

UNIDADE 1 – INTRODUÇÃO AO PENSAMENTO SISTÊMICO
MÓDULO 1 – PENSANDO, COMUNICANDO, APRENDENDO E AGINDO MAIS
EFETIVAMENTE

01

1 – MUNDO COMPLEXO

Não é segredo que o mundo em que vivemos é complexo e se torna mais complicado, à medida que se desenvolve. Problemas como poluição, falta de energia elétrica, inflação, desemprego, crime e queda da qualidade de vida afetam a todos nós. Os desafios da humanidade permanecem os mesmos, há décadas: os sem-teto, os sem-terra, os famintos, os usuários de drogas, a má distribuição de renda, os desequilíbrios ambientais e o surgimento de doenças como a AIDS.

02

A maneira como pensamos, comunicamos e aprendemos, muitas vezes, está ultrapassada. O modo como agimos gera outros problemas e estamos mal preparados para lidar com eles.



Ninguém é capaz de dominar todos os campos do saber, porém, quando pedimos ajuda aos especialistas, eles mesmos parecem confusos e isolados da realidade, discutindo entre si e dando atenção apenas às partes isoladas dos problemas que se encaixam em suas especialidades. De fato, parece que quanto mais as pessoas aprendem sobre a parte do "mundo" em que estão inseridas, mais difícil se torna a compreensão do mundo como um todo.

03

Então, o que devemos fazer? Focar nossos problemas e ignorar o resto? Infelizmente, "o resto" invade nossas vidas particulares de modo tão inoportuno que é impossível ignorá-lo. Por exemplo, suponha que você tenha escolhido uma carreira que lhe pareça perfeita. Investe anos de estudo procurando ganhar experiência e trabalhando duro para conseguir o que almeja. É uma ótima carreira e a situação parece muito promissora.



Então, repentinamente, essa carreira é extinta, eliminada pelas mudanças econômicas, por novas tecnologias ou mudanças políticas. Essas forças podem estar além de seu controle, mas, na medida em que compreende como elas funcionam, é possível, no mínimo, antecipar os acontecimentos e se preparar para conviver com as mudanças.

04

O mesmo aplica-se nas decisões de caráter pessoal. A sabedoria em escolher entre uma coisa e outra depende do que está acontecendo no resto da sociedade. Além disso, todos nós temos interesse no desenvolvimento e manutenção de um ambiente seguro e humano. Se, como cidadãos, não compreendermos os grandes e complexos problemas que afetam nosso ambiente, não seremos capazes de tomar as decisões corretas, o que afetará a todos. De fato, quando deixamos esses problemas para os políticos e especialistas, muitas vezes observamos soluções que não funcionam ou que agravam mais ainda os problemas.



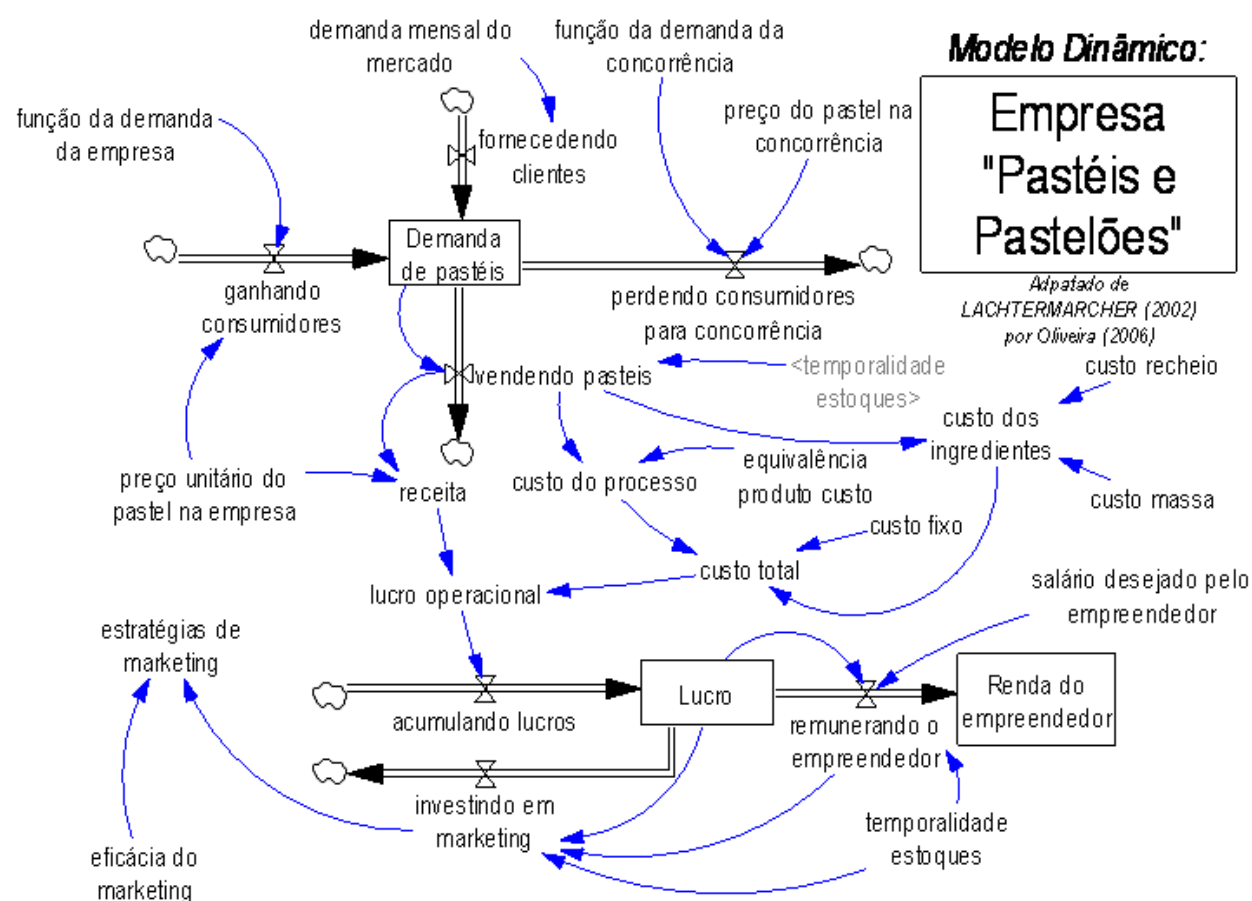
Em outras palavras, precisamos compreender o mundo que nos envolve, no mínimo, para sobreviver. Existe metodologia para aprender a lidar com o mundo ao nosso redor, em toda a sua complexidade. Trata-se do Pensamento Sistêmico, uma disciplina desenvolvida a partir da década de 50 no MIT - Massachusetts Institute of Technology, EUA, sob a supervisão do Dr. Jay W. Forrester.

05

2 - O QUE É O PENSAMENTO SISTÊMICO?

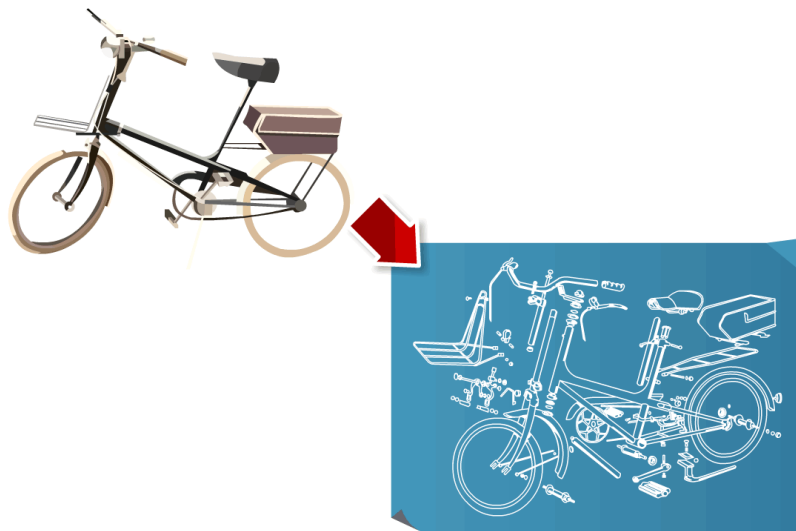
"Pensamento Sistêmico" é termo que está conquistando aceitação, mas ainda não é amplamente entendido. O **Pensamento Sistêmico**, realmente, apresenta modo diferente de pensar, mas não há nada de misterioso, incompreensível ou estranho sobre ele. Primeiramente, para adquirir boa compreensão,

é necessário esquecer nossos próprios pressupostos durante algum tempo e olhar para as coisas que nos são familiares, sob ótica diferente.



06

Vejamos o exemplo originário das experiências educacionais de que todos compartilhamos. Na escola, ensinaram-nos que Estudos Sociais, Matemática, Português, Ciências e Arte são disciplinas separadas, ou conjuntos isolados de informação. Isso tem origem nos primórdios da ciência moderna, quando a ideia de reducionismo tomou forma com a ideia de que é possível entender melhor algo, desmontando-o e estudando as suas partes, separadamente.

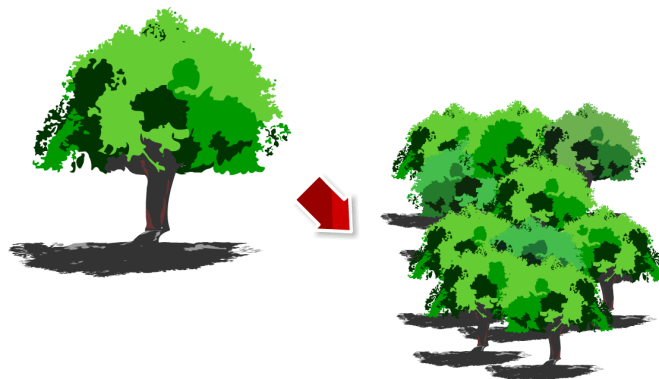


Nesse sentido, deram-se grandes passos no avanço sobre o conhecimento, à medida que os peritos ficavam mais e mais especializados.

07

Na educação, os estudantes seguiram esse modelo, com a instrução tornando-se mais e mais compartimentalizada, conforme progrediam nos estudos. As escolas tornaram-se coleções de departamentos separados, cada qual com os próprios fatos a ensinar, embora se saiba que no "mundo real" raramente se lida com cada assunto de forma isolada. Fica aos estudantes o encargo de sintetizar toda essa informação de forma empírica, se o conseguirem.

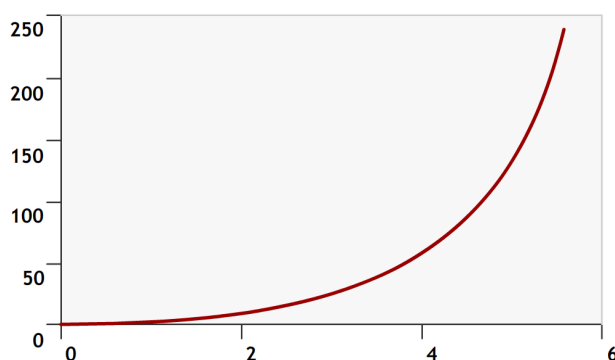
Do ponto de vista sistêmico, esta síntese é a parte mais importante. O pensamento sistêmico encoraja a que se dê um passo para trás, a fim de ver o quadro inteiro, em vez de enfocar apenas suas partes. É tentativa de ver a "floresta" assim como as "árvores".



O pensamento sistêmico explora as **interdependências entre os elementos** de um sistema e procura **padrões** em lugar de memorizar fatos isolados. Ele focaliza os loops de reforço da estrutura de um sistema porque é essa estrutura que determina o comportamento do sistema ao longo do tempo.

3 - PADRÕES

Com a prática, é possível ver esses modelos emergirem. Além disso, os padrões são notoriamente semelhantes entre as diferentes disciplinas. Uma vez que se visualizem as similaridades, torna-se muito mais fácil entender cada uma das disciplinas e suas relações com as demais. Por exemplo, **o crescimento exponencial é padrão básico** muito comum em sistemas. Começando com a matemática, o crescimento exponencial acontece ao tomar-se um número muito pequeno e multiplicá-lo por dois. O resultado obtido é novamente o multiplicado por dois, sucessivamente, podendo apresentar-se desta forma: 1 dobrado resulta em 2 e depois em 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256, 512, 1024 e assim por diante.



No início, os resultados são números pequenos, mas, se continuamente dobrada a resposta, os resultados começam a fazer saltos maiores e maiores. Elevando-se um número à quarta potência, ocorrem saltos ainda maiores. Qualquer que seja o multiplicador adotado, o crescimento irá construir, ou reforçar, a si mesmo.

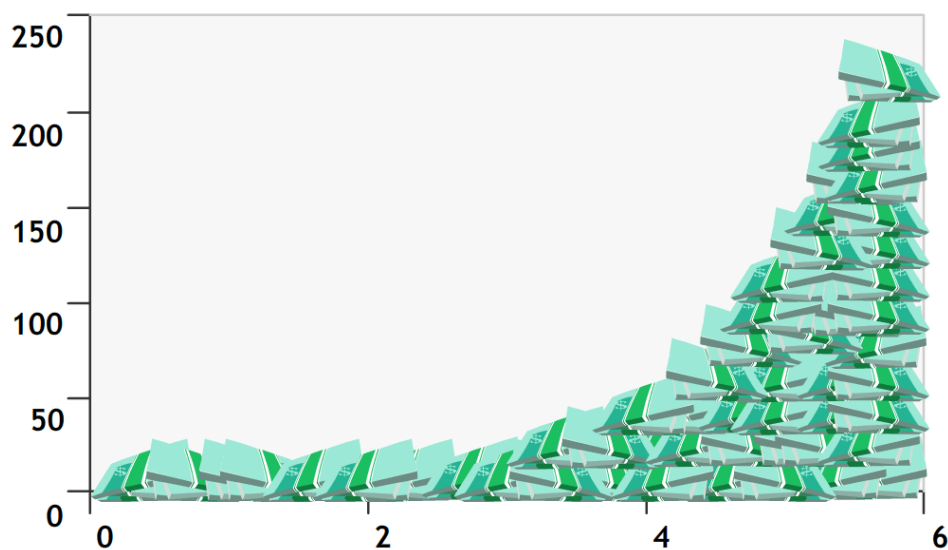
Parar para pensar a respeito certificará que esse padrão é onipresente. Ele se aplica ao crescimento desenfreado de determinada população de bactérias em um prato de laboratório, de lagartas em uma lavoura ou de componentes da população humana. Pense sobre uma família ou árvore genealógica na qual um casal tenha três filhos, nove netos e vinte e sete bisnetos; é família muito grande originada de um só casal!



Em sistemas sociais, vê-se o mesmo padrão na expansão de um boato ou de uma epidemia. Pode ser que apenas poucas pessoas sejam inicialmente contaminadas; mas a velocidade da dispersão cresce à medida que mais pessoas tornam-se agentes difusores.

10

Em sistemas econômicos, determinada quantia sujeita à ação de juros acumulados cresce exponencialmente; uma pequena quantia torna-se grande soma, conforme a taxa de juros aplicada a valor cada vez maior. Toda "corrente" ou esquema de "pirâmides" utiliza esse entendimento básico de crescimento exponencial para atrair participação. De fato, qualquer resultado que se possa chamar de "efeito em cadeia" ou efeito "bola de neve" provavelmente se ajusta ao padrão de crescimento exponencial.



11

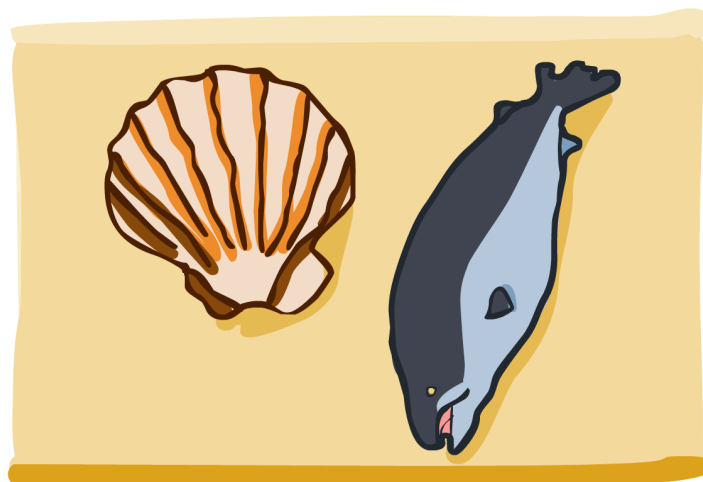
Uma vez que se consiga reconhecer os padrões desses sistemas, obtém-se entendimento mais profundo sobre eles. Compreendendo o conceito por meio de um exemplo, aumenta-se a capacidade de reconhecer e entender os demais. Além disso, começa-se a ver como essas estruturas determinam o comportamento dos sistemas de modos notavelmente semelhantes. Pode-se, além disso, pensar em termos mais amplos sobre suas implicações. Passa-se a ver a "floresta", assim como as "árvores", os inter-relacionamentos entre os elementos do sistema ficam mais visíveis.



Voltando para a questão da educação, as crianças e os jovens são intuitivamente bons pensadores sistêmicos, provavelmente porque a aprendizagem deles ainda não se tornou tão fragmentada. Na ânsia de aprender, eles trazem tudo aquilo que sabem ao processo de aprendizagem. Tudo está relacionado e mostra-se relevante. É importante dar apoio a esse comportamento na infância e na juventude.

12

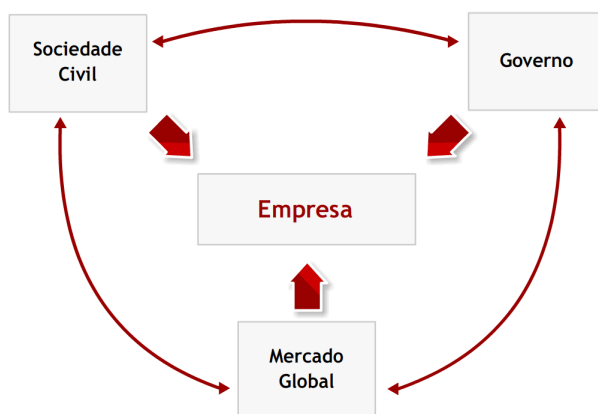
Quando as crianças estudam o oceano, por exemplo, lêem e escrevem histórias sobre o oceano, contam e separam conchinhas, estudam, provam o gosto de peixe e ligam isso a projetos de artes.



Elas poderiam até mesmo discutir sobre erosão e poluição das praias nesse esforço interdisciplinar. Sabem que "tudo está conectado ao todo". Além do mais, adoram isso! Na abordagem interdisciplinar, com o aprendizado centrado nos alunos, vê-se que eles são muito bons como pensadores sistêmicos principiantes. Talvez nós fossemos bons também, se nosso pensamento não tivesse se tornado tão compartimentalizado à medida que progredíamos na escola. O pensamento sistêmico é esse conceito amplo que se discute até agora.

13

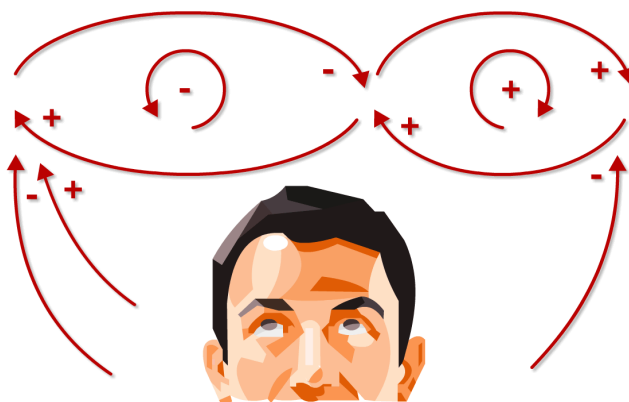
A ferramenta de trabalho para construção dessa habilidade no currículo educacional é a "dinâmica de sistemas", uma técnica específica de simulação computadorizada. O curso mostra como especificar e quantificar as relações e estruturas de um sistema e simulá-los para observar-lhes o comportamento com o passar do tempo, sob pressupostos variados. Revela como construir o padrão computadorizado de um sistema, baseando-se em experiências e trabalhos de pesquisa, e como realizar experimentos com tal modelo. Por exemplo, ao construir um paradigma de negócio, será possível identificar e analisar as diferentes forças que atuam sobre ele, quer sejam favoráveis ou desfavoráveis. Pela simulação, é possível determinar ações que controlem as forças favoráveis e desfavoráveis, antes mesmo do negócio existir.



14

4 - DINÂMICA DE SISTEMAS

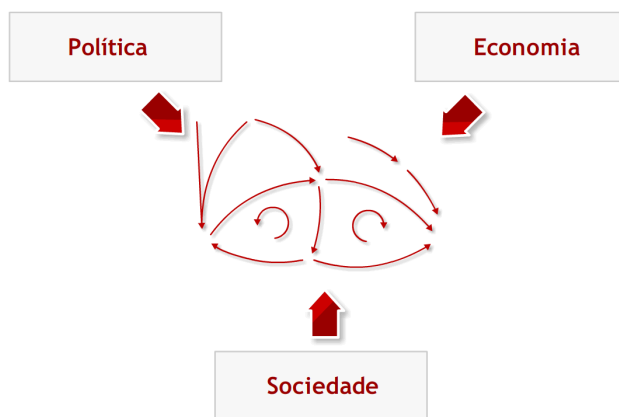
A Dinâmica de Sistemas é a base do pensamento sistêmico. Aprender essa metodologia forma pensadores metódicos, precisos e confiantes. Embora o pensamento sistêmico, por si, traga insights fascinantes e valiosos, a Dinâmica de Sistemas oferece as ferramentas para que se aprofunde o pensamento crítico e a resolução de problemas. No que se refere ao currículo, tal dinâmica torna a educação motivadora, centrada nos estudantes e relevante.



Ao entender a estrutura subjacente de um sistema, ganha-se no entendimento mais profundo sobre o assunto, e os *insights* retirados dessa experiência podem ser transferidos para melhor entendimento de outros assuntos.

15

Da mesma forma, a modelagem na dinâmica de sistemas é interdisciplinar porque é necessário trazer variados conhecimentos e experiências para a tarefa a ser desenvolvida. Por exemplo, para modelar uma empresa, pode-se começar pela parte financeira do empreendimento, mas fatores políticos, econômicos e sociais também são muito importantes.



A dinâmica de sistemas reúne as diferentes disciplinas educacionais; a Matemática torna-se parte natural de todos os demais assuntos. Tal síntese aumenta a confiança e as habilidades de solução de problemas necessárias para enfrentar a instabilidade dos sistemas sociais, ambientais e políticos, crescentemente complexos, à semelhança do mundo dos negócios.

16

O Pensamento Sistêmico pode parecer estranho no princípio sendo abordagem diferente da que nos foi ensinada; às vezes demora algum tempo para nos familiarizarmos com ele. Há também diferentes níveis de trabalho. Na **Modelagem e Simulação de Negócios I**, convém tomar consciência dos sistemas existentes e construir alguns modelos básicos a começar pelos sistemas comuns, do nosso dia-a-dia e, em seguida, elaborar modelos orientados para negócios e simulá-los. Durante o curso, é bom relacionarem-se os exemplos apresentados com as situações de vida e imaginar-se o pensamento sistêmico como a soma de uma nova dimensão ao bom senso. Apresenta-se, então, uma nova visão de mundo!



17

RESUMO

O desenvolvimento mundial tem criado problemas complexos para a humanidade. Infelizmente, as pessoas estão mal preparadas para resolvê-los, pois não foram orientadas para isso. Os especialistas e os políticos também não têm apresentado soluções. Estão cada vez mais preocupados com suas áreas de estudo e seus interesses. Contudo, ignorar os problemas não é boa solução, porquanto mais cedo ou mais tarde todos serão afetados por eles.

O Pensamento Sistêmico é um novo campo de estudo orientado para tratar e buscar soluções para problemas complexos. Ele se contrapõe ao senso comum do reducionismo de que só se pode compreender alguma coisa se ela for decomposta e estudada, isoladamente, as suas partes. A educação

é baseada no reducionismo ao compartimentalizar o ensino em departamentos e disciplinas isoladas, sem interação entre si. O Pensamento Sistêmico é metodologia orientada para ver tanto as árvores quanto a floresta; isto é, conhecer as partes e o todo procurando saber como os fenômenos interagem uns com os outros.

Os sistemas apresentados anteriormente apresentam padrões de comportamento que se repetem em outros sistemas. Na medida em que se compreende como esses padrões funcionam, passa-se a ter maior consciência do mundo. Desse modo, facilita-se o aprendizado e aumenta-se a capacidade na resolução de problemas.

A Dinâmica de Sistemas é uma técnica específica de simulação em computadores. Podem fazer modelos dos sistemas conhecidos, simulá-los e estudar-lhes o comportamento. Essa técnica aplica-se a vários tipos de sistemas, inclusive às organizações e aos negócios.

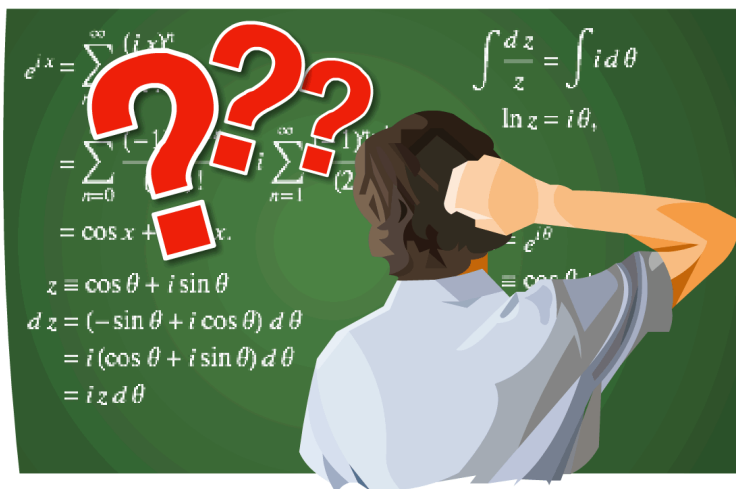
UNIDADE 1 – INTRODUÇÃO AO PENSAMENTO SISTÊMICO

MÓDULO 2 – COMPORTAMENTO DOS SISTEMAS

01

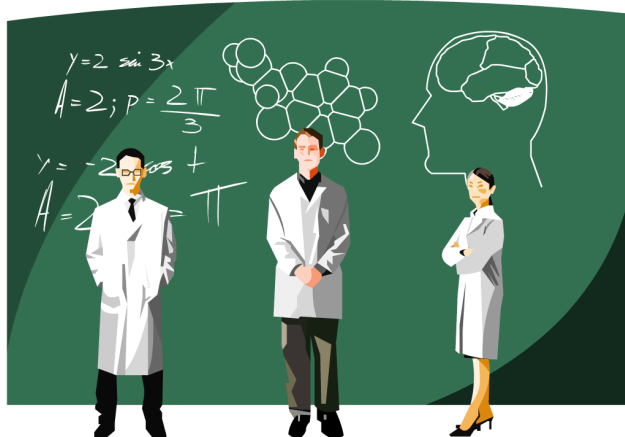
1 - INTRODUÇÃO

Se o Pensamento Sistêmico - PS, como vimos no Módulo I, pode fazer tanto, por que ele não é largamente conhecido e utilizado? Em primeiro lugar, as escolas são usualmente lentas na mudança de seus currículos, e ele, campo de estudo novo, soa estranho para quem está habituado com a aprendizagem tradicional. Como segunda razão, e talvez a mais importante, a maioria dos que escrevem sobre PS são extremamente técnicos, utilizam muita matemática e produzem textos de difícil compreensão. Apenas recentemente alguém se preocupou em traduzir as idéias do PS para não especialistas.



2 - O que é um Sistema

Por muito tempo, os cientistas acreditaram que a melhor forma de conhecer alguma coisa seria compreender o funcionamento de suas partes menores. Essa abordagem teve muito sucesso, principalmente na biologia, na química e na física. Entretanto, existe sempre o risco de que as pessoas tomem isso como verdade universal. O caso extremo da abordagem é chamado de reducionismo - a idéia de que alguma coisa não é nada mais que a soma de suas partes. Isso parece razoável, mas pode levar à conclusão absurda ou ilógica de que não existe diferença entre uma casa confortável e uma pilha de móveis e materiais de construção, ou entre uma cobaia e uma cultura de bactérias num tubo de ensaio. A diferença entre a cobaia (um único ser vivo) e a cultura de bactérias no tubo de ensaio está na organização. As moléculas de uma cobaia estão organizadas de modo preciso e complexo, enquanto as presentes no tubo de ensaio estão somente colocadas juntas. Muitos cientistas concluíram que o mais importante é compreender como tais "peças" se estruturam, porém permaneceram muito centrados apenas em suas áreas de conhecimento, preocupados com as "partes" e não com os padrões.

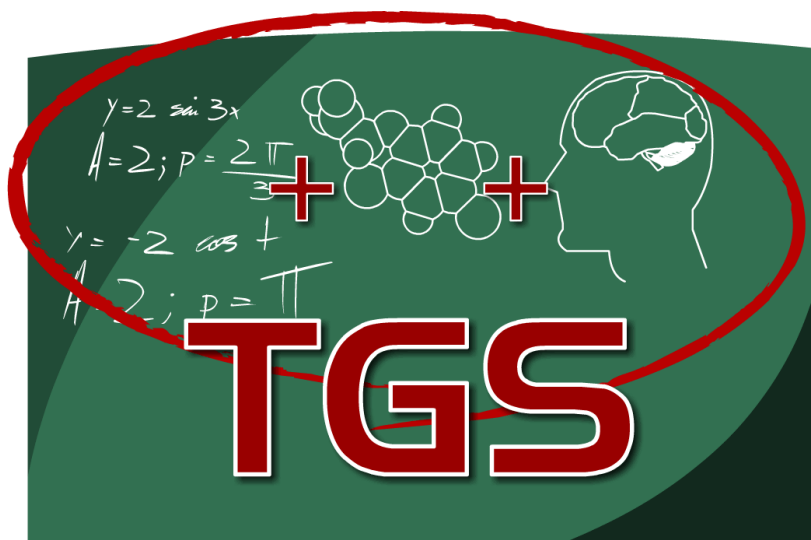


Uma das consequências dessa atitude foi a divisão da ciência em muitas especialidades. Os "experts", em cada campo de conhecimento, desenvolvem suas próprias teorias e linguagens específicas para descrevê-las. O fato é que, eventualmente, cientistas de campos diferentes de conhecimento praticamente não se compreendem, e o público, em geral, não consegue compreendê-los, mesmo com muitos anos de estudo.

04

No início de 1920, um grupo de pesquisadores iniciou estudo sério sobre os padrões, as maneiras pelas quais as diferentes partes do sistema estavam organizadas. E descobriram que não importa o quão diferente pareçam ser os componentes de um sistema; eles se organizam sempre de acordo com as mesmas regras. Pela primeira vez, surgiu um caminho, mostrando as relações entre as diferentes áreas de conhecimento e o que havia de comum entre elas.

Esse novo campo, conhecido como "**Teoria Geral de Sistemas - TGS**", teve grande e imediato impacto. Ele revolucionou muitos campos da ciência e teve grande influência em nossas vidas. Além do mais, a TGS tornou possível o desenvolvimento de sofisticados computadores e da automação e sua aplicação prática, como "metodologia de análise", tornou-se ferramenta essencial para o gerenciamento de vários tipos de negócios e instituições.



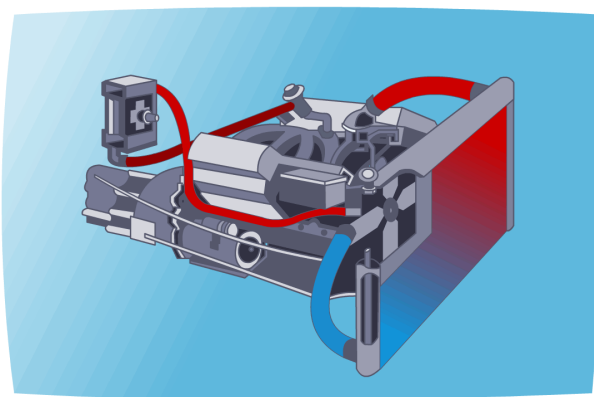
Todavia, suas duas maiores contribuições não foram ainda alcançadas:

- 1 - a TGS disponibiliza um caminho para abordar problemas grandes e complexos que não se encaixam em uma única especialidade;
- 2 - a TGS oferece abordagem para que as pessoas obtenham visão clara e precisa de como o ambiente funciona e sem investirem muito tempo estudando detalhes de cada área do conhecimento.

05

3 - A IDÉIA DE SISTEMA

Compreender como os sistemas funcionam deve começar pelo significado da palavra "sistema" que, no âmbito deste trabalho, será usada no senso comum de "sistema nervoso", "sistema econômico" ou "sistema de resfriamento" de um carro. O último exemplo consiste de um radiador, um ventilador, uma bomba d'água, mangueiras e braçadeiras. Reunidos, esses componentes mantêm o motor na temperatura ideal; separadamente, não possuem função. Para que o trabalho seja realizado com eficiência, todos os componentes devem estar presentes e montados da maneira correta. Mover uma única mangueira pode colocar o sistema de resfriamento (e o carro) fora de funcionamento.



06

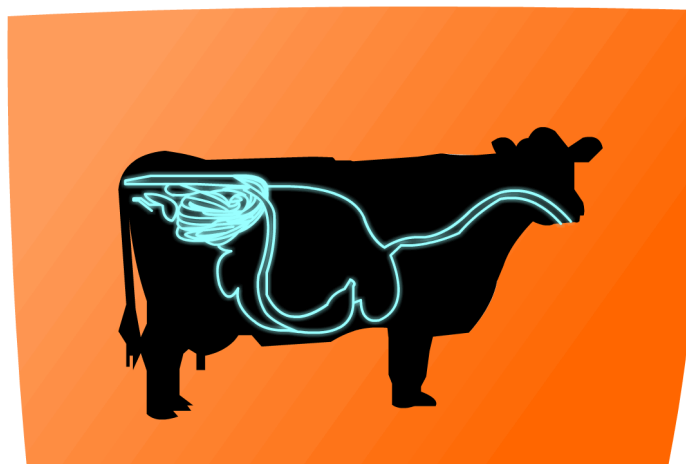
Se algo é construído com determinado número de componentes, não importando como se organizam, a impressão é de que se está lidando com algo parecido com uma "pilha" e não com um sistema. Um monte de areia, por exemplo, permanece essencialmente o mesmo, ainda que se mudem alguns grãos de areia de lugar. Outra diferença entre sistemas e pilhas é que, essas não mudam na essência quando são acrescentadas ou retiradas partes delas. Adicionando mais leite a um balde ter-se-á somente quantidade maior de leite no balde. Adicionando uma vaca a outra não dará uma vaca maior. Da mesma maneira, colocando metade do leite em outro balde você obterá dois baldes com leite. Mas, dividindo uma vaca ao meio, não resultará em duas vacas. Continuando a divisão, você pode terminar com um monte de carne moída para fazer centenas de almôndegas ou hambúrgueres; contudo, a natureza essencial da vaca - um sistema vivo capaz de transformar capim em leite - terá sido perdida. Isso é o que se quer explicar ao dizer-se que um sistema funciona como um todo integrado. Seu comportamento depende do funcionamento de toda a estrutura e não do comportamento de seus diferentes componentes.



07

Isso remete à questão lógica: se os componentes de um sistema trabalham juntos, como unidade, por que um sistema não poderia ser componente de outro sistema? Ele certamente pode ser parte de um conjunto mais amplo. No caso, seria subsistema. E o sistema maior, naturalmente, pode ser subsistema de sistema ainda maior. De fato, o padrão de que sistemas pertencem a outros maiores é algo que se encontra em todas as coisas que fazem parte do ambiente humano.

Por exemplo, quando se fala sobre vacas, é bom olhar suas cadeias de pequenos e grandes sistemas. A vaca, como qualquer outro ser vivo é sistema complexo por si mesmo; mas é, também, parte de um grupo de sistemas maiores. Se ela for mantida com outras vacas, será parte de um conjunto maior, chamado rebanho. Cada rebanho tem um líder cujo comando é claro e definido como o de uma unidade militar. Se houver interesse em aprender como um rebanho "funciona", então é de pensar-se o sistema rebanho como o básico, e cada uma das vacas como subsistema.



Por outro lado, se o interesse for compreender como a vaca funciona, é melhor tratá-la como sistema básico e tentar aprender algo sobre seus sistemas circulatório, nervoso, reprodutivo, digestivo etc. e

como eles trabalham em conjunto para permitir que a vaca permaneça viva e faça as coisas que uma vaca deve fazer. Daí continuar-se no processo de examinar menores e menores subsistemas até o nível das partículas atômicas.

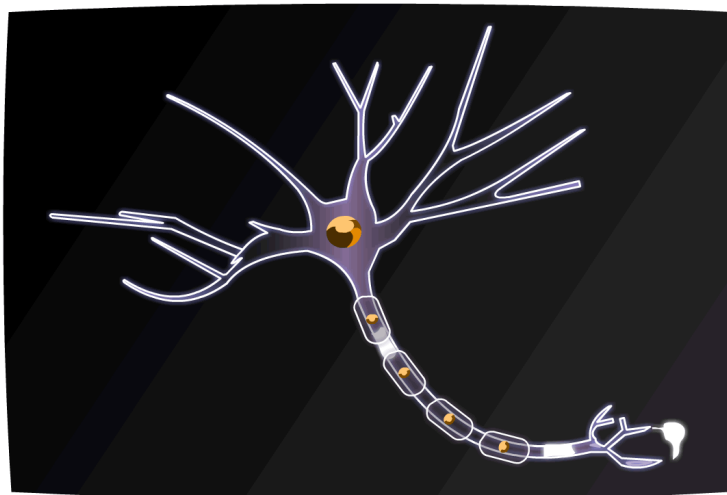
08

A ilustração mostra uma hierarquia de sistemas, começando pelo átomo em célula particular do cérebro até os níveis superiores.

[Zoom Cósmico](#) (Link para download – disponível apenas no material online)

09

Cada sistema da lista combina-se com semelhantes, criando sistema de nível superior. A molécula de proteína pode conter átomos de carbono, de oxigênio e de nitrogênio. Uma economia é feita de pessoas, terra, construções, máquinas, plantas, rebanhos leiteiros e outros. O sistema solar é constituído pelo Sol, pelos planetas e respectivas luas e muitos asteróides, cometas e outros corpos celestes. Observando-se por outro ponto de vista - o átomo do cérebro de um bovino, por exemplo - a lista será um pouco diferente, porém, constituída pelos mesmos passos, com sistemas menores combinando-se para formar outros maiores que irão se combinar com outros mais para constituir sistemas ainda maiores.

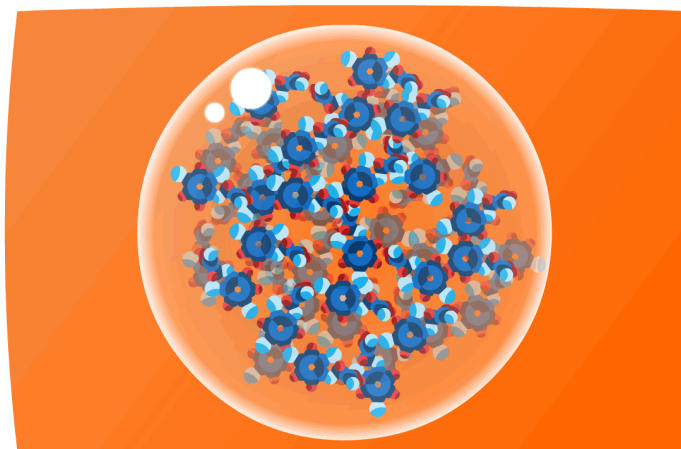


Por que isso é verdade? A quem parar e pensar na progressão de passos, da menor partícula até o universo, como um todo, isso pode parecer estranho. Por que a natureza não fez grandes partículas, em vez de construir moléculas, a partir da combinação de átomos? Do mesmo modo, porque uma pessoa é composta de muitos bilhões de células e não de única célula gigante?

10

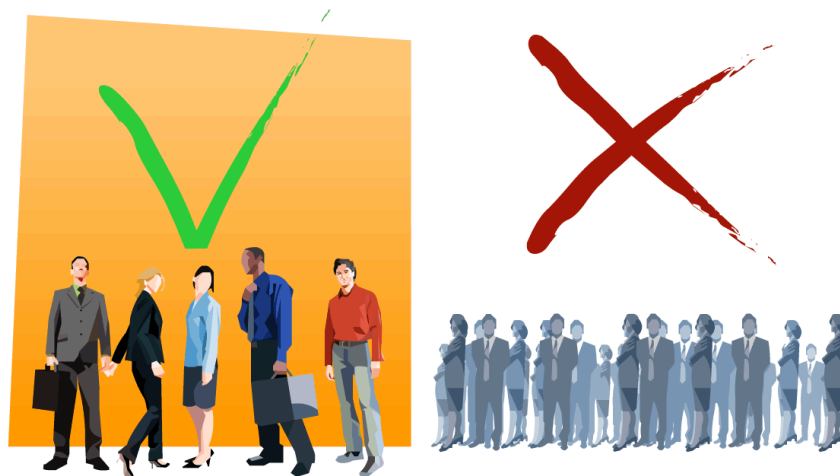
4 - SISTEMAS E ESTABILIDADE

Tudo parece demonstrar que um conjunto de pequenas unidades - ou sistema - é mais estável que uma só unidade grande. Por exemplo, prótons e nêutrons são as maiores unidades de partículas conhecidas que existem na natureza. Físicos já construíram, experimentalmente, partículas maiores em laboratório; mas elas eram tão instáveis que, em sua grande maioria, se desintegravam em menos de um bilionésimo de segundo. Similarmente, átomos maiores que o de determinado padrão tornam-se cada vez mais instáveis. O Urânio, o elemento natural mais pesado existente, é radioativo porque seus átomos estão constantemente dividindo-se em átomos menores, que são mais estáveis; é processo que gera radiação. Elementos construídos artificialmente, como o Plutônio, que é muito mais pesado que o Urânio, são muito mais instáveis. Uma enorme célula, a partir de determinado tamanho, iria simplesmente morrer sufocada, incapaz de mover oxigênio e, comida pelo seu corpo, de eliminar dejetos em tempo suficiente para permanecer viva.



11

Tal se aplica a um animal gigantesco: algo maior que um dinossauro gastaria muito tempo procurando alimento suficiente para manter-se vivo e teria incalculáveis dificuldades para coordenar o seu volume corporal. É fácil, igualmente, prever como isso funcionaria nas organizações sociais. Um grupo de cinco pessoas pode trabalhar junto, como equipe; mas um grupo de cinco mil pessoas teria dificuldades de produzir qualquer coisa útil, sem dividir-se em pequenos grupos de trabalho e organizar algum meio de comunicação entre eles.



12

Convém lembrar que um sistema é conjunto de componentes que interagem entre si, para funcionar como um todo. A palavra-chave é "**interação**". Se um componente tem efeito sobre os demais do sistema, e o sistema, como um todo, age sobre esse componente, então um relacionamento "circular" - ou loop - foi gerado.

Por exemplo, o ciclista e sua bicicleta formam sistema simples de dois componentes. Combinados, eles podem realizar peripécias que nem o ciclista nem a bicicleta poderiam fazer separadamente. Além disso, suas ações têm influência sobre o comportamento da bicicleta; o comportamento da bicicleta tem influência sobre as ações do ciclista.



13

No momento, é importante pensar que, o sistema ciclista/bicicleta, mesmo sendo simples, cria estabilidade em situações normalmente instáveis. Se o ciclista subir o morro em sua bicicleta e não corrigir, por exemplo, a própria postura, nem ele nem a máquina permanecerão estáveis por muito tempo. Na realidade, se suas ações forem erradas, ele acabará caindo ao solo.

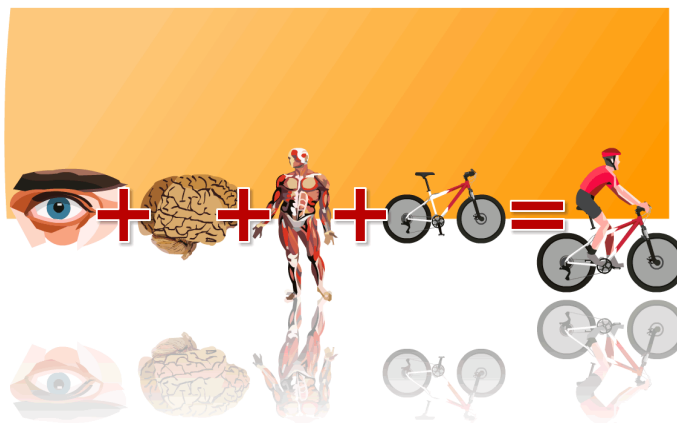


Quando o piloto dirige seu veículo com cautela, constantemente fará pequenos ajustes para corrigir as imperfeições do caminho e manter o equilíbrio do seu meio de transporte. Se a bicicleta se inclina ou desvia indevidamente, ou se vai muito depressa, ele desenvolverá ações para retomar o equilíbrio e manter a máquina no curso correto, em processo contínuo. De fato, mesmo quando parece estar pilotando a bicicleta com desenvoltura, na realidade ele realiza uma série de pequenos ajustes, inclinando o corpo para um lado e para outro, a fim de que a bicicleta mantenha seu curso. Para perceber tal padrão de comportamento, seria necessário observar o ciclista em câmera lenta ou alguém que esteja começando a aprender a andar sobre duas rodas. A observação tornaria os "ajustes" mais visualmente óbvios.

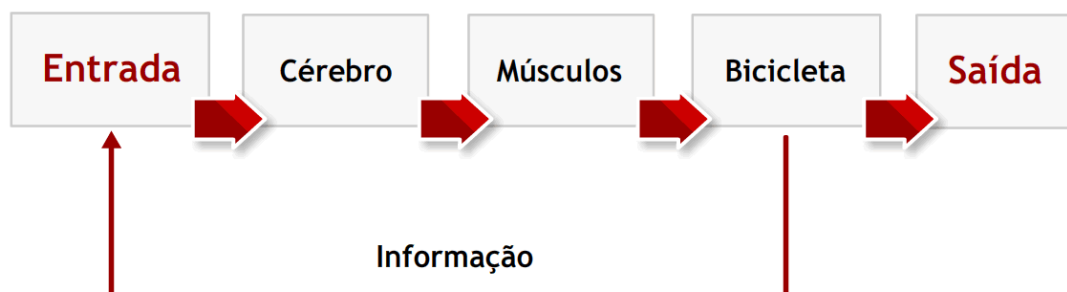
14

Para pilotar uma bicicleta apropriadamente, necessita-se de informação sobre como ela é e o modo como se comporta, o que só é possível por meio dos olhos, ouvidos e músculos. Sem esse fluxo contínuo de informações, é difícil - senão impossível - pilotar o veículo. Pense como seria difícil realizar esse processo com os olhos vendados.

Abaixo, pode observar-se como o sistema seria diagramado:



Em outras palavras, o cérebro "diz" aos músculos o que fazer; os músculos, por sua vez, empurram a máquina, que responde movendo-se. A "**entrada**" é a informação que levou à decisão de usar os músculos, e a "**saída**" do sistema é o movimento do ciclista e o da bicicleta. Mas, depois que se colocou o sistema em movimento, existe uma nova situação que disponibiliza novas informações a serem processadas pelo cérebro. Em outras palavras, nova linha pode ser adicionada ao diagrama anterior.



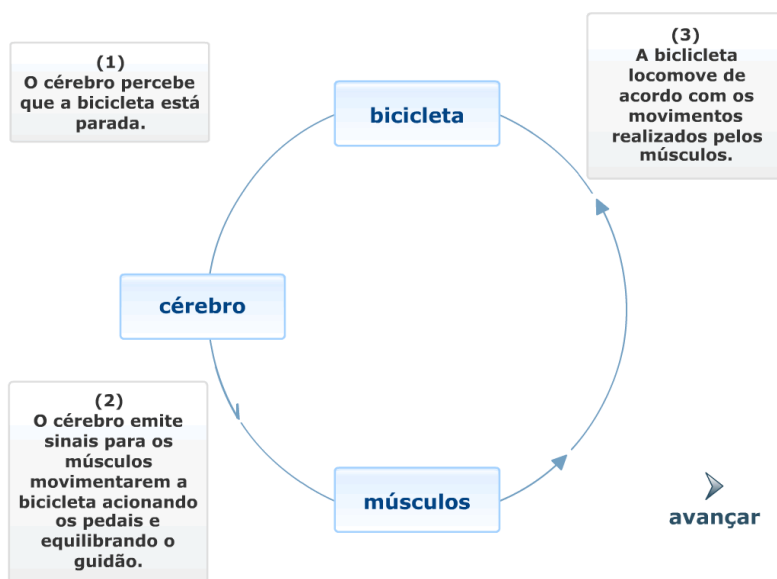
15

Assim, a informação na saída alimenta a entrada do sistema formando um *loop* ou ciclo. Tal informação é denominada *feedback* (ou retroalimentação), e o sistema diagramado anteriormente chamado de "*feedback*", "*loop*" ou ciclo de retroalimentação.

Observar-se que o *feedback* provê estabilidade ao sistema. O cérebro recebe informações sobre o comportamento atual do veículo e compara com o que deveria ser. Se existe diferença entre os dois, por algum motivo - seja porque houve pequeno erro ou porque o ambiente mudou (o tipo de terreno, por exemplo) - o cérebro "avisa" os músculos sobre as correções necessárias, trazendo o sistema ao curso normal.



Como essa espécie de sistema age para "cancelar" ou "negar" mudanças no conjunto é denominado de loop de feedback negativo ou ciclo de retroalimentação negativo.



Infelizmente, a expressão "*feedback* negativo" é, algumas vezes, usada indevidamente, como sinônimo para crítica, particularmente na educação. Quando se fala no assunto, é bom manter em mente que "*feedback* negativo" não é necessariamente bom nem ruim. Trata-se, simplesmente, de processo que "nega" mudanças ou perturbações no sistema. A idéia de "*feedback* negativo" é extremamente importante para compreenderem-se os sistemas em nosso ambiente. Como será mostrado nos próximos módulos, os loops de feedbacks negativos ocorrem aos milhares, dentro e ao redor de nós.

16

RESUMO

Para tentar compreender como as situações funcionam, os cientistas sempre se preocuparam mais em estudar as partes do que em compreender os padrões de funcionamento propriamente ditos. A idéia de

que algo não é nada mais do que a soma de suas partes é perigosa; seria o mesmo que dizer que não há diferença entre uma casa confortável e uma pilha de móveis e materiais de construção.

No início da década de vinte do século passado, um grupo de pesquisadores iniciou um estudo sério sobre os padrões e as maneiras pelas quais as diferentes partes do sistema estavam organizadas. E fizeram uma descoberta excepcional: não importa o quão diferente pareçam ser os componentes de um sistema, eles se organizam sempre de acordo com as mesmas regras.

Esse novo campo, denominado "Teoria Geral de Sistemas - TGS", teve impacto grande e imediato. Ele revolucionou muitos campos da ciência e teve grande influência em nossas vidas; ainda mais que muitas pessoas jamais tinham ouvido falar do assunto.

Um sistema pode ser definido como o conjunto de componentes organizados, em constante interação e orientados a determinado objetivo. Isso é o que se deseja explicar quando se diz que um sistema funciona como um todo integrado. Seu comportamento depende de toda a estrutura e não do comportamento dos diferentes componentes.

Isso remete a questão lógica: se os componentes de um sistema trabalham juntos como uma unidade, por que um sistema não poderia ser componente de outro sistema? Ele certamente pode ser parte de um sistema ainda maior. Nesse caso, seria subsistema. E o sistema maior, naturalmente, pode ser subsistema de outro sistema de maior amplitude.

Tudo indica que o conjunto de pequenas unidades é mais estável que uma única unidade grande. É possível explicar-se isso porque os sistemas são constituídos de vários componentes, e não de um só componente gigantesco. As organizações sociais se comportam de forma semelhante: o trabalho em equipes de cinco pessoas normalmente é muito mais eficiente do que equipes constituídas de números superiores.

A palavra que define os relacionamentos entre os componentes de um sistema é "**interação**". Se um componente do sistema tem efeito sobre o resto do sistema, e o sistema, como um todo, tem efeito sobre esse componente, então o relacionamento circular ou *loop* foi criado. Os *feedbacks* que agem no sentido de negar as mudanças no sistema, promovendo a estabilidade, são chamados de *feedbacks* negativos.

UNIDADE 1 – INTRODUÇÃO AO PENSAMENTO SISTÊMICO

MÓDULO 3 – PADRÕES DE COMPORTAMENTO DOS SISTEMAS

01

1 - SISTEMAS ATIVOS

Os *feedbacks* negativos são universais e fazem com que diferentes sistemas se comportem da mesma forma. O presente módulo vai analisar alguns deles, para ter idéia melhor do que observar, quando o objeto de estudos fizer algo ao nosso redor.

É importante, sobre a auto-estabilização dos sistemas, que eles assumam postura ativa ante às mudanças, ou seja, que eles não se fechem e ignorem as mudanças que os atingem. O atleta que montar sua mountain bike e for passear por uma trilha cheia de obstáculos, a bicicleta não vai fazer nada para aumentar sua estabilidade.



Ao deparar-se com uma descida íngreme e cheia de pedras, a bicicleta (com o ciclista) poderá se descontrolar e cair. Se o piloto for habilidoso, entretanto, saberá como enfrentar os obstáculos, agindo com eficiência para manter a estabilidade da máquina. Outros sistemas se comportam da mesma maneira, reagindo contra as mudanças.

Tipo de bicicleta projetada para percorrer terrenos de terra irregulares (trilhas).

02

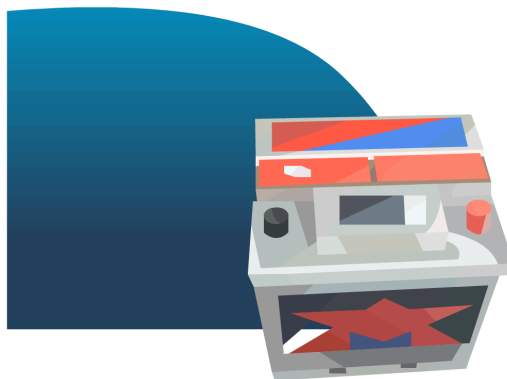
Contudo, resposta ativa a mudança exige o uso de energia. Algumas vezes, os sistemas obtêm energia de que precisam extraíndo-a das mesmas forças que tentam provocar a mudança.



Por exemplo, máquinas que aproveitam a energia eólica, como o cata-vento utilizam o próprio ar em movimento para pressionar-lhe a cauda, a fim de manter as hélices voltadas para o vento.

03

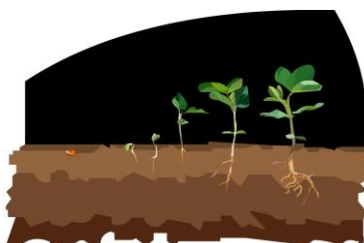
Outros sistemas obtêm energia de outros lugares e, boa parte deles, tem capacidade de armazenar parte dessa energia durante certo tempo. Seres vivos, por exemplo, obtêm energia da luz do Sol e dos alimentos, armazenando-a para uso posterior.



Por meios mecânicos, também, se pode armazenar energia. É o caso do botijão de gás, da eletricidade de uma bateria e da ligação a uma tomada que, por sua vez, está conectada ao sistema de armazenamento de uma empresa de eletricidade.

04

Quase todos os sistemas são ativos, em sentido importante: eles continuam funcionais e aptos a usar energia, mesmo quando não precisam responder a eventos do ambiente em que estão inseridos. Um carro e um ar-condicionado podem ser desligados por período de tempo e voltar a funcionar depois. O mesmo se aplica aos sistemas vivos. Algumas sementes podem aguardar durante décadas, até que as condições para germinar sejam ideais; animais microscópicos podem ser congelados e tornar suas funções ativas depois de certo período.



05

Porém muitos sistemas precisam permanecer ativos para não morrer. Quando dormimos, é como se estivéssemos trabalhando em "marcha lenta", porém não "desligados". Nosso coração continua a bater, nossa respiração fica mais lenta, nosso estômago continua a digerir os alimentos, nossos músculos se movem, nossas células continuam a executar suas complexas tarefas e nosso cérebro se mantém sob

constante atividade elétrica. E, quando acordamos, os estímulos do ambiente externo nos tornam completamente ativos novamente.



06

Como regra geral, por mais complexo que seja o sistema, a energia que despende é para manter a si mesmo e para realizar mudanças no ambiente. A minhoca emprega mais energia que um pé de repolho; o sapo gasta mais que a minhoca; o gato consome mais que o sapo.



O gato é, também, muito mais ativo na busca e geração de estímulos, empregando grande parte de energia para satisfazer sua curiosidade ou para brincar.

07

Mas o que foi dito é, também, válido para sistemas sociais? Parece que sim. Compare a economia de uma pequena cidade do interior - onde todos estão ocupados com seus próprios afazeres - com a de uma metrópole, com bancos, bibliotecários, contadores, professores, corretores, advogados, empresas, negócios e a profusão de produtos e serviços de lazer.



Compare a estrutura de segurança de um Estado, como o Rio de Janeiro, com a de um clube. Nos dois casos, os sistemas de maior complexidade têm de despender muito mais energia para processar informações e manter a si próprios. O clube pode fechar no fim-de-semana, enquanto o mesmo não pode ocorrer com a cidade ou o Estado.

08

2 - LIMITAÇÕES DOS SISTEMAS

Existem limites à quantidade e a tipos de mudança com os quais o sistema pode lidar. Uma espécie de falha ocorre quando fortes pressões (stress) permanecem atuando sobre qualquer sistema durante longo tempo, o que faz com que reservas sejam exauridas. Como exemplo, armazenamos energia em nossos corpos e a usamos gradualmente durante o decorrer do tempo. Se ficarmos em lugar quente por muito tempo, quase todas as nossas reservas de energia serão utilizadas e nosso sistema de controle de temperatura poderá entrar em colapso. Se, pelo contrário, estivermos em local frio, usaremos a energia para aquecer nossos corpos. Porém, se a energia se acabar e não formos rapidamente aquecidos, podemos perder a consciência e morrer. É a chamada "morte por exposição".

De modo similar, a temperatura de nosso corpo se manterá estável mesmo quando o ar estiver extremamente quente, mas... somente por curto período. Quando determinado limite é ultrapassado, nosso sistema de controle de temperatura pára de funcionar, deixamos de transpirar, e a temperatura do corpo sobe descontroladamente. Isso é denominado "choque térmico" e é fatal, a menos que providências imediatas sejam tomadas, no sentido de reduzir sua temperatura.



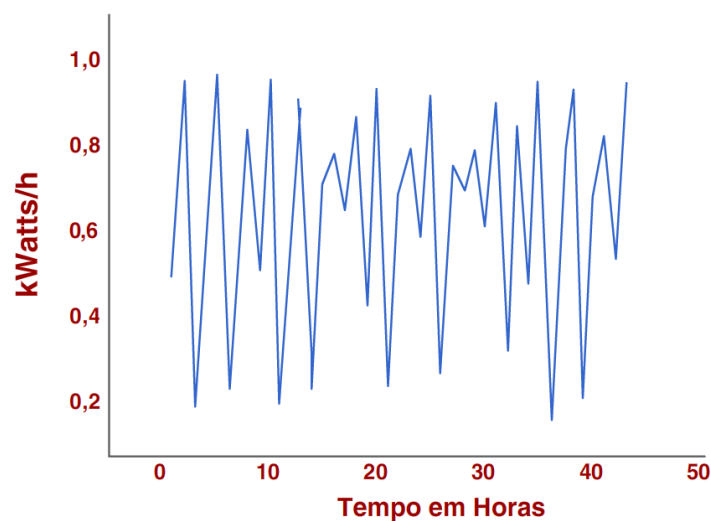
Muitos sistemas com feedback negativo são muito estáveis em grande número de situações, mas falham abruptamente quando exigidos além de seus limites. **É extremamente importante conhecer/reconhecer tais limites.**

09

3 - SISTEMAS POUCO PRECISOS

Outra característica de auto-estabilização dos sistemas é a de que o *feedback* negativo não prevê mudanças; apenas responde às modificações e tenta mantê-las sob controle. O resultado é um comportamento "oscilante", como se o sistema se dirigisse a determinado objetivo, perdesse o rumo, retomasse novamente a direção do objetivo, perdesse novamente o rumo e assim por diante. Em alguns casos, a oscilação é tão pequena que se torna praticamente impossível percebê-la; porém ela existe. Em outras situações, a oscilação é tão evidente que se tem a sensação de que o sistema não é preciso.

Gastos de Energia de uma Refrigerador

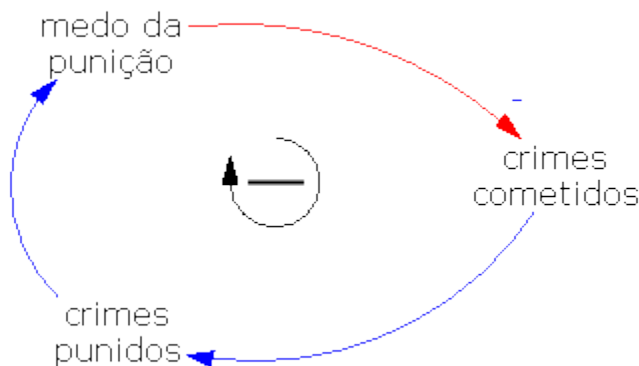


Sistemas pouco precisos não são necessariamente ruins: são normalmente mais baratos e mais robustos, mais capazes de lidar com grandes mudanças no ambiente que os de maior precisão. O termostato rudimentar pode manter a temperatura de um ambiente variando em dois ou três graus e custar por volta de trinta reais, enquanto um sistema super-preciso, para manter a temperatura de um laboratório variando poucos décimos de um grau, poderá custar três vezes mais. Outro exemplo pode ser realizado facilmente em sua casa.

Trace um círculo, utilizando compasso numa folha de papel. Em seguida, com tesoura, corte o círculo. Mais cedo ou mais tarde, à medida que o papel é cortado, verá que as lâminas da tesoura se desviam da linha tracejada pelo compasso. Quando isso acontecer é natural que você tente guiar as lâminas da tesoura ao curso original; porém, continuando os movimentos de retomada, pequenas arestas de papel restarão ao redor da linha do círculo. Se você desejar um trabalho de qualidade verá que é necessário muito mais esforço, concentração e tempo para realizá-lo. Mesmo assim, ao terminar, verá que sobraram mínimas, porém perceptíveis, arestas em volta do círculo.

10

Outro exemplo: como lidar com os altos índices de criminalidade em nosso meio social? De modo geral, espera-se que um crime seja cometido para depois caçar e prender os criminosos, na esperança de que a punição evite que os indivíduos cometam mais crimes. Essa ideia é reproduzida no diagrama a seguir:



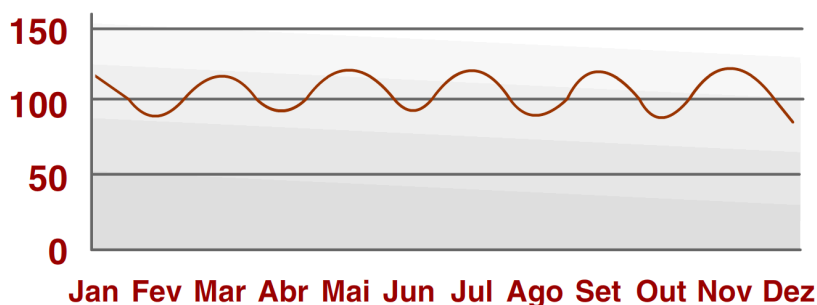
Conforme recomendação na introdução da unidade, diagrama este modelo no Vensim, analise a causalidade em cada ciclo e confira o feedback associado.

Não seria melhor prevenir os crimes de acontecerem? Mas, para tanto, seria necessário montar esquemas de segurança e vigilância para toda a sociedade. O custo seria altíssimo, e muitas pessoas reclamariam da perda de privacidade.

11

Isso não quer dizer que não existam *feedback* negativos mais eficientes; eles existem. Muitos sistemas aparentam ser pouco precisos, mas funcionam da maneira a mais eficiente possível.

Preço da saca de Café

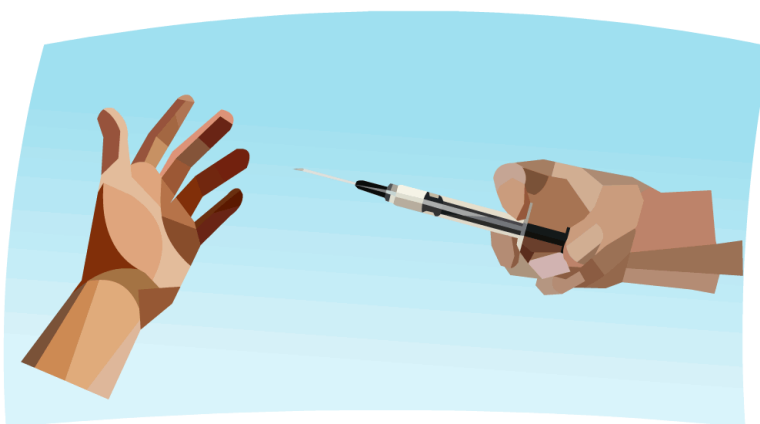


Nesses casos, o *feedback* negativo deixa sua marca em padrão de mudança/resposta... mudança/resposta... mudança/resposta e assim por diante. Todas as vezes que você encontrar essa espécie de comportamento cíclico (ou em zig-zag) num sistema, como o da figura, esteja certo de que há um *feedback* negativo atuando nele.

12

4 - TEMPO DE REAÇÃO

Os *feedbacks* negativos também têm certos limites que lhes afetam o comportamento. Um dos mais importantes é o "tempo de reação", que pode ser definido como a quantidade mínima de tempo para que o *feedback* complete um ciclo. Suponha, por exemplo, que alguém lhe espete o braço com algo pontiagudo. O tempo de reação, nesse caso, é entre a percepção da dor e o movimento de seu braço para colocar-se rapidamente fora do alcance do objeto pontiagudo.



O tempo de reação para o reflexo de dor é muito curto, poucos décimos de segundos. Algo mais complicado e menos urgente é a reação a um sinal de trânsito, que exige pensar conscientemente sobre a decisão a tomar. Alguns sistemas mecânicos, especialmente os eletrônicos, são dotados de tempos de reação muito curtos; outros são mais lentos. O ciclo de resfriamento de um ambiente pelo ar-condicionado é relativamente longo porque o ar frio demora a atingir o termostato. Um sistema social, em geral, tende a reações muito lentas. Uma empresa pode levar semanas ou meses para reagir a mudanças nos padrões de consumo. Os sistemas políticos, às vezes, demoram meses ou anos para reagir a modificações na política.

O tempo de reação é importante. Se for muito lento, transformações podem destruir ou danificar o sistema, antes que lhe seja possível responder. Quando representamos graficamente um ciclo, o momento de reação é o intervalo mínimo de sucessão entre cada uma das situações apresentadas e ligadas pelas setas. Desse modo, observando-se setas e estimando-se o intervalo, pode-se, na maioria das vezes, encontrar o menor período de tempo com o qual um sistema pode lidar.

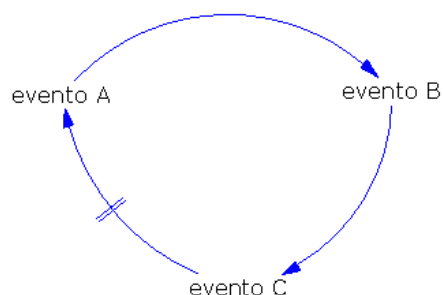
Para manter a integridade humana possuímos um dispositivo que abrevia o tempo de reação em situação de perigo. Utilizamos o ato reflexo para sairmos imediatamente de uma situação de perigo e, somente após, raciocinar sobre o que realmente afetou a nossa integridade.

Por exemplo, quando um bebê aproxima-se de uma vela acesa, sob ausência de conhecimento prévio, seu primeiro reflexo será retirar imediatamente a mão, para instantes após sentir a dor e depois aprender com as consequências negativas de sua atitude.



Os atos reflexos são movimentos involuntários comandados pela substância cinzenta da medula, antes dos impulsos nervosos chegarem ao cérebro.

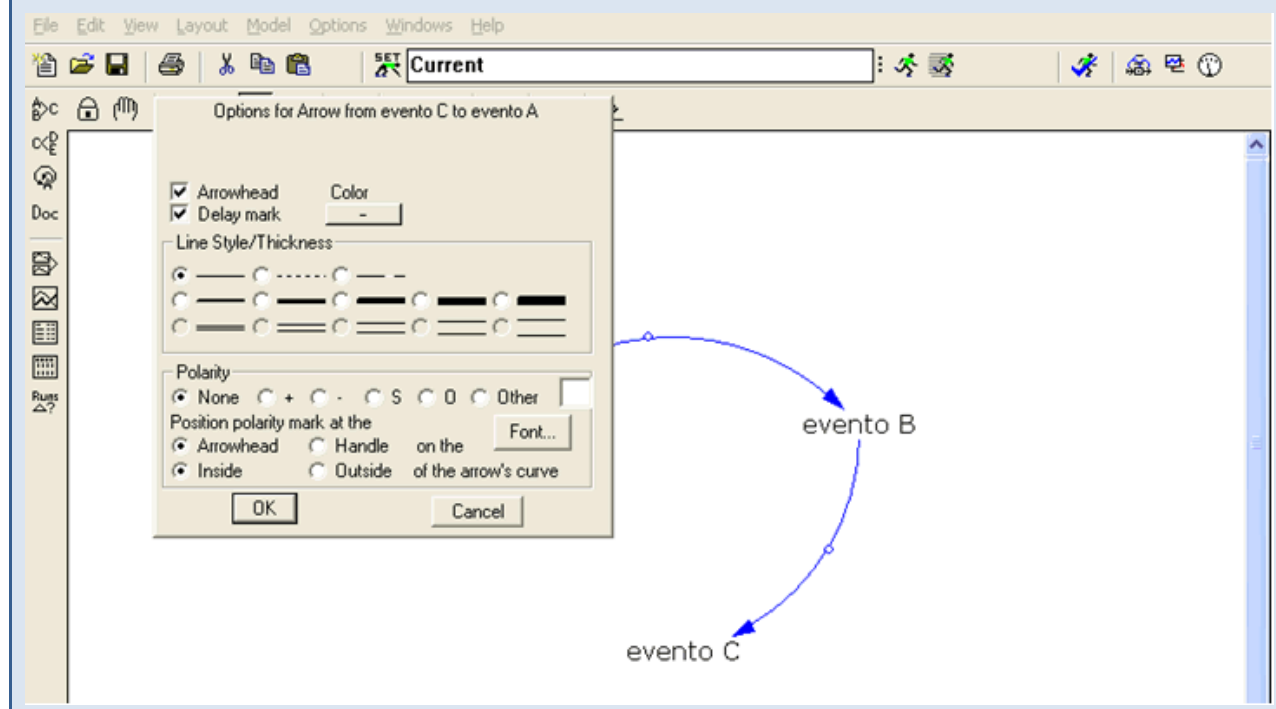
Se o tempo de reação entre dois eventos for maior que os demais eventos associados, temos que enfatizar o atraso existente. Por exemplos se “A” causa “B”, “B” causa “C” e “C” causa A com um tempo de reação superior aos eventos anteriores representamos esse atraso com duas retas paralelas que intersectam a seta.



Os atos reflexos são movimentos involuntários comandados pela substância cinzenta da medula, antes dos impulsos nervosos chegarem ao cérebro.

Representação do atraso no Vensim:

Clique com o botão direito do mouse na ponta da seta para representar o atraso e ative a opção delay mark.



15

5 – ANTECIPAÇÃO



Muita vez, os sistemas demoram a responder, apesar de perceberem as mudanças. Pode-se perceber um marimbondo e ignorá-lo até que ele tente dar uma picada, quando vem a reação de tentar matá-lo. Porém, se o problema for uma onça, tem-se de encontrar meio de dar uma resposta mais rápida e é possível que a mais rápida solução não livre da transformação em almoço.

16

Sistemas lidam com problemas como esse, reagindo a sinais do ambiente; ou seja, eventos que o alertam sobre determinado problema que pode acontecer. Antes que a onça ataque, você pode ter a oportunidade de vê-la, ouvir seu rugido ou sentir seu cheiro, fugindo o mais rápido possível. Isso é um *feedback* negativo, e o tempo de reação é importante. Porém o ciclo representado baseia-se mais no sinal de alerta do que no fato em si:



O **tempo de reação** no sistema representado na figura da esquerda tem 3 partes: o tempo para o sinal de dor atravessar os nervos após a picada do marimbondo, o tempo necessário para decidir qual a melhor resposta e o tempo para matar ou se livrar do marimbondo.

O **tempo de reação** no sistema representado na figura da direita tem três partes: do início do perigo até o primeiro sinal surgir, do sinal de perigo até a decisão de como reagir, e da decisão até o final da execução da ação referente à decisão escolhida.

17

Estar apto a reagir a sinais de perigo depende da sensibilidade dos sentidos (principalmente visão, audição, olfato) e da habilidade de interpretar as informações captadas. Isso permite evitar-se uma série de perigos; porém o fato de ter melhor cérebro do que sentidos sensíveis dá ao homem vantagem em relação aos animais.



Vamos realizar um experimento para avaliar o seu tempo de reação:

Imagine que você está dirigindo e está escutando a música que você mais gosta.

De repente, você vê um semáforo logo à frente há poucos metros do seu carro.

Você tentará pisar no freio e reduzir a velocidade de seu carro.

Mas, realmente há uma espera de tempo pequena antes de você pisar no freio (seu tempo de reação).

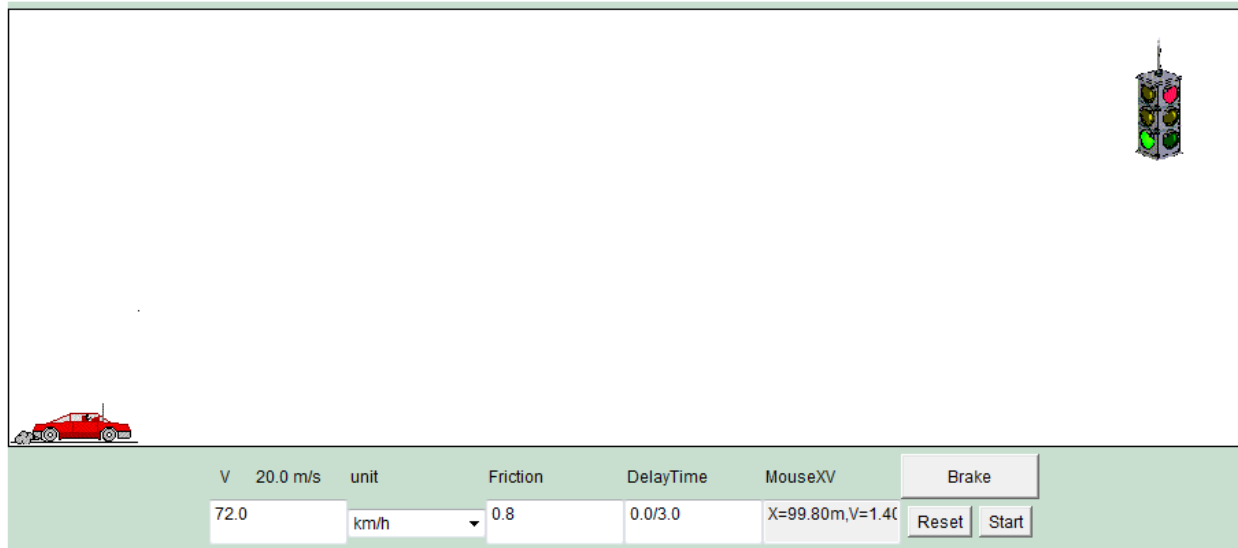
Durante aquele período de tempo, seu carro está movendo ainda à mesma velocidade.

Portanto se você não quer que algo MUITO RUIM aconteça, mantenha uma boa distância entre a frente de seu carro e a parte traseira do carro da frente...

Que tal praticar um pouco?

Tempo de reação é o lapso de tempo entre observação e o começo de resposta.

18



Clique em **Iniciar** para começar a animação. Clique em **Freio** para parar o carro.

A espera de tempo entre a luz vermelha e o momento em que você clica o botão de freio será mostrado no campo espera + freio.

Também são mostradas as distâncias que o carro percorreu.

Repita o experimento buscando reduzir seu tempo de reação (**Reajustar**).

Parâmetros que você pode mudar:

Velocidade inicial do carro: valor inicial é 72 km/h = 20 m/s.

Você pode selecionar a unidade para a velocidade (km/h, mile/h ou m/s).

Coefficiente de fricção de pneus na estrada: valor inicial é 0.8 (estrada seca), que pode ser alterado para 0.5 (estrada molhada) ou 0.02 (sob neve).

19

O mesmo processo pode ser usado para promover a estabilidade dos sistemas sociais. Se um país espera ser atacado para depois mobilizar suas defesas, pode se ver em sérios problemas.



Uma razão para que os sistemas tenham tempos de reação inadequados é que seus *feedbacks* negativos respondem mais aos problemas do que aos avisos sobre os problemas. Isso é particularmente verdadeiro para os sistemas políticos, quando fazem intervenções nos sistemas econômicos e ecológicos.

20

6 - SISTEMAS CONTRADITÓRIOS

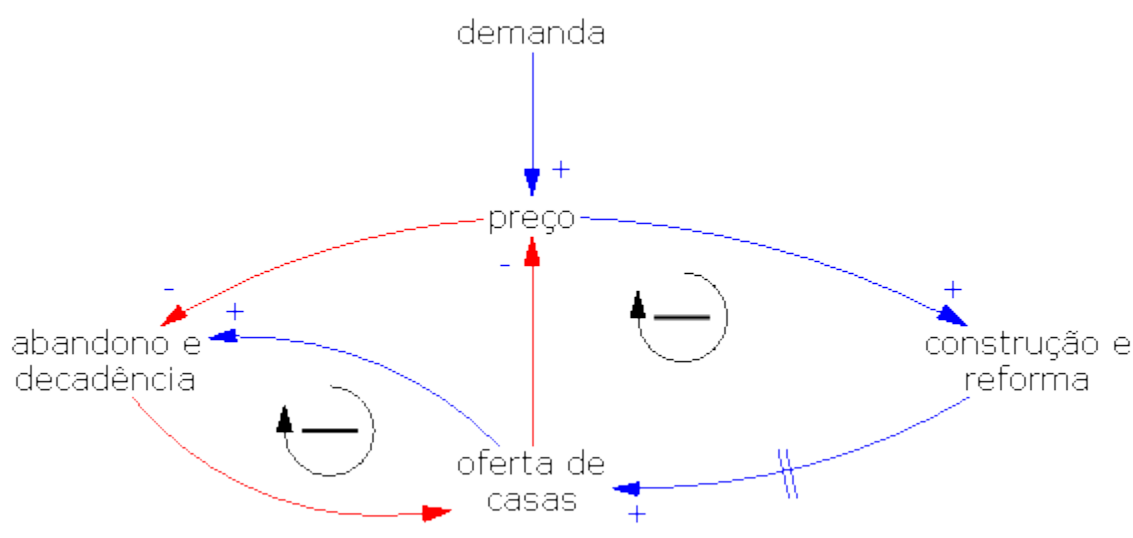
Os *feedbacks* negativos, muitas vezes, produzem comportamentos aparentemente opostos ao senso comum, contraditórios. No exemplo do relacionamento predador-presa, ao eliminar os cervos doentes, os lobos auxiliam na preservação da espécie que os alimenta. Uma situação semelhante acontece quando o agricultor tenta eliminar uma praga. Muitos insetos nocivos às lavouras possuem predadores que os mantêm naturalmente sob controle.



Infelizmente, muitos pesticidas matam as pragas e também os predadores. Desse modo, é muito provável que a praga retorne e não encontre predadores naturais, ocorrendo verdadeira "explosão" de insetos. O agricultor poderá, no caso, encontrar-se em situação pior do que antes.

21

Há muitas outras situações em que a solução de um problema parece óbvia, mas não funciona ou causa mais prejuízo do que auxilia. Como exemplo, suponha que várias pessoas resolvem mudar-se para mesma cidade do interior, devido à implantação de uma grande fábrica na região. De momento para o outro, a cidade assiste à chegada de pessoas procurando por um lugar para morar, sem que existam casas disponíveis, o suficiente. Proprietários de imóveis alugam as suas casas por preços cada vez maiores e o arrendamento passa a ser visto como negócio muito lucrativo, o que leva as pessoas a investirem suas economias na construção ou reforma de casas para aluguel. Por um momento, os custos de moradia permanecerão altos, o que não é bom; porém, assim que a oferta de novas casas aumentarem, o preço dos aluguéis tende a cair.



Conforme recomendação na introdução da unidade, diagrame este modelo no Vensim, analise a causalidade em cada ciclo e confira o feedback associado.

22

Entretanto, pessoas com visão de curto prazo podem pressionar as autoridades e exigir que elas façam "alguma coisa". Os políticos decidem, então, que o melhor é redigir uma lei para controlar o preço dos aluguéis, mantendo-os em patamares inferiores. Esse controle da locação, contudo, fará com que as pessoas deixem de usar suas economias para construir e reformar; é possível mesmo que abandonem a manutenção dos imóveis existentes.



Resultado é menor oferta de casas para moradia que poderá afetar inclusive a implantação da fábrica no município. Exemplos são os chamados "Plano Cruzado" e "Plano Verão", com os quais o governo brasileiro tentou por duas vezes controlar os preços das mercadorias; foram os chamados choques heterodoxos. Não se trata de defender, ou não, a liberalidade dos mercados, a intervenção ou não do Estado na economia, mas de demonstrar que soluções "óbvias", de curto prazo e sem avaliação sistêmica de seus efeitos, normalmente são perigosas, podendo causar prejuízos a muitas pessoas e ao próprio sistema.

23

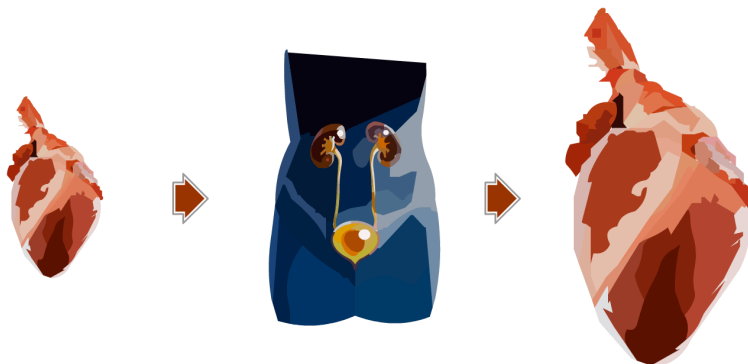
Outro exemplo é que milhões de pessoas em todo o mundo sofrem de "pressão alta". A pressão sangüínea, em condições normais, é controlada por um *feedback* negativo que a deixa entre os parâmetros considerados normais. Quando se sente medo, o sangue produz substâncias químicas que alteram o controle, fixam parâmetros superiores para a pressão. É algo parecido com ajustar o termostato do ar-condicionado para que a temperatura do ambiente se eleve. Quando o indivíduo entra em relaxamento, sua pressão retorna ao patamar normal, mais seguro.



Algumas vezes, entretanto, fatores externos fazem com que esse mecanismo regulador da pressão se altere, e a pressão permaneça alta. Isso ocorre em processo de stress intenso e constante, alimentação inadequada, sedentarismo, álcool e fumo. Quando tal acontece, o problema poderia ser resolvido com a eliminação dos fatores causadores, o que muitos médicos chamam de "mudanças nos hábitos de vida", ou pelo consumo de remédios reguladores da pressão.

24

O corpo dispõe de muitos outros sistemas que podem afetar a pressão do sangue. Um deles envolve os rins, que retiram do sangue produtos nocivos ao organismo. Se uma quantidade suficiente de sangue não passar pelos rins, pode ocorrer envenenamento pelo próprio sangue. Para evitar que isso aconteça, um dos mecanismos de ação que o corpo utiliza é aumentar a pressão sanguínea, de modo que sangue suficiente seja filtrado pelos rins.

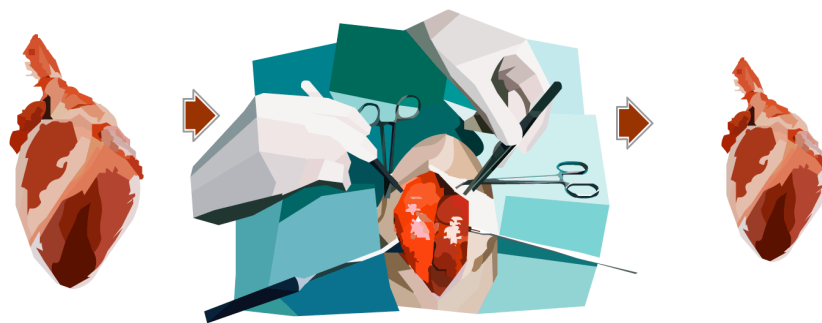


Considere agora a hipótese de que alguma coisa dificulta a passagem do sangue nas artérias que o conduzem aos rins. O efeito é parecido com a dobra na mangueira utilizada para regar um jardim: o fluxo de água (ou sangue, no caso) se reduz. A reação do corpo será aumentar a pressão para que sangue suficiente chegue até os rins, o que poderá causar outros problemas, embora mantenha a pessoa viva.

25

Imagine o que acontece quando o portador de pressão alta procura o médico. Uma vez que o problema é pressão arterial elevada, a solução óbvia será dar a essa pessoa algum medicamento para reduzi-la. O remédio reduz a pressão mas, ao mesmo tempo, faz com que o fluxo de sangue para os rins seja diminuído, fazendo aumentar a concentração de elementos tóxicos no sangue, o que leva a pressão da pessoa voltar a aumentar novamente. Se o médico decide dar à pessoa uma dose ainda maior do medicamento, isso fará com que o corpo reaja com mais intensidade, gerando verdadeira "guerra" entre ele e o medicamento. Se o remédio vencer, a pessoa poderá morrer envenenada pelo seu próprio sangue.

Imagine, agora, que o médico tenha noções de efeitos sistêmicos e procure saber o motivo pelo qual o medicamento não está fazendo efeito. Por meio de uma tomografia, ele localiza estreitamento na artéria renal que é retirado cirurgicamente, fazendo com que o paciente retorne à vida normal.



É muito importante enfatizar esse ponto: **se uma solução óbvia não está funcionando é porque o *feedback* negativo do sistema está atuando no sentido de cancelar a intervenção externa.**

De fato, como foi relatado, a solução óbvia pode fazer com que as coisas piores ainda mais. Lembre: se tentar mudar determinada situação controlada por um *feedback* negativo, é muito melhor tentar mexer na maneira com que os componentes interagem no sistema do que apelar para a força bruta, gerando "guerra". Porém isso pressupõe que se conheça primeiramente tanto o sistema quanto o seu funcionamento.

26

7 - SISTEMAS OCULTOS

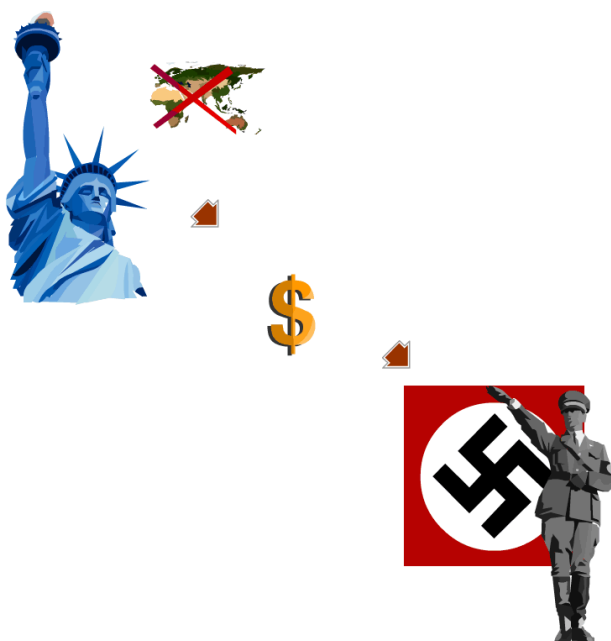
Mesmo que se compreenda como o *feedback* negativo atua, algumas vezes é muito difícil prever como determinado sistema vai reagir à mudança, porque os *feedbacks* negativos podem estar ocultos à nossa visão de mundo. Os habitantes de um vilarejo, na África, tiveram problemas com os hipopótamos que vinham de um rio próximo e comiam seus jardins. Mas, quando eles mataram tais hipopótamos, muitos dos habitantes ficaram doentes. Ninguém conseguiu entender o motivo, até que um cientista local descobriu a correlação.



A doença era causada por um organismo que proliferava no musgo, ao longo do rio. Quando os hipopótamos caminham sobre o musgo eliminam grande parte dos ovos desse organismo, mantendo-lhe a população sob controle. Quando os hipopótamos se foram, o organismo pode se reproduzir livremente, com desastroso efeito sobre a saúde da população.

27

Outro exemplo, que causou prejuízos a milhões de pessoas, ocorreu nos Estados Unidos, em 1929, quando o Congresso americano decidiu impor pesadas tarifas aos produtos estrangeiros. Os investidores começaram a vender rapidamente suas participações (ações) em empresas que dependiam direta ou indiretamente de importações e exportações. Esse procedimento, conhecido como "Ato das tarifas", ajudou a disparar o gatilho que levou à terrível crise econômica daquele ano.



As pessoas não faziam a ligação entre os dois fatos, embora as notícias estivessem espelhadas nas capas dos principais jornais. Se o "Ato das tarifas" ajudou na quebra da economia, essa poderá ter sido uma das piores decisões da história, pois levou à chamada "Grande Depressão" que, por sua vez, ajudou Hitler a tomar o poder na Alemanha, resultando, diretamente, na Segunda Grande Guerra Mundial. Conexões como essas, ligando o livre comércio à estabilidade econômica e política, são difíceis de serem percebidas.

28

8 - SISTEMAS VULNERÁVEIS

Mesmo o mais obstinado *feedback* negativo é usualmente vulnerável a fatos que interferem nas informações passadas por meio de seu ciclo. Por exemplo, uma brisa tão suave, que não seja nem

mesmo percebida, pode fazer com que um ciclista perca o equilíbrio se ela atingir seus olhos com poeira. Ao forçar o ciclista a fechar os olhos, a brisa reduz o fluxo de informações para o cérebro, colocando o sistema em pane, independentemente de quão forte seja o ocupante da bicicleta. De maneira similar, venenos que atacam o sistema nervoso de um ser humano são potencialmente letais, porque atacam o sistema de comunicação do organismo.



A censura à imprensa é perigosa para a democracia, pela mesma razão: ela perturba o fluxo de informações de que as pessoas necessitam para tomar decisões inteligentes.

Entretanto, essa vulnerabilidade pode ser usada de maneira proveitosa, quando o objetivo é mudar a maneira como um sistema está reagindo. Se soluções óbvias não funcionam, é bom localizar os *feedbacks* negativos que causam problemas, a fim de encontrar uma maneira de, indiretamente, mudar seu comportamento.

29

Imagine que está hospedado num quarto de hotel com ar-condicionado e, durante a madrugada, ao tentar diminuir a intensidade do ar frio, que está lhe incomodando, o controle de temperatura se quebre. Você desliga o aparelho, porém, minutos depois, o quarto fica tão quente que é impossível dormir. Uma aparente solução seria ligar o ar-condicionado até o ambiente esfriar o suficiente e, em seguida, colocar um saco de plástico com pedras de gelo em cima do termostato e desligá-lo. O frio extra faria com que o termostato permanecesse desligado até o completo derretimento do gelo, quando então voltaria a funcionar, tendo em vista que o ambiente teria se aquecido novamente.

Muito bem! Essa é uma solução pouco prática e difícil de ser controlada. Porém é clara a vulnerabilidade do sistema: acrescentar-se-ia frio ao sistema para o ambiente não esfriar! Da mesma forma, se o ambiente estivesse muito aquecido, seria possível colocar uma lâmpada quente do abajur próximo ao termostato e, novamente, a vulnerabilidade seria contraditória: adicionar-se-ia calor ao sistema, para esfriar o ambiente!

30

O agricultor poderá usar proteção semelhante para solucionar seus problemas de praga na lavoura. Quando ele tenta solucionar o problema com pesticidas, acaba matando também os predadores; as pragas retornam com maior intensidade. Qual poderia ser, então, a solução sistêmica para o problema?

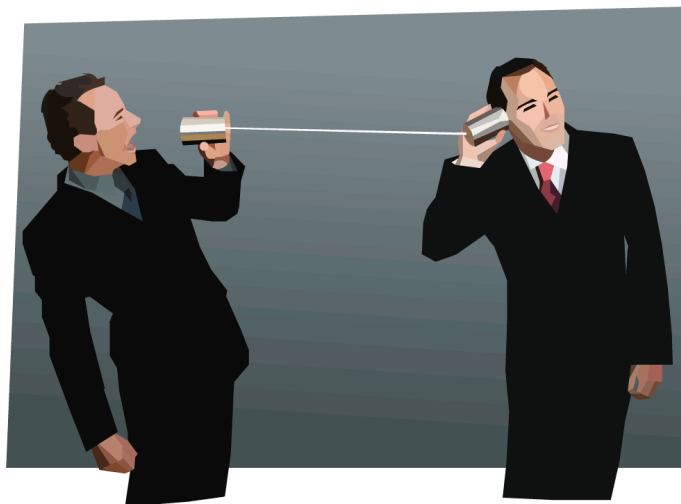
Controlar as pragas, aumentando indiretamente o número de predadores, é uma das soluções buscadas por muitas pessoas.



Para tanto, convém construir abrigos para pássaros que comem determinados tipos de insetos. Poderia ser solução coletar louva-deuses e joaninhas e colocá-los nas hortas e jardins. Esses dois insetos comem muitas outras espécies de insetos que se alimentam de verduras e outras plantas.

31

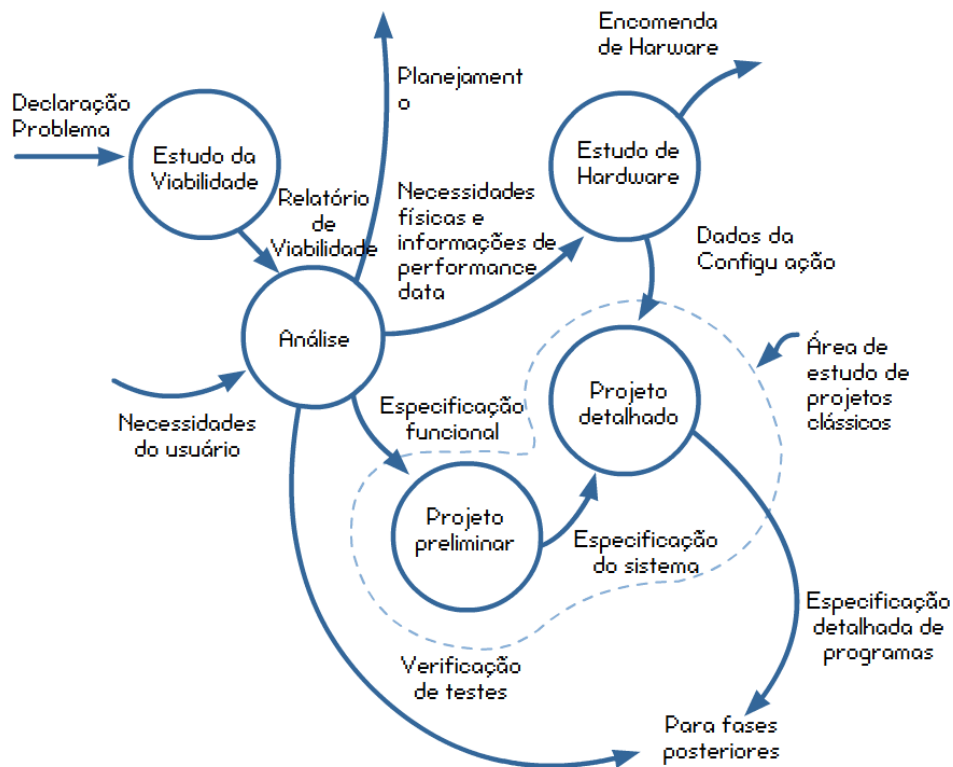
Concluindo, é conveniente salientar a importância da abordagem analítica dos problemas de sistemas. Sem essa análise, pessoas que tentam solucionar problemas ou improvisar resultados muitas vezes encontram "soluções" que não funcionam ou que pioram ainda mais a situação.



Desde que as soluções parecem lógicas, à luz da filosofia cartesiana, surpreende quando elas não funcionam e, usualmente, acabam por intensificar ações contra o sistema. A frustração pode dizer que o sistema é basicamente ruim ou utilizar de violência contra ele. Há quem acredite que o mundo conspira contra as soluções.

32

Pensadores sistêmicos, por sua vez, compreendem que todos os sistemas estáveis possuem, por definição, meios de resistir às mudanças. Em vez de simplesmente irem contra o sistema, eles o estudam cuidadosamente para compreender os *feedbacks* negativos e onde o sistema é vulnerável.



Uma solução sistêmica pode ser difícil, até mesmo para outras pessoas entenderem; mas causa menos danos e é muito mais satisfatória.

33

Os Sistemas contraditórios, ocultos ou vulneráveis são as essências do pensamento sistêmico. Existem diversos exemplos na literatura comprovando que raciocínio reducionista ou a análise parcial de uma realidade pode gerar efeitos inesperados, devido aos *feedbacks* ignorados.

Uma notícia publicada pela BBC, a câmara Flintshire, do País de Gales, resolveu substituir o sal, habitualmente utilizado nas estradas para ajudar a derreter a neve e aumentar o atrito, por uma mistura à base de açúcar e cereal que reduziria a corrosão nos veículos. Ora tudo estava bem até que as ovelhas,

que abundam na região, decidiram que a estrada era saborosa demais para ser ignorada e nem se afastavam com o aproximar dos carros. E quem as pode culpar?



Os olhares acusadores deveriam ser dirigidos para quem teve esta brilhante idéia sem ter pensado seriamente nas conseqüências e no impacto nos outros elementos do sistema...

BBC: Sweet-toothed sheep block roads

Sweet-toothed sheep are hampering attempts to defrost icy roads - by eating the sugar-based grit. Flocks of sheep have been spotted licking the roads on Halkyn mountain, Flintshire, since the council began using a sugar base to help grit stick.

Local resident Elfed Evans said the animals were refusing to move for traffic as they tucked in to the treat.

Flintshire council said sheep were also attracted to salt grits, which are more corrosive than the new sugar variety.

The new type of grit is made from sugar, starch and cereal.

Resident Elfed Evans said he had spotted dozens of sheep licking the grit off the road during the recent cold snap.

He added: "As soon as the gritter goes past they converge on the road licking off the grit.

"The sheep seem to be addicted to the sweet salt and refuse to move when cars approach."

Cost-effective

A spokesman for Flintshire council said they were aware of the situation.

He added: "The environmental advantages of using this product is that it is less corrosive to vehicles and the road infrastructure generally.

"The current operational procedures used in Flintshire have identified that the use of this product is cost-effective, particularly when used in conjunction with our storage and spreading facilities.

"We note the concerns in relation to the sheep on Halkyn Mountain and traffic, but it is known that they can also be attracted to the taste of the basic rock salt."

34

RESUMO

- Algo importante sobre a auto-estabilização dos sistemas é que eles assumem postura ativa perante as mudanças; ou seja, não se fecham e ignoram as mudanças ao redor deles. Contudo uma resposta ativa à mudança exige o uso de energia. Os sistemas buscam energia de diferentes fontes; algumas vezes, das próprias forças que tentam modificá-los.
- Os sistemas têm limites: às vezes, a quantidade ou o tipo de mudança pode levar o sistema ao *stress*. É extremamente importante conhecer esses limites, para evitar pane nos sistemas, gerando prejuízos.
- Sistemas pouco exatos não são necessariamente ruins. Pelo contrário, são mais baratos, robustos e capazes de lidar com grandes mudanças no ambiente do que os mais precisos.
- O tempo de reação dos sistemas é muito importante. Se for muito lento, mudanças podem destruir ou danificar o sistema, antes que ele possa reagir.
- A antecipação é ferramenta que os sistemas usam para proteger-se. Isso envolve atenção o tempo todo, aos sinais do ambiente em que estão inseridos. A antecipação permite que os sistemas possam reagir, antes que problema potencial surja.
- **Se uma solução óbvia não está funcionando é porque o *feedback* negativo do sistema está atuando no sentido de cancelar a intervenção externa.** A solução óbvia pode fazer com que as coisas piorem. Lembre-se: se tentar mudar uma determinada situação controlada por um *feedback* negativo, é muito melhor tentar mexer na maneira com que os componentes interagem no sistema do que apelar para a força bruta.

- Alguns sistemas têm comportamento aparentemente contraditório. Desse modo, é importante conhecer-lhes muito bem o comportamento, antes de intervir neles.

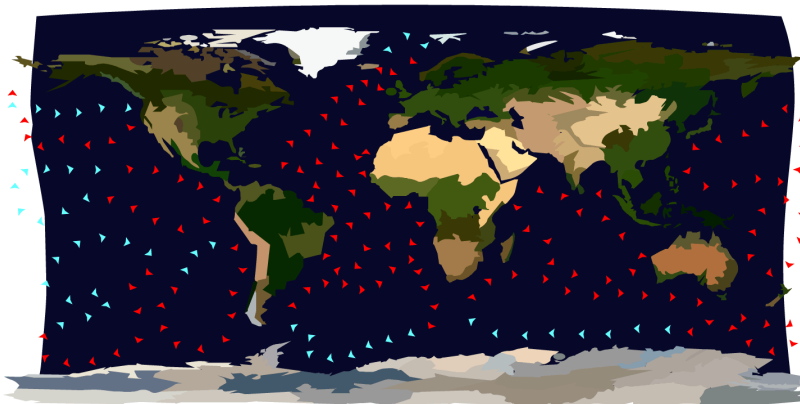
UNIDADE 1 – INTRODUÇÃO AO PENSAMENTO SISTÊMICO

MÓDULO 4 – ESTABILIDADE DOS SISTEMAS

01

1 - INTRODUÇÃO

O mundo ao nosso redor é repleto de mudanças. O ambiente físico da Terra está em constante mudança de temperatura, de radiações, de velocidade dos ventos, de transformações químicas e outras. Qualquer sistema que pretenda sobreviver tempo suficiente para ser importante componente da área ambiental, deve ter a habilidade de lidar com qualquer tipo de mudança e sobreviver a ele. Todos os sistemas desenvolvem habilidades auto-estabilizantes por meio dos *feedbacks* negativos.

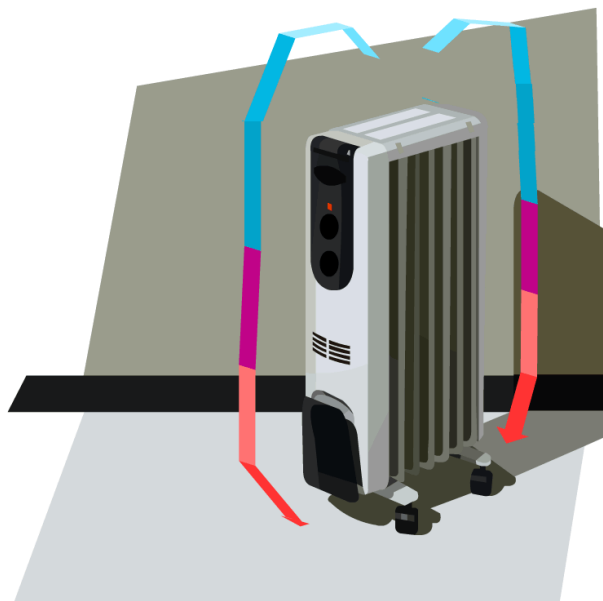


Os *feedbacks* negativos encontram-se em todos os lugares; são parte do ambiente natural e social. Dar-se conta de como eles trabalham, constitui ferramenta que ajuda a compreender toda espécie de sistemas. É caminho que facilita o entendimento de como eles funcionam a observação de exemplos oriundos de diferentes sistemas. Assim, é possível estudar princípios ou regras que podem ser aplicados a todos os sistemas com *feedback* negativo.

02

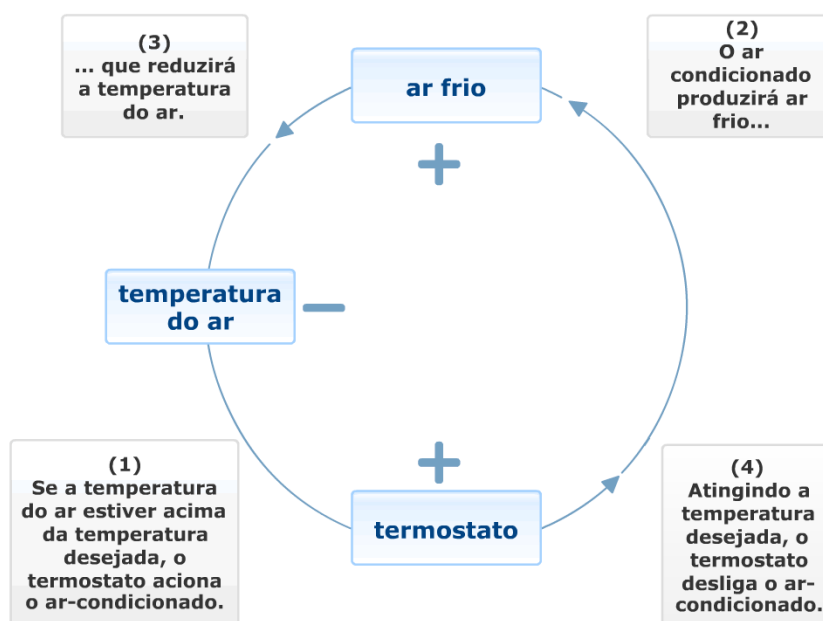
2 - TERMOSTATO

Mecanismo analógico dos mais comuns e que apresenta *feedback* negativo é o sistema de resfriamento de muitas residências e edifícios. Quando a temperatura é estabelecida no termostato (as chaves do ar-condicionado regulam a intensidade de frio e da corrente de ar) o sistema ordenará a temperatura do ambiente, tão próxima do desejado, quanto possível. Se a temperatura cai abaixo do desejado, o sistema poderá desligar ou diminuir o resfriamento do ar, permitindo o aquecimento.



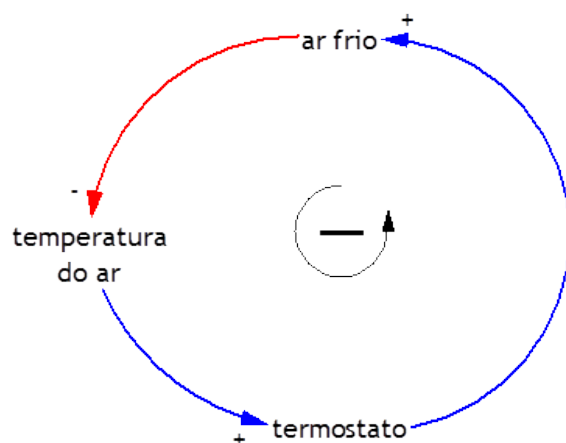
03

No caso oposto, se a temperatura encontra-se acima do nível desejado, o sistema poderá intensificar a dispersão de ar frio no ambiente. Diagrama do *feedback* negativo é apresentado a seguir



Seguindo as setas, o diagrama sugere que o ar frio controla a temperatura do ambiente, que por sua vez controla o termostato e o termostato controla o ar frio. O sinal de negação no meio do diagrama, indica

o *feedback* negativo, ou seja, que mudanças no sistema serão eliminadas - o aumento da temperatura do ar é seguido pelo aumento da intensidade do nível de ar frio, para resfriar o ambiente e vice-versa.



Conforme recomendação na introdução da unidade, diagrame este modelo no Vensim, analise a causalidade em cada ciclo e confira o feedback associado.

04

Tal sistema responde automaticamente às mudanças no ambiente. Mas, o que acontece nos dias de inverno?

Imagine temperatura excepcionalmente baixa. Nesse caso, ar-condicionado não pode fazer absolutamente nada para tornar o ambiente mais agradável. Suponha que se possa adicionar um aquecedor ao ambiente e conectá-lo ao mesmo termostato do ar condicionado. Em seguida, se definir a temperatura inferior em torno de 21º C e, a superior, em 23º C. O termostato ligaria o aquecedor quando a temperatura baixasse de 21º C e, caso ultrapassasse os 23º C, desligaria o aquecedor e ligaria o ar-condicionado.



Isso levaria a ter, em vez de um sistema unidirecional de resfriamento, sistema bi-direcional capaz de manter o ambiente confortável no inverno e no verão.

Termostatos são baratos e auxiliam as pessoas numa série de atividades. Outros exemplos de termostato são as geladeiras, fornos, conjunto de resfriamento de automóveis etc.

05

TEMPERATURA CORPORAL

Os termostatos de nossas casas foram inventados pelo homem; porém o termostato original foi criado pela natureza há centenas de milhões de anos. No início, os animais não sabiam controlar a temperatura de seus corpos; os mais simples, como os répteis, até hoje se encontram nessa situação. Eles podem mover-se rapidamente quando estão com calor, mas são lentos no tempo frio. Além disso, podem morrer em dias muito quentes. Pela evolução entretanto, alguns animais desenvolveram "termostatos" para manter constante a temperatura de seus corpos, independente de mudanças no ambiente externo. Ser de "sangue quente" é grande vantagem, especialmente em climas frios. Isso levou referidos animais a desenvolverem sistemas eficientes de controle da temperatura corporal.

*TEMPERATURA
CORPORAL*



06

Os seres humanos possuem métodos de controle de temperatura precisos e acurados. A grande maioria das pessoas possui termostatos ajustados para 36,5º C. Se a sua temperatura corporal cai abaixo disso, seu termostato denunciará uma série de conseqüências. Em primeiro lugar, fará com que o organismo queime calorias mais rapidamente, criando mais calor. Em seguida o corpo começará a tremer, fazendo os músculos trabalharem acelerados (já que nada foi feito para se aquecer) gerando mais calor. Se o frio acontece, seu corpo enviará mensagens ao cérebro dizendo "Estou congelando"; ao mesmo tempo, aguardará agasalhos, comida quente ou lugar mais protegido do frio. Do mesmo modo, quando sente muito calor, começará a suar, os vasos sangüíneos sob a pele se expandem para permitir a passagem de

mais sangue e surge a necessidade de fazer movimentos mais lentos, tirar as roupas, tomar algo gelado e ficar à sombra.

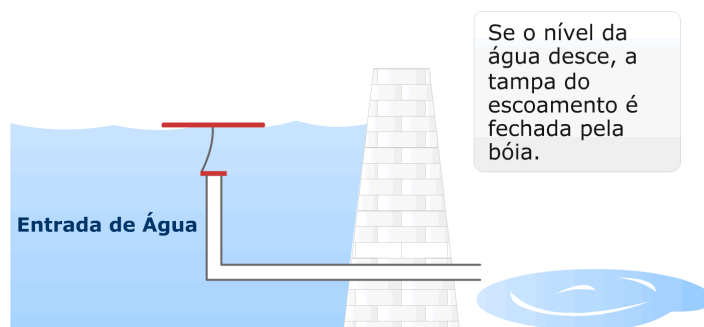


Do mesmo modo, a temperatura no centro do corpo é mantida constante. Mesmo quando sente calor ou frio em que mal possa manter o corpo de pé, a temperatura corporal raramente se altera mais do que meio grau centígrado (a menos que esteja doente). A sensação de estar com muito calor ou com muito frio é parte do *feedback* e significa que seu corpo está trabalhando muito duro para manter a temperatura sob controle. Então, quando você reclama "Estou gelado!!!" o que você está realmente querendo dizer é: "meu corpo está tendo que trabalhar muito para manter-me aquecido!"

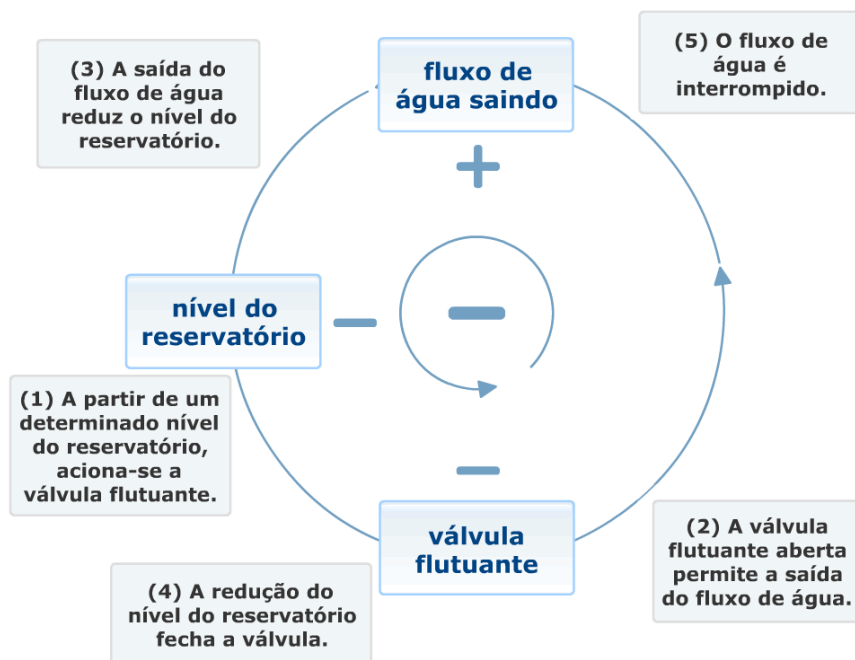
07

3 - VÁLVULAS FLUTUANTES

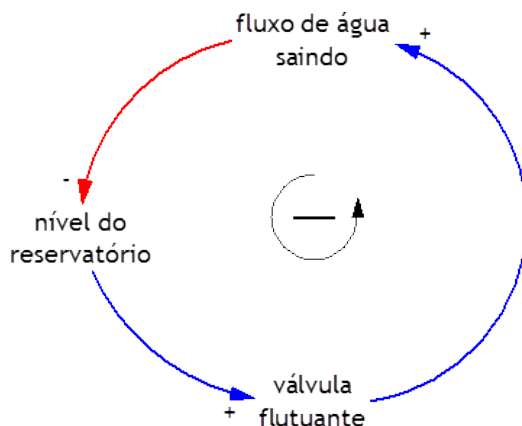
Determinado mecanismo simples e auto-regulado foi inventado, há muitos anos provavelmente, por um fazendeiro que desejava controlar o nível de um reservatório de água. Esse "gênio" colocou uma bóia ligada à tampa do cano de escoamento, por uma corda. Supondo-se a entrada constante de água no reservatório, toda vez que é atingido o limite de água, a bóia traciona a corda e faz com que a tampa do cano de escoamento se abra, liberando líquido. À medida que o nível de água diminui, a tampa de escoamento se fecha automaticamente, mantendo o nível do reservatório. A esse mecanismo dá-se o nome de **válvula flutuante ou torneira boia**.



Se o nível de água sobe novamente o ciclo é reiniciado. O diagrama da ocorrência pode ser observado na figura a seguir:



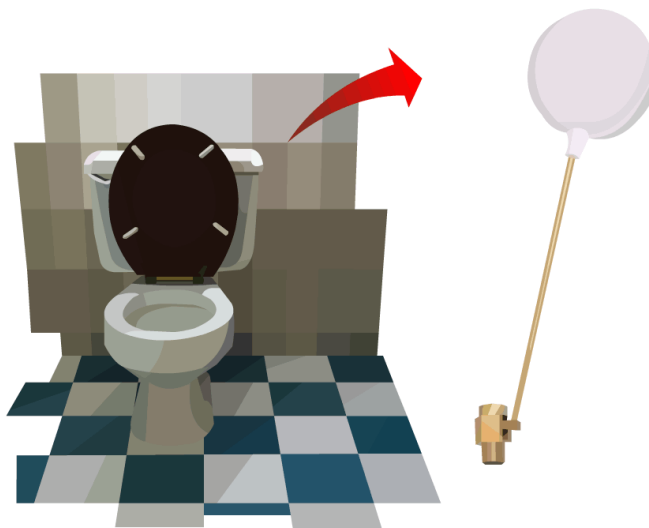
Segue o formato no Vensim:



Conforme recomendação na introdução da unidade, diagrame este modelo no Vensim, analise a causalidade em cada ciclo e confira o feedback associado.

Da mesma forma que os termostatos, as válvulas flutuantes são mecanismos simples, fáceis e baratos de construir e poupam, às pessoas, muito trabalho. Há inúmeros desses mecanismos em uso, atualmente. Por exemplo; as válvulas que controlam o nível das caixas de água nos prédios e nas residências. Se você souber como isso funciona, pode experimentar no reservatório de água do vaso

sanitário. Abra a tampa do reservatório e dê uma descarga para escoar a água. Observe que o componente de flutuação (normalmente uma bola branca presa na ponta de pequeno cabo metálico) vai para baixo abrindo a válvula e a entrada de água. À medida que o reservatório vai se enchendo, o nível da água faz com que a bóia se eleve e feche a válvula de entrada, até interromper completamente o fluxo de água. Isso evita que o banheiro seja inundado ou que se tenha de esperar o reservatório encher-se, para, em seguida, fechar o registro. No mínimo, esse mecanismo libera o usuário para tarefas mais importantes.



Torneira bóia

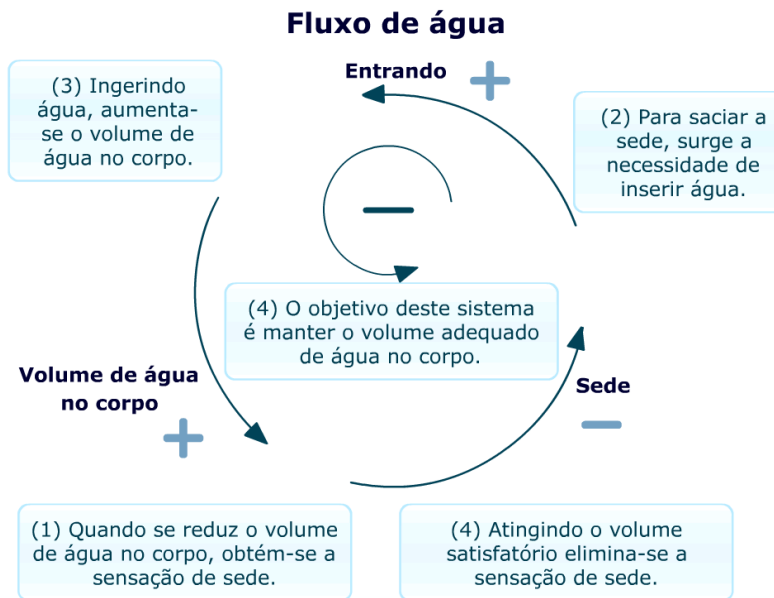
09

4 - SEDE

As pessoas e outros seres vivos não têm válvulas flutuantes em seus corpos, mas têm sistemas que controlam a quantidade de água no organismo. A água é essencial à vida; é, inclusive, utilizada para eliminar resíduos do corpo e manter a temperatura dele. É familiar como esse *feedback* atua nos seres humanos: quando a água é insuficiente para cumprir suas funções orgânicas, ocorre a sede.



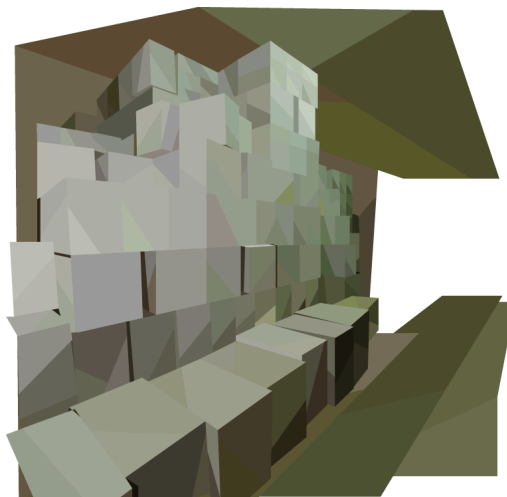
Também o corpo humano é desprovido de válvula que feche automaticamente o recipiente, quando a água ingerida atingir nível satisfatório. Sobrevém, na verdade, a sensação de saciedade. Quem tomar três grandes copos de água sem estar com sede, tem a sensação de muito desconforto. Embora as "peças" que compõem o sistema de controle de água no organismo sejam muito diferentes do de um reservatório, os dois sistemas realizam o mesmo tipo de trabalho, usando o mesmo *feedback*:



10

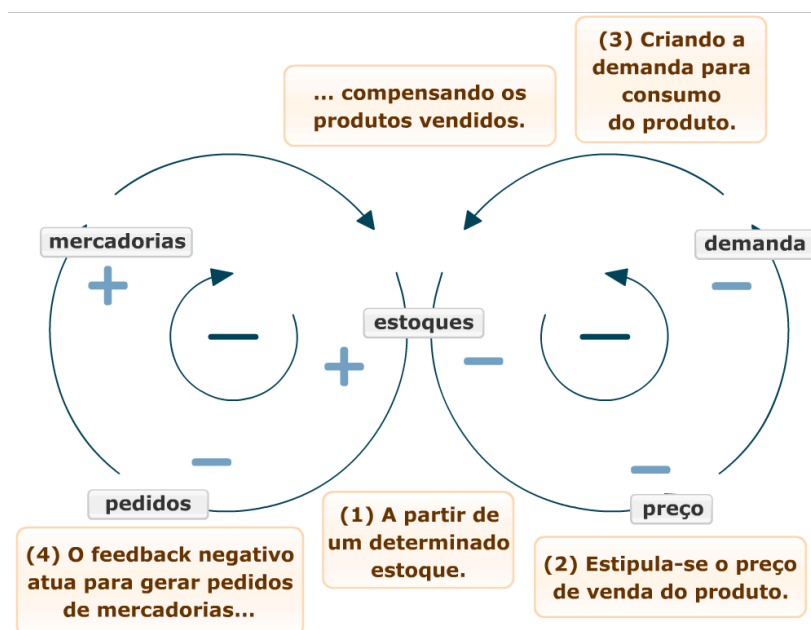
5 - ESTOQUES

O gerente de uma loja enfrenta problemas similares, para controlar o suprimento das mercadorias que comercializa. Ele não deseja ter sua loja amontoadas de caixas de mercadorias, porque não tem suficiente espaço de armazenamento ou não deseja imobilizar capital. Mas também não quer perder negócios, por falta de mercadoria. Desse modo, um bom gerente deve dar a devida atenção aos seus estoques. Se algum produto tem saída mais lenta que o esperado, ele deve rapidamente reduzir ou cancelar os pedidos à fábrica e ao distribuidor; se não é muito popular, ele pode reduzir os preços ou fazer promoções para que o comprem.



11

Na hipótese de a mercadoria comprovar maior preferência que o esperado, o gerente deve fazer pedidos adicionais rapidamente para não ficar em falta. Se, por acaso, houver demora entrega pela fábrica, podem ser aumentados os preços, a fim de que menos pessoas se disponham a comprá-lo. O ideal, nesse caso, seria que o gerente pudesse encontrar o equilíbrio entre a oferta e a demanda, pedindo à fábrica apenas os produtos e as quantidades que tivesse certeza de vender. Esse equilíbrio, no entanto, é muito difícil de ser encontrado na vida real. É bom, pois, examinar um diagrama que reproduz a situação:



Esse é exemplo básico de *feedback* negativo relacionado à economia. É chamado de "lei de oferta e demanda" porque trabalha no sentido de manter o equilíbrio entre a oferta e a procura. Se a oferta é maior que a venda, o *feedback* trabalha para reduzir a disponibilidade (cancelando os pedidos) ou

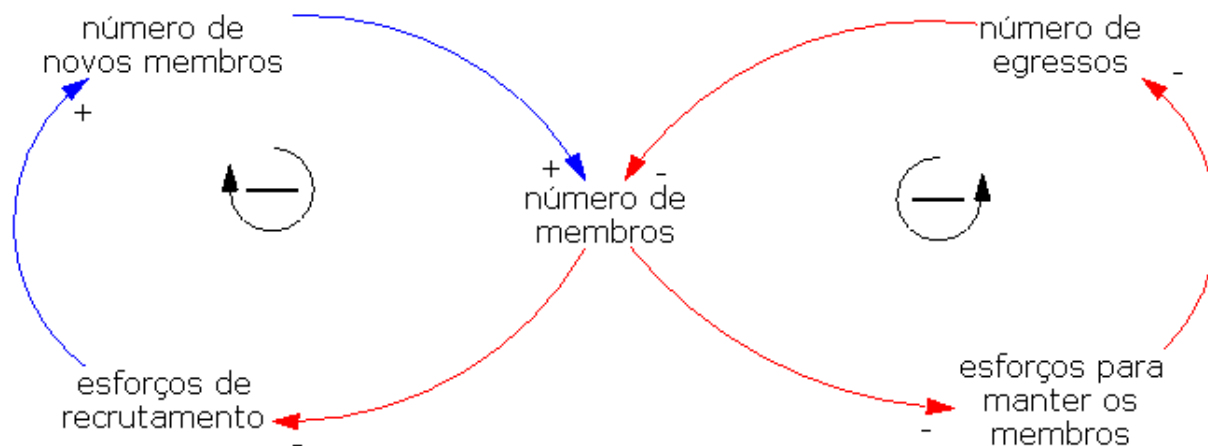
aumentar a demanda (pela redução de preços), ou ambos, caminhando em direção ao equilíbrio. Se a venda é maior que a oferta, o gerente trabalha no sentido de baixar a demanda (pela majoração de preços) ou elevar a oferta (por meio de novos pedidos), ou ambos, novamente em direção ao equilíbrio.

Conforme recomendação na introdução da unidade, diagrame este modelo no Vensim, analise a causalidade em cada ciclo e confira o feedback associado.

12

6 - GRUPOS SOCIAIS

Os *feedbacks* também ajudam a manter a estabilidade de grande número de organizações. Por exemplo, diferentes tipos de grupos sociais precisam de número mínimo de membros para funcionar apropriadamente. Uma igreja precisa da congregação grande o suficiente para pagar o salário dos ministros e administrar suas propriedades. Uma associação de pais precisa de membros suficientes para que possa negociar com os administradores de uma escola. Um clube social ou um grupo de escoteiros precisa de um número mínimo de pessoas para que as atividades sociais sejam prazerosas.

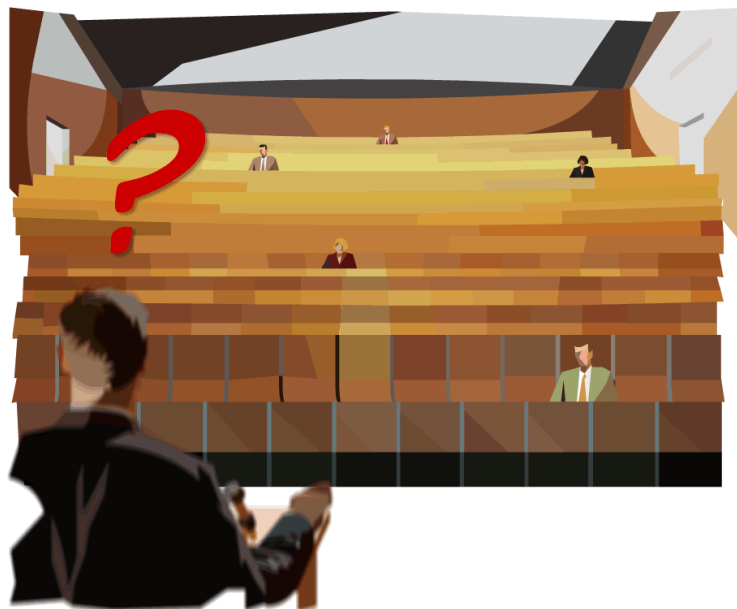


Conforme recomendação na introdução da unidade, diagrame este modelo no Vensim, analise a causalidade em cada ciclo e confira o feedback associado.

Um time de futebol precisa de jogadores suficientes para manter onze em campo, caso algum se machuque ou precise ser substituído. Assim por diante...

13

Grupos semelhantes têm que recrutar novos membros para substituir os que morrem, mudam-se, encontram outros interesses ou simplesmente se aborrecem e vão embora. Se a quantidade de novos membros é suficiente para substituir os que se foram, não há problema. Porém, se mais pessoas saem do que entram, o tamanho do grupo se reduz e os membros restantes começam a ficar preocupados.



Eles deverão repensar a organização, alertar os membros, sair e tentar convencer as pessoas a participarem, facilitar a entrada no grupo e outras atividades que possam reverter a situação. Devem ainda, tentar descobrir porque as pessoas estão deixando o grupo, na tentativa de reduzir a taxa de evasão. Se um ou mais desses esforços obtiver sucesso, o grupo voltará a ter número satisfatório de membros e, dependendo da situação, as atividades de recrutamento poderão, inclusive, ser suspensas. O resultado é o processo de *feedback* negativo que procura manter o número de novos associados aproximadamente igual ao de evasão, sustentando o grupo estável.

14

7 - PREDADORES E PRESAS

As referências anteriores dizem respeito a comunidades humanas; mas a idéia básica aplica-se a outros modelos de comunidades. Exemplos relacionados à ecologia podem ser uma comunidade de plantas e animais, um manguezal ou um lago. O relacionamento entre as diferentes espécies que vivem nessas comunidades naturais é mantido em equilíbrio pelo *feedback* semelhante ao que mantêm as comunidades humanas estáveis. Um dos *feedback* mais importantes é o encontrado na relação entre predadores e suas presas, pois é o que mantém estável a população de ambos os animais.

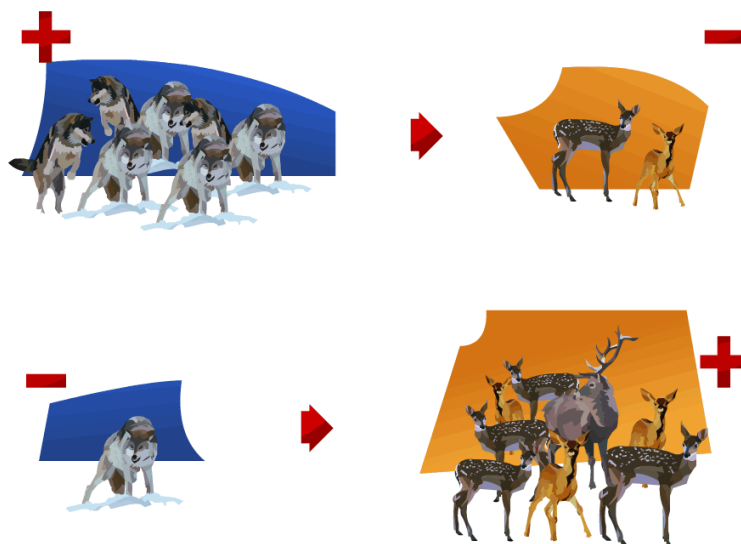
Como exemplo, em alguns países o cervo e o lobo têm convivência muito próxima.

Se algo excepcional ocorre, como inverno muito rigoroso que influa na redução do número de *cervos* em determinada área, os lobos terão dificuldade em encontrar alimento. Lobos mais velhos e/ou doentes, que sobreviviam até então certamente, irão morrer; lobos mais jovens irão para outras áreas à procura de comida; muitos outros lobos morrerão de doença ou de fome.



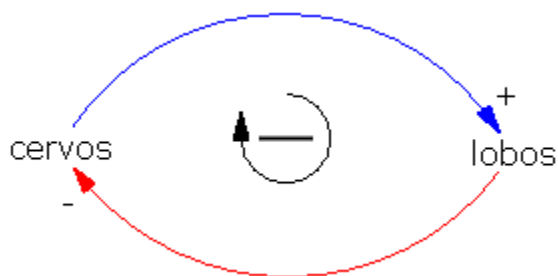
15

Em tal situação, e como houve redução dos lobos com os quais os cervos se preocupam, boa parte dos cervídeos jovens poderá crescer e viver normalmente. Em consequência, existirão muito mais veados adultos em idade de procriação, gerando grande número de descendentes. Se o inverno for brando, a população de cervos será ainda maior, pois muitos não perecerão de frio ou falta de alimento. No entanto, a medida que a população de cervos crescerem tornar-se-á cada vez mais fácil para os lobos encontrarem comida. Predadores que haviam deixado a área começam a retornar, dispostos a se manterem com saúde e alimentados. Em curto período de tempo, com lobos por toda parte, os cervos começarão a ter dificuldades em ficar longe deles. Quando a população de lobos crescerem o suficiente, eles começarão de novo a reduzir a população de veados.



Mais uma vez, com a grande população lupina e pequena de veados, a primeira começará a reduzir-se e a mudar-se novamente, enquanto que a segunda volta a crescer, reiniciando-se o ciclo. O resultado é um *loop* de *feedback* simples, que trabalha da seguinte forma: maior quantidade de veados resulta em

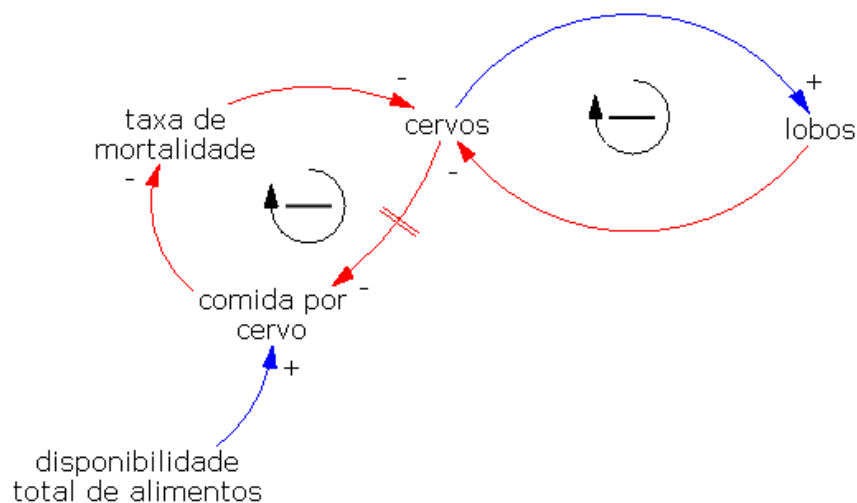
mais lobos, que implica em menos cervos, que leva a menos lobos e do consequente crescimento de cervídeos e de lupinos e assim por diante.



Conforme recomendação na introdução da unidade, diagrame este modelo no Vensim, analise a causalidade em cada ciclo e confira o feedback associado.

16

Se alguém imaginar que o sistema é muito cruel em relação aos veados, na realidade não é. O lobo é essencial para a saúde e a manutenção da população de cervos. Quem decidir ir atrás e acabar com aquele bando de "lobos maus" é provável que ponha os veados em situação pior. Rápido, a população irá crescer e, mais cedo ou mais tarde, irá se deparar com a situação de que é grande demais para a quantidade de alimentos disponível no ambiente. Se isso ocorrer, muitos cervos irão perecer, afetando a população como um todo.

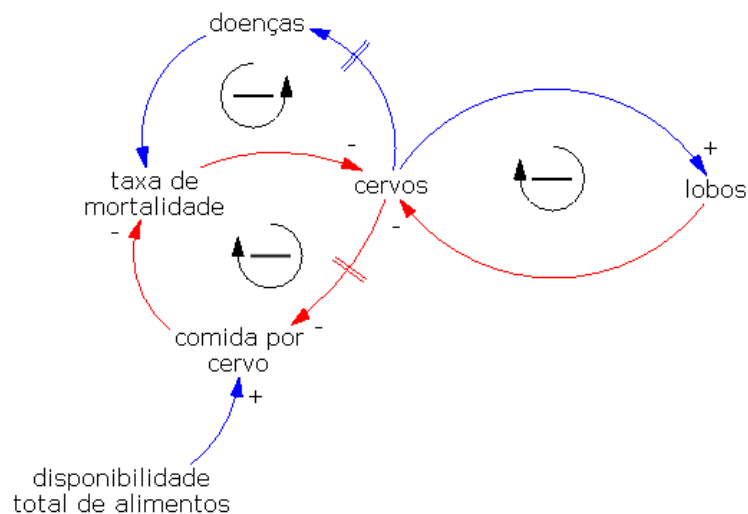


Conforme recomendação na introdução da unidade, diagrame este modelo no Vensim, analise a causalidade em cada ciclo e confira o feedback associado.



17

Se a fome não constituir problema, a doença inevitavelmente o será. Normalmente, os lobos capturam os cervos mais fracos, com pouca saúde ou que estão começando a ficar doentes. Sem os lobos, os cervos doentes poderiam contaminar os demais membros do grupo. Se a população cresceu tanto que uma área fique superpovoadada, crescem as chances de que ocorra uma epidemia. E isso poderia dizimar a população. Desse modo, por mais paradoxal que pareça, os lobos, ao eliminarem animais doentes antes que contaminem os demais membros do grupo, contribuem para a sobrevivência. A eliminação do grupo poderia ser pior para os cervos.



Conforme recomendação na introdução da unidade, diagrame este modelo no Vensim, analise a causalidade em cada ciclo e confira o feedback associado.

18

O modo pelo qual o *feedback* negativo trabalha pode parecer cruel, mas a estabilidade que ele mantém é essencial para a sobrevivência tanto dos lobos como dos cervos.

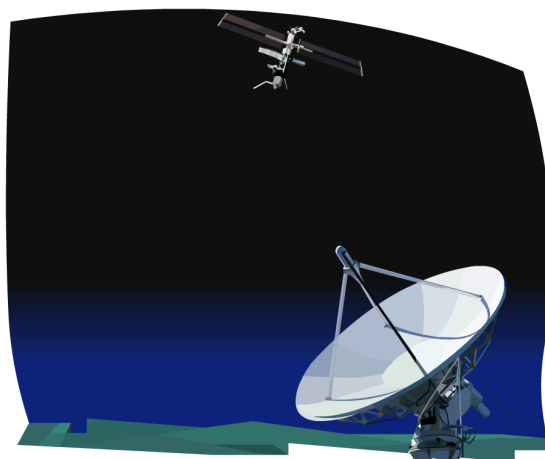


Relacionamentos similares, envolvendo organismos vivos, levaram ao termo "equilíbrio ecológico".

19

8 - SISTEMAS RASTREADORES

Anteriormente, foram abordados métodos que têm determinado objetivo ou meta fixa. O sistema de resfriamento ou de aquecimento procura atingir a temperatura fixada pelo termostato. O sistema social pretende manter um número de membros suficiente para atingir seus objetivos particulares. Há técnicas, também, que podem rastrear fins específicos. Na verdade, o princípio é o mesmo. Os sistemas recebem *feedback* para sinalizar o quão distante eles estão de um determinado fim e usam esta informação para reduzir a diferença entre o estado atual e o objetivo a ser alcançado. Não interessa se a diferença implica em mudança no sistema ou nos objetivos a serem alcançados: significa que há diferença e o sistema vai tentar reduzi-la. Por exemplo, você pode economizar energia reduzindo o termostato de seu ar-condicionado durante a noite para compensar o gasto extra durante o dia (que é mais quente) quando é posto em plena potência. O *feedback* negativo no sistema de resfriamento fará com que ele persiga cada objetivo resultante da mudança, mantendo a temperatura com menor ou maior gasto de energia.



As técnicas rastreadoras podem ser criadas para trabalhar muito mais rápido e eficazmente do que um ser humano poderia imaginar. Os militares usaram essa abordagem durante a Segunda Guerra Mundial para orientar armas antiaéreas por meio de radares. Sistemas semelhantes são utilizados para guiar mísseis e uma variedade de outros armamentos. Métodos pacíficos permitem aos astronautas acoplar espaçonaves. De fato, atualmente é possível não só desenhar e construir máquinas automatizadas complexas como também controlar fábricas totalmente automatizadas, usando computadores de alta velocidade para controlar milhares de *feedbacks* negativos ao mesmo tempo.

20

Os sistemas de rastreamento referidos têm algo em comum: alguém configurou a maneira pela qual deveriam trabalhar sem depender constantemente da intervenção humana. Entretanto, muitas ferramentas e máquinas necessitam de pessoas para fornecerem *feedback* e orientarem os conjuntos. Como regra geral, os complexos humano/mecânicos são substituídos por máquinas totalmente automáticas quando o trabalho for simples, repetitivo e mecânico; máquina de baixo custo pode fazê-lo, tanto quanto o trabalho altamente difícil que um ser humano não possa realizá-lo com eficiência. Porém, há condicionantes que levam determinado país a estágio mais automatizado do que outro. Saiba por quê.

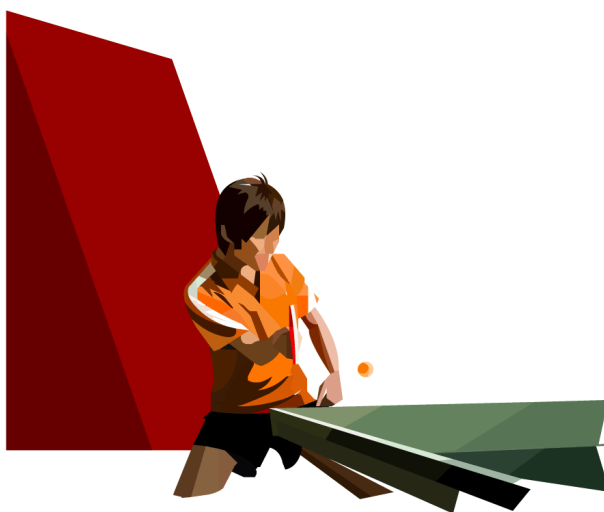


No sistema humano/mecânico o homem assume usualmente o lugar da unidade de controle. Por exemplo: é o ciclista, e não a bicicleta, que recebe a informação sobre os progressos do sistema "ciclista-bicicleta" e decide o que fazer em seguida. O mesmo princípio aplica-se a todos os veículos - carros, barcos, aviões, pranchas de surf etc. - bem como a outros sistemas que requerem coordenação.

Por mais estranho que possa parecer a muitas pessoas, os Estados Unidos não são dos países mais automatizados do mundo. Ainda que detenham tecnologia suficiente para fazê-lo, os EUA encontram grande resistência social por parte dos sindicatos nacionais, tradicionalmente fortes, na defesa dos interesses dos trabalhadores; principalmente no que se refere à defesa dos empregos. Desse modo, máquinas que substituem mão-de-obra são vistas como inimigas, pelos sindicatos. Em países como o Japão, que têm política de emprego vitalício, e os do norte europeu (Países Baixos) que com política social de apoio aos desempregados, a automação evoluiu muito mais rapidamente, com máquinas substituindo trabalhadores em atividades perigosas ou insalubres.

21

A maioria dessas áreas não demanda discussões mais profundas; quase todos trabalham como no conjunto "ciclista-bicicleta", anteriormente analisado. O indivíduo em questão inicializa o sistema e o guia fazendo uma série de correções para que siga o caminho desejado. Porém, algumas vezes o sistema trabalha tão rápido e de maneira tão precisa que parece impossível haver tempo para que o processo de *feedback* negativo ocorra. Quer comprovar? Então faça um exercício mental.



Sistemas rastreadores são comuns em sistemas sociais e ecológicos. Um girassol acompanha a luz do sol como se fosse um coletor solar e um morcego rastreia um inseto com a precisão de um míssil inteligente. Políticos aprendem rapidamente a rastrear mudanças na opinião pública se desejam ser reeleitos. Empresas aprendem a rastrear mudanças nos hábitos de consumo dos indivíduos, ou irão a falência. E assim por diante.

Imagine que está disputando uma partida de tênis de mesa (ping-pong). Você não pára a cada jogada para calcular a posição em que vai responder ao lance do adversário, medindo a velocidade e a direção da bola. Você simplesmente bate com a raquete; não é mesmo? Embora tal pareça automático, máquinas fotográficas de alta velocidade e análise cuidadosa de medidas mostram que são feitas dezenas de pequenas correções com os músculos de seu braço e de seu corpo, em frações de segundo, para responder corretamente a uma jogada. Se não acredita, experimente bloquear algumas das possibilidades de feedback, fechando os olhos, por exemplo. Você pode até acertar algumas bolas, mas a maioria irá se perder.

22

Pode ser interessante, agora, fazer um resumo dos exemplos de *feedbacks* negativos examinados até aqui. A lista a seguir divide os exemplos em categorias e sugere outros usos dos *feedbacks* negativos. Não se preocupe se alguns não lhe forem familiares, mas tente reconhecer os *feedbacks* de cada um deles e pense em alguns exemplos adicionais para cada categoria.

Sistemas	Sistemas mencionados	Outros exemplos
Mecânicos	Termostato Válvulas flutuantes Armas guiadas por radar Veículos espaciais	Piloto automático de um avião Controle automático de Frequência em rádios FM Radares fixos
Humano-Mecânicos	Veículos e máquinas não automáticas	Todas as máquinas não automáticas
Biológicos	Temperatura do corpo Sede Girassol Morcego	Fome Açúcar no sangue Pressão sanguínea Tamanho da íris Sono
Ecológicos	Lobos e cervos População e Comida População e Doenças	População e <i>stress</i> Plantas e gás carbônico
Sociais	Membros de grupos Oferta e Demanda, Políticos e Opinião Pública, Empresas e Hábitos de Compra	Estratégias no futebol Eleições e Bolsa de Valores Liberdade de imprensa

23

Há poucos exemplos diferenciados de como os *feedbacks* negativos promovem a estabilidade de um grande número de sistemas em nosso ambiente. Embora a mudança seja a única certeza nos dias atuais, o resultado dela não é o caos. A razão para tanto é que o planeta, enquanto existir, é amparado por sistemas capazes de tratar as mudanças usando os *feedbacks* negativos. O ataque terrorista de 11 de setembro de 2001 aos EUA (condenado por grande parte do mundo) pode ser visto como *feedback* negativo à hegemonia americana sobre as demais nações e ao sistema de globalização.



Cabe-nos a tarefa de analisar sistematicamente os efeitos de tal ato e da reação a ele, a fim de anteciparmos-nos a futuras mudanças no quadro político e econômico.

Lembre-se: **Os sistemas dependem de seus *feedbacks* negativos para sua própria sobrevivência.**

24

RESUMO

O mundo está repleto de mudanças. Porém, os *feedbacks* negativos ajudam a se manterem estáveis. Vários exemplos demonstram a atuação desses *feedbacks*:

- Mecanismo dos mais comuns, que apresenta *feedback* negativo, é o termostato, que atua mantendo estável a temperatura de determinado ambiente. É utilizado em ar-condicionados, geladeiras, fornos, sistemas de resfriamento de automóveis etc.
- Os seres humanos possuem termostatos biológicos que mantêm a temperatura corporal, independentemente da temperatura externa.
- Mecanismos simples, baratos e fáceis de construir são as válvulas flutuantes, que poupam as pessoas de muito trabalho. São utilizados para manterem estáveis, por exemplo, o nível de água de uma represa ou reservatório ou a caixa d'água de uma casa.

- As pessoas e outros seres vivos têm sistemas que controlam a quantidade de água em seus corpos. Quando falta água no organismo, sentimos sede. À medida que se bebe água, em determinado momento surge a sensação de saciedade, o que indica que já bebeu água o suficiente. É mecanismo semelhante às válvulas flutuantes.
- Os estoques de uma loja são controlados pela "lei de oferta e da demanda", que trabalha no sentido de manter o equilíbrio entre a oferta e a procura.
- Os grupos sociais necessitam de número mínimo de membros para sobreviverem. Para tanto, precisam desenvolver ações, no sentido de substituir os membros que deixam o grupo, independente do motivo.
- Os predadores e as presas necessitam um do outro para sobreviverem. Como exemplo, os lobos mantêm a população de cervos sob controle, evitando a superpopulação e a propagação de doenças. Os lobos, por sua vez, têm sua população controlada pela quantidade de alimentos (cervos) disponíveis.
- Os métodos rastreadores procuram reduzir a diferença entre o estado atual, em que se encontram, e o objetivo a ser alcançado; são comuns em sistemas sociais e ecológicos. Um girassol acompanha a luz do Sol como se fosse um coletor solar e um morcego segue um inseto com a precisão de um míssil. Políticos aprendem rapidamente a rastrear mudanças na opinião pública se desejam ser reeleitos. Empresas aprendem a analisar mudanças dos hábitos de consumo dos indivíduos, para escapar à falência. E assim por diante.