# INTRODUÇÃO À DINÂMICA DE SISTEMAS

<b>NOME</b>
<b>DESAFIO 4.2</b>
Ainda no modelo da caderneta de poupança (arquivo poupanca.sim) no Powersim. Dê um duplo clique na constante (Taxa de Rendimento) e altere-a para 3% ao mês. Rode a simulação da caderneta de poupança (clique em RUN no menu SIMULATE) e diga qual o valor acumulado na caderneta de poupança no final de 120 meses?
<b>RESPOSTA</b>

# INTRODUÇÃO À DINÂMICA DE SISTEMAS

**NOME**

**DESAFIO 5.1**

Abra o modelo financeiro (arquivo finanças.sim) no Powersim e altere os valores da variável Investimento\_Inicial de R\$ 15.000 para R\$ 20.000. Feito isto, rode o modelo e responda:

- 1) Qual a tendência do ESTOQUE? Cresce, decresce ou fica estável ?
- 2) Qual a tendência do RESULTADO? Cresce, decresce ou fica estável ?
- 3) Qual a tendência da DÍVIDA? Cresce, decresce ou fica estável ?

**RESPOSTA**

# INTRODUÇÃO À DINÂMICA DE SISTEMAS

**NOME**

## **DESAFIO 6.1**

Abra o modelo do rebanho leiteiro (arquivo vacas.sim) no Powersim, clique no botão EQUAÇÕES e responda:

- 1) Qual é a equação do fluxo *Nascimentos* ?
- 2) Qual é a unidade de medida do estoque *Fêmeas\_Adultas* ?
- 3) Qual é o comentário do parâmetro *TxMortalidade* ?
- 4) Quais são os valores iniciais dos estoques ?

## **RESPOSTA**

# INTRODUÇÃO À DINÂMICA DE SISTEMAS

<b>NOME</b>
<b>DESAFIO 6.2</b>
Agora clique no botão <b>MODELO</b> do simulador do rebanho leiteiro e descreva com as suas palavras o funcionamento do mesmo.
<b>RESPOSTA</b>

# INTRODUÇÃO À DINÂMICA DE SISTEMAS

<b>NOME</b>
<b>DESAFIO 6.3</b>
Usando o SIMULADOR do rebanho leiteiro, mantenha a taxa de natalidade em 0,70; altere o intervalo entre partos para 2 anos. Qual o novo valor do percentual de descarte que estabilizará o rebanho e em que número de animais o rebanho se estabilizará ?
<b>RESPOSTA</b>



NOME
<b>DESAFIO 6.4</b>
Que sugestões você daria para aperfeiçoar o modelo de rebanho leiteiro que foi apresentado? Que utilidade você vê na utilização deste simulador na vida real? Você acha que o desenvolvimento de um simulador das atividades típicas de uma propriedade rural poderia ajudar na melhoria das práticas gerenciais no setor agropecuário?
<b>RESPOSTA</b>

## **AGRADECIMENTOS**

Ao pioneiro da Dinâmica de Sistemas, Jay W. Forrester, por ter oferecido a todos nós a oportunidade de ver o mundo com esta nova ferramenta.

Ao Prof. Steve Sonka, pelo convite para trabalhar na University of Illinois at Urbana - Champaign (EUA) como professor visitante e que me mostrou a importância de Dinâmica de Sistemas na resolução de problemas complexos.

Aos alunos e alunas do Curso de Especialização em Gestão da Informação no Agronegócio, pioneiros de uma nova era na educação via Internet, pelos comentários e críticas.

Aos colegas Bóris Alessandro Wiazowski, Carlos Arthur Barbosa da Silva, Jana Roiz Saito, R. Christopher Schroeder, Reginaldo Santana Figueiredo, Wagner Luiz Lourenzani e William Hajime Yonenaga pela permissão de uso de seus trabalhos neste curso.

Ao Jece Lopes e à Rita Valéria Scoralick Villela pela revisão do texto.

E especialmente a você, caro leitor, razão de ser desta obra.

Juiz de Fora

Prof. Paulo Roberto de Castro Villela  
paulo.villela@ufjf.edu.br