



SISTEMAS AUTO-ORGANIZADORES FÍSICOS, BIOLÓGICOS, SOCIAIS E EMPRESARIAIS

Francisco Di Biase*

Resumo

O presente artigo discute a extensão da teoria de Ilya Prigogine, Prêmio Nobel de Química em 1976 a campos científicos tanto físicos quanto biológicos e sociais. Mudanças imprevisíveis em sistemas caóticos podem conduzir a emergência de novos padrões de ordem e estabilidade. Bolsas de Valores, empresas e sistemas corporativos utilizam softwares de reconhecimento de padrões econômico-financeiros que conseguem reconhecer, analisar, e propor soluções rápidas, em situações de stress interno e/ou externo, permitindo à organização enfrentar e superar essas agressões. Estes softwares de reconhecimento de padrões são sistemas auto-organizadores, que permitem tomadas de decisões rápidas sem prescindir, no entanto, da capacidade humana da inteligência intuitiva e emocional. As grandes decisões finais, tomadas após as análises dos padrões lógicos durante momentos de crises, são de caráter intuitivo-emocional, o que demonstra a importância de levarmos em consideração em toda análise de sistemas empresariais humanos e sociais, os valores e a personalidade humana que são comumente esquecidos ou desprezados por grande parte dos sistemas corporativos. Apresenta-se como ilustrações um estudo de caso usando a técnica do ENEAGRAMA e o “case” exemplar do acidente em Three Miles Island. Conclui-se com a sugestão de se ir “além da lógica” integrando perspectivas transpessoais aos processos de gestão.

Palavras-chave: Sistemas Auto-Organizadores. Gestão. Complexidade.

* Grand PhD, PhD and Full Professor, World Information Distributed University - Bélgica. Professor de Pós-Graduação, UGB-Centro Universitário Geraldo Di Biase, Volta Redonda, RJ. Honorary Professor, Albert Schweitzer International University - Suíça. Neurocirurgião-Neurologista, Santa Casa e Clínica Di Biase, Barra do Pirai, Rio de Janeiro.

1 INTRODUÇÃO. CAOS, ESTRUTURAS DISSIPATIVAS E ORDEM POR FLUTUAÇÕES

As concepções cibernéticas sobre o fenômeno da auto-organização longe do estado de equilíbrio ficaram de certa forma estagnadas durante os anos 60, do século XX, devido à inexistência de um desenvolvimento matemático, e de uma tecnologia computadorizada capaz de processar sistemas dinâmicos não-lineares complexos. Até que Ilya Prigogine, Prêmio Nobel de Química em 1976, desenvolveu uma extensão da Termodinâmica demonstrando como a segunda lei da Termodinâmica, (lei da entropia, relacionada ao grau de desordem em um sistema), permite a emergência de novas estruturas de *ordem a partir do caos*.

Os sistemas descritos por Prigogine são sistemas auto-organizadores que geram estruturas denominadas *estruturas dissipativas* à partir de situações energéticas caóticas. Estas *estruturas dissipativas* são criadas e mantidas através de intercâmbios de energia com o ambiente, em condições longe-do-equilíbrio (também denominadas de não-equilíbrio), e são dependentes de um novo tipo de ordem descrita por Prigogine sob o nome de *'ordem por flutuações'*. São processos auto-organizadores, nos quais surgem *'flutuações gigantes'* estabilizadas pelas trocas com o meio, em que a estrutura é mantida por meio de uma dissipação de energia, e a energia se desloca gerando simultaneamente a estrutura, em um processo contínuo. Estas estruturas dissipativas surgem de forma imprevisível, como um “salto quântico”, em pontos instáveis do sistema, denominados *pontos de bifurcação*. Quanto mais complexa a estrutura dissipativa, mais informação é necessária para manter suas interconexões, tornando-a conseqüentemente mais vulnerável às flutuações internas, e com maior potencial de instabilidade e possibilidades de reorganização. Se as flutuações são pequenas, o sistema as acomoda, não modificando a sua estrutura organizacional. Se, no entanto, as flutuações atingem um tamanho crítico, desencadeiam um desequilíbrio no sistema ocasionando novas interações e reorganizações intra-sistêmicas.

“Os antigos padrões interagem entre si de novas maneiras, e estabelecem novas conexões. As partes se reorganizam em um novo todo. O sistema alcança uma ordem mais elevada.” (Prigogine, 1984).

Fritjof Capra, em seu livro *The Web of Life*, resume assim a teoria de Prigogine:

“Nos seres vivos, processos químicos não-lineares, e irreversíveis, geram ‘loops’ catalíticos, que por meio de ‘feedbacks’ repetidos e auto-amplificados conduzem a instabilidades. Quando uma estrutura dissipativa alcança este ponto de instabilidade, chamado de ponto de bifurcação, um elemento de indeterminação entra na teoria. No ponto de bifurcação, o comportamento do sistema é inerentemente imprevisível. Novas estruturas de ordem e complexidade mais elevadas podem emergir espontaneamente. Então, a auto-organização, a emergência espontânea de ordem, resulta dos efeitos combinados do não-equilíbrio, irreversibilidade, ‘loops’ de ‘feedback’, e instabilidade”

A teoria de Prigogine é aplicável tanto aos campos científicos físicos quanto biológicos e sociais e explica, tanto matematicamente quanto experimentalmente, como mudanças imprevisíveis em sistemas caóticos podem conduzir a emergência de novos padrões de ordem e estabilidade em áreas tão díspares como medicina, psicologia, teoria da evolução, sociologia, urbanismo, economia, política, organizações empresariais, astronomia, literatura, artes, filosofia, etc.

Nestes sistemas dissipativos, como vimos, quando novos padrões de ordem emergem do caos, desencadeados pelas instabilidades e flutuações, podem gerar um salto quântico, uma mudança nos padrões auto-organizadores do sistema. O melhor exemplo que conheço para compreendermos como esta nova ordem se desenvolve à partir do caos, é o de um líquido sendo aquecido, descrito por Capra (1996) que transcrevo a seguir :

“Ocorrem cinco diferentes cenários evolutivos:

1- Inicialmente com o aquecimento contínuo, a parte do líquido mais próxima do calor se torna mais quente do que a superfície do líquido longe do calor. Com isso o calor flui de forma regular da parte baixa do líquido para a superfície. O líquido está em uma condição chamada **próxima do equilíbrio**, e o calor flui de modo regular e suave do fundo para o topo por um processo denominado condução.

2- Após algum tempo com o aquecimento contínuo, uma mudança no estado do líquido ocorre, e um **estado longe do equilíbrio** surge. Ele se tornou uma **estrutura dissipativa**. Neste estado o fluxo do líquido se torna cada vez mais desordenado, com instabilidades e redemoinhos. Com o aumento contínuo de temperatura entre as camadas altas e baixas, muda a forma do fluxo, e o líquido dissipa energia para o ambiente à sua volta para manter a coerência. Moléculas do fluido menos denso no fundo fluem para cima e ao mesmo tempo moléculas da camada superior mais densa do líquido são puxadas para baixo pela gravidade.

3- Com o aquecimento contínuo, o líquido é agitado por flutuações e o fluxo se torna cada vez mais turbulento, e após algum tempo, o sistema alcança um estado de completa desordem.

4- Com as flutuações crescentes, o sistema dissipativo longe do equilíbrio está alcançando um **ponto de bifurcação**, em que o fluxo não pode ser contido na estrutura em questão. Com o aumento da agitação das flutuações, em torno do ponto de bifurcação, a estrutura dissipativa longe do equilíbrio alcança um **estado caótico**

5- No quinto cenário, o líquido se transforma em uma **nova ordem**, e se **auto-organiza** em uma estrutura completamente nova, formada por células hexagonais. Prigogine e Stengers afirmam que uma nova ordem molecular se produziu espontaneamente. Esta nova ordem corresponde a uma flutuação gigante estabilizada através da troca de energia com o mundo exterior” (Capra, 2006).

2 SISTEMAS AUTO-ORGANIZADORES HOMEOSTÁTICOS

Quando nos sistemas auto-organizadores biológicos, sociais ou comportamentais, o equilíbrio dos níveis de funcionamento é perturbado por alguma mudança, por algum “ruído” (desordem) introduzido no sistema, o sistema pode se reequilibrar e se manter estável, retornando ao seu estado inicial de equilíbrio. Este tipo de sistema, capaz de reequilibração e manutenção constante do funcionamento é denominado **sistema homeostático**. São sistemas auto-organizadores funcionando em um estado de **equilíbrio dinâmico contínuo**, conhecido como *steady state*, que é o estado gerador de entropia mínima, utilizado pelos seres vivos para manutenção do equilíbrio do meio interno.

O termo homeostasia foi criado pelo neurologista americano Cannon, para designar o processo de manutenção do equilíbrio do meio interno pelos organismos vivos, considerado uma das características fundamentais da Vida. Os sistemas homeostáticos são responsáveis pela capacidade que temos de enganar o “*decreto de morte*” (Brillouin) que é a segunda lei da Termodinâmica, a tendência universal para o aumento da desordem (entropia) no universo. Claude Bernard, pai da Fisiologia médica, a ciência que estuda o funcionamento dos seres vivos, em um citação célebre afirmou que “*La fixité du milieu interieur est la condition de la vie libre*” (o equilíbrio do meio interno é a condição da vida livre). Os estados homeostáticos longe do equilíbrio são a base da vida e da evolução, e permitem que os seres vivos estejam sempre mudando em um processo dinâmico de trocas de informação, matéria e energia, com o meio ambiente, nunca repetindo exatamente seus comportamentos anteriores. Só conseguimos manter nosso equilíbrio vital, e sermos capazes de uma “vida livre”, porque somos sistemas longe do equilíbrio, auto-organizadores e homeostáticos

Sistemas sociais como estados, corporações, organizações empresariais, famílias, comunidades etc que criamos para organizar nossas vidas, cooperam continuamente, coordenando suas ações e alterando seus comportamentos de acordo

com as circunstâncias. Para existirmos, precisamos funcionar como sistemas não-lineares auto-organizadores, homeostáticos longe do equilíbrio, e ainda sermos capazes de atuar de modo interdependente. Esta auto-organização interdependente é a única fonte, ao mesmo tempo, de renovação e caos, pois os sistemas vivos e sociais por sua própria natureza estão sempre em um estado de fluxo energético-informacional permanente que inclui uma fase de caos, auto-organização e renovação.

No universo da evolução da vida somente sistemas auto-organizadores homeostáticos, como nós, são capazes de suportar as imensas variações da homeostasia orgânica e ambiental, assimilando a desordem, e ainda serem capazes de continuar funcionando e gerando novos comportamentos criativos novidade e aprendizagem.

Vida é auto-organização, aprendizagem, criatividade, geração de plasticidade cerebral e novidades e, como veremos a seguir, autocriação.

3 SISTEMAS AUTOPOIÉTICOS

Os sistemas autopoieticos foram descritos nos anos 70 do século XX pelo chileno Humberto R. Maturana, como tentativa de explicar o funcionamento dos sistemas biológicos de uma forma global. Com esta idéia em mente, descreveu juntamente com Francisco J. Varela que a organização suficiente e necessária que explica um sistema vivo é o fato de ele continuamente ser capaz de se autoproduzir, por meio de um processo que denominaram **autopoiese** que significa autocriação. Segundo Maturana, esta forma autopoietica, circular de organização distingue os seres vivos desde a ameba até o homem. Os sistemas vivos formam uma rede de processos de produção internos e circulares que os tornam unidades automantenedoras autônomas. Sistemas autopoieticos são sistemas longe-do-equilíbrio, auto-organizadores, complexos, abertos, dissipativos, auto-referenciais, hierárquicos, homeostáticos e autônomos. Sua função primária é a auto-renovação, que conseguem realizar por meio de uma atividade auto-referencial, em contraste com sistemas **alopoieticos** como por exemplo, um *robot* que só consegue realizar sua função utilizando uma fonte externa de energia e informação. Assim, é comum se definir autopoiese *“como uma rede de produção de componentes constituindo recursivamente uma estrutura globalmente estável, e operacionalmente separada do background”*.

Os sistemas autopoieticos podem ser descritos como sistemas ciberneticos abertos auto-organizadores, em estado de não-equilíbrio, operando em modo hierárquico, possuindo as seguintes propriedades:

-Se o sistema autopoietico for fechado, alterando seu delicado equilíbrio dissipativo auto-renovador, todos os processos param e o sistema morre.

- Os processos autopoieticos são cíclicos e não-lineares.

- São sistemas auto-organizadores complexos, em que as operações ocorrem em multiníveis ciberneticos hierárquicos, com os níveis superiores contendo todos os níveis inferiores.

- A função primária do sistema é a auto-renovação recursiva de sua própria rede de componentes autônomos.

Veremos a seguir que as organizações corporativas podem ser entendidas como sistemas auto-organizadores autopoieticos.

4 A CIBERNÉTICA EMPRESARIAL E O SISTEMA AUTO-ORGANIZADOR GLOBAL

Em uma “*era de incertezas*” com o sistema financeiro mundial interconectado e globalizado, e sendo agredido por crises frequentes, as jogadas do xadrez político-econômico global podem ter consequências imprevisíveis para as organizações empresariais. Em países como o Brasil que é parte ativa da rede de investimentos globais, e dependente de investimentos externos, com as mais altas taxas de juros do planeta - o chamado capital volátil -, precisamos estar continuamente antenados e alertas. Podemos de repente necessitar de “antitoxinas” de nosso repertório imunológico empresarial para enfrentar “espécies bacterianas” político-econômicas e financeiras, locais e globais que a todo momento podem agredir nosso organismo corporativo. Bolsas de Valores, empresas e sistemas corporativos, são em sua maioria totalmente dependentes de Tecnologia de Informação, e utilizam softwares de reconhecimento de padrões econômico-financeiros que conseguem reconhecer, analisar, e propor soluções rápidas, em situações de stress interno e\ou externo, permitindo à organização enfrentar e superar essas agressões. Estes softwares de reconhecimento de padrões são sistemas auto-organizadores, que permitem ao investidor ou ao empresário que os utiliza tomadas de decisões rápidas. No entanto não substituem a capacidade de tomada de decisões do cérebro humano com sua

fantástica inteligência intuitiva e emocional. Frequentemente as grandes decisões finais, tomadas após as análises dos padrões lógicos durante momentos de crises, são de caráter intuitivo-emocional. Isso demonstra a importância de levarmos em consideração em nossa análise de sistemas empresariais humanos e sociais, os valores e a personalidade humana que são comumente esquecidos ou desprezados por grande parte dos sistemas corporativos, como veremos a seguir.

5 AUTO-ORGANIZAÇÃO DE SISTEMAS SOCIAIS E HUMANOS

Alvin Toffler em seu livro de 1981, *A Terceira Onda*, nos lembra que *sistemas biológicos, sociais e humanos são sistemas abertos, longe do equilíbrio, pululantes em desordem, em um interminável processo de mudanças*. São sistemas auto-organizadores em transformação em um processo contínuo de adaptação e harmonização. Como já vimos anteriormente, este tipo de sistema mantém sua totalidade e integridade dissipando continuamente energia, matéria e informação para seus meio ambientes, que também estão contínuo estado de transformação. Quando as flutuações alcançam um tamanho crítico, perturbando a integridade do sistema, surgem mudanças descontínuas, que evoluem, e se “nuclearizam”, em torno destas flutuações.

Em sistemas sociais, estas flutuações são ruídos perturbadores, que provocam o aparecimento de um período de grande desordem, instabilidade, insegurança e caos que pode levar à desintegração da organização social, da empresa, da família, da sociedade ou da personalidade, ou pode se reequilibrar e se reorganizar, e se adaptar em um novo nível, uma nova ordem mais complexa, e mais harmônica.

Um exemplo bem recente deste tipo de transformação auto-organizadora social que gerou imensas consequências político-econômicas, sociais e culturais no processo civilizatório que vivenciamos atualmente no planeta foi a ‘*debâcle*’ da antiga União Soviética. Incapaz de conter as ondas de flutuações internas e externas que desestabilizava seu sistema político-econômico, decorrentes de crescentes instabilidades sociais, e da falta de sustentabilidade da economia do país que aplicava quase metade de seu orçamento na manutenção da chamada “guerra fria”, o sistema se “bifurcou” em múltiplas entidades nacionais que se auto-organizaram em uma nova ordem político-econômica, social e internacional.

6 ORDEM E CAOS

Na história da civilização os sistemas humanos político- sociais e econômicos sempre alternaram ordem e caos. Um período de relativa ordem geralmente é seguido por outro de caos que por sua vez gera uma nova ordem. Como já vimos, sabemos que um período de caos profundo é parte natural e necessária do desenvolvimento de todo sistema vivo e social. Quando estes sistemas alcançam o ponto de bifurcação e de mudança descontínua, uma nova ordem emerge do caos.

Jeffrey Goldstein em *Predictability and Planned Change in Organizations: Linear and Nonlinear Perspectives* (1991), demonstra que :

“as flutuações nos meios sociais geram gradientes de instabilidades que afetam os sistemas organizacionais da sociedade ativando o potencial auto-organizador capaz de desencadear as mudanças que vemos diariamente nos telejornais”(Goldstein, 1991).

Hoje em dia, nessa Era da Informação com as comunicações ocorrendo de modo instantâneo, à velocidade da luz, esses gradientes de instabilidades são intensamente acelerados pela imensa quantidade de informação distribuída no sistema sócio-econômico-político mundial. Esse processo auto-organizador planetário vem se intensificando e acelerando exponencialmente nas últimas décadas, com o fluxo de informação em jornais, rádios, TVs, internet, redes sociais como o Facebook, canais de filmes e informação como o Youtube, e por meio de *e-mails* enviados a todo o momento em quantidades cada vez maiores. Acrescente-se ainda a tudo isso o crescente aumento atual de viagens nacionais e internacionais. Toda esta plenitude de informações, misturando diferentes idéias e culturas, nesta “aldeia global” MacLuhiana, possui o potencial de agravar as instabilidades e diferenças econômico-sociais políticas e históricas, gerando flutuações e bifurcações civilizatórias.

Um exemplo mais atual são as crescentes instabilidades político-econômicas e sociais no Oriente Médio, a chamada Primavera Árabe, que parecem estar provocando nesta região, notadamente no Egito, na Líbia e na Síria, um processo de caos e bifurcação, conseqüente às flutuações desencadeadas pela instabilidade social, pelo fundamentalismo religioso, e pelo terrorismo armado. Estas contradições e desarmonias estão conduzindo a uma reestruturação das relações econômicas entre as classes, e provocarão, se não ocorrer nenhum imprevisto, o surgimento de uma nova ordem sócio-econômica, política e religiosa mais democrática.

7 A UNIVERSALIDADE DOS PONTOS DE TRANSIÇÃO

Em 1975 Mitchell Feigenbaum, do Los Alamos National Laboratory, nos Estados Unidos, demonstrou que existe uma universalidade nos pontos de transição nos diferentes tipos de sistemas que alternam ordem linear e caos profundo. Ou seja, independentemente do tipo de sistema aberto dinâmico que estejamos lidando, é possível calcular os mesmos números universais e determinar os pontos de transição do sistema em sua evolução para o caos. Esses cálculos demonstram que sistemas de natureza completamente diferente, se comportam de modo similar quando se tornam caóticos. Após a quarta bifurcação, denominada ponto de Feigenbaum, todo sistema cascadeia para um caos total, onde escolhas infinitas criam uma situação em que a liberdade não tem mais sentido. Estes números universais são hoje conhecidos como *números de Feigenbaum*, e permitem que pesquisadores das mais diversas disciplinas possam prever o início da turbulência em sistemas do mundo real, tais como sistemas ópticos, circuitos elétricos, fluxo de gases, atividade vulcânica, ataques cardíacos, crescimento populacional e organizacional, aprendizagem humana, bolsas de valores, instabilidades político-econômicas etc.

7.1 Atratores

Existem quatro modos de comportamento dos sistemas em geral, ou quatro tipos de **atratores**, que um sistema humano, individual, organizacional ou nacional podem apresentar. Mark Michael em 1992, denominou estes quatro tipos de comportamentos dos sistemas como :

- 1-Sistemas em estado de **equilíbrio**
- 2-Sistemas em estado **próximo ao equilíbrio**
- 3-Sistemas em estado **longe do equilíbrio**
- 4-Sistemas em estado de **caos profundo**

Outros autores, como T.R. Young , dividem os quatro tipos de comportamento em :

1-**Comportamento Linear**, em que o processo repete o comportamento anterior, diferentemente do ser humano que nunca repete exatamente um

comportamento. Tarefas industriais repetitivas tentam imitar este tipo de comportamento.

2-Comportamento Tórus-símile em que o sistema evolui com pequenas variações de caráter previsível. Diferentemente ainda do comportamento humano, pois os comportamentos individuais e sociais variam discretamente e previsivelmente, como por exemplo o comportamento diário, repetitivo, de barbear.

3-Comportamento tipo Borboleta, quando o sistema é capaz de se adaptar a novos comportamentos conduzidos por atratores denominados “*estranhos*”, que possuem duas a dezesseis “*bacias*” de evolução possíveis. Nestes sistemas o potencial para interferência humana é mais elevado, entrelaçando linearidade e não-linearidade, com comportamentos adaptativos, como por exemplo, um imigrante se adaptando à cultura de um novo país.

4-Caos profundo, quando o processo ultrapassa as dezesseis bacias evolutivas possíveis, ultrapassando a possibilidade de interferência humana, e emergindo em uma forma inteiramente nova de ordem e complexidade.

Um exemplo histórico-social relevante deste tipo de evolução para uma nova ordem mais complexa, foi a queda do Muro de Berlim, que foi seguida por uma fase de caos e re-equilíbrio auto-organizadora na antiga Alemanha Oriental, e nos demais países do leste europeu, quando subitamente se libertaram dos grilhões do totalitarismo soviético.

Young aplicou os Pontos de Feigenbaum às transformações sociais, demonstrando que eles representam índices de gradientes relacionados ao controle dos recursos entre os diversos setores da sociedade, e que nas sociedades humanas os gradientes de energia-informação constituem os grandes abismos entre as diferentes nações e entre os diferentes setores da sociedade, como por exemplo o controle de recursos, força, proventos, comunicação e *status*. As sociedades funcionam sem disrupção até a quarta bifurcação Feigenbaum, o que corresponde a uma diferença no controle dos recursos de até um para dezesseis. **Isto significa que para a sociedade permanecer estável, o setor mais rico não pode possuir recursos que ultrapassem dezesseis vezes a menor receita da população.** Diferenças maiores do que 16 (quatro bifurcações), nos preços do mercado, podem conduzir organizações e indivíduos para caminhos ilegais de geração de receitas, tais como roubo, cirurgias desnecessárias, fraude, extorsão, poluição, prostituição, etc. Além deste ponto as bifurcações se acumulam e os recursos necessários para o controle social ficam fora de controle.

“Setores desprovidos de recursos manifestarão comportamentos não-lineares para redistribuir a riqueza e o bem-estar, fugindo da racionalidade linear do mercado”, afirma Young. Nesta perspectiva o crime é entendido como um comportamento não-linear, auto-organizador, no sistema de distribuição de riqueza.

Cientistas do Santa Fé Institute of Complexity, no Novo México, USA, um dos maiores centros de pesquisa na área de auto-organização do mundo, descobriram que sistemas complexos adaptativos como indivíduos, famílias organizações e nações, se adaptam mais efetivamente em ambientes turbulentos, funcionando em um modo auto-organizador denominado **“no limite do caos”**. São comportamentos que misturam previsibilidade e imprevisibilidade, e se situam em algum lugar no interior dos sistemas tipo borboleta, longe do equilíbrio.

Na compreensão dos sistemas auto-organizadores sociais, outro fator que precisamos sempre levar em consideração é a capacidade de resiliência do sistema. Sistemas resilientes são sistemas capazes de resistir às mudanças por um longo tempo. Possuem interconexões suficientemente flexíveis e rápidas para absorver as flutuações em andamento, impedindo que uma bifurcação, uma reorganização se processe. Jantsch (1980) demonstrou que sistemas com estas características costumam ser metastáticos, correndo o grande perigo de se desintegrar quando surgem bifurcações imprevisíveis, que não podem ser restringidas ou controladas. Prigogine afirma que *“cada caminho pode conduzir a uma direção completamente diferente e abrir a possibilidade de diferentes caminhos auto-organizadores”*

Portanto, quando um sistema alcança um ponto de bifurcação uma variedade de caminhos podem se abrir para ele. Qual caminho ele “escolherá” em cada uma destas encruzilhadas determinará as possibilidades para seu futuro. Em um famoso livro de 1981, *Entropy: A New World View*, Jeremy Rifkin já afirmava que a reorganização sempre tende para maior complexidade, integração, interconexão, e maior fluxo de energia, e que o sistema ao se tornar mais complexo, após cada reorganização transformadora, fica mais vulnerável a flutuações e reestruturações. Portanto, o aumento de complexidade cria condições para novas reorganizações, acelerando a evolução, e o fluxo de energia que flui através do sistema. Erwin Laszlo, em *The Age of Bifurcation*, 1991, afirma que nossa civilização se encontra em um ponto de bifurcação entre duas Eras, no limiar de uma bifurcação transformadora. Concordo plenamente com a visão do Laszlo, pois acredito que atualmente estejamos passando por uma situação revolucionária, que pode ser uma bifurcação na história da

humanidade. Minha impressão é que nossa civilização está passando por uma adolescência tecnológica com todas as imensas realizações e turbulências características desta idade. Uma época plena de situações instáveis e perigosas, em que os esforços para manter a dominação político-econômico-social e o controle das fontes energéticas fósseis, estão impedindo a mudança para fontes alternativas e mais “limpas” de energia, e com isso estamos retardando a emergência de uma nova Era Holística, mais ecológica, mais yin, mais harmônica, feminina e espiritualizada. A grande dificuldade que estamos enfrentando, é que estamos historicamente próximos a um ponto de bifurcação, e não há como neste ponto de evolução sistêmica - segundo as teorias auto-organizadoras e a teoria do caos - prever o caminho que nossa civilização tomará no futuro. Não existe nenhuma lei universal válida a partir da qual possamos deduzir a evolução de nossa civilização, o momento quando se manifestará o ponto de bifurcação e a mudança de paradigma. Tal como em Medicina quando afirmamos que *cada caso é um caso*, Prigogine e Stengers demonstram que cada sistema é um caso separado. Segundo eles, quando um ponto de bifurcação é alcançado, descrições determinísticas não funcionam mais. Sabemos que o caos pode eclodir em sistemas auto-organizadores e interdependentes, nos quais a complexidade aumenta o fluxo de energia e a interdependência entre eles, elevando a vulnerabilidade às dinâmicas caóticas. Esse o grande risco que corremos enquanto civilização: se estivermos na iminência de uma bifurcação civilizatória, podemos evoluir para uma nova cultura de paz e de preservação da vida, alcançando “o céu na terra”, ou afundar no caos e no inferno da autodestruição.

O mesmo ocorre em Medicina nos processos psicoterapêuticos: quando atingem um ponto de bifurcação, não é possível prever qual flutuação provocará uma mudança no estado psicológico do paciente. Tudo o que podemos fazer como terapeutas, é apoiar o paciente em sua trajetória, depois que ela se manifesta.

Nestas situações de instabilidade próximas a um ponto de bifurcação, flutuações que parecem pequenas podem desencadear um enorme efeito no futuro, e outras que parecem ter grande importância podem na verdade provocar pequenos efeitos, fato que é conhecido na Teoria do Caos como “Efeito Borboleta”. Existe um pouco de verdade na metáfora que afirma que “ se cortamos um talo de grama afetamos todo o universo”, ou no bem conhecido ditado que diz que “o bater de asas de uma borboleta na praça da Paz Celestial em Pequim pode desencadear um furacão em Nova York”.

Tudo isso nos demonstra como nos sistemas sociais e humanos em processo de transformação, a seleção do caminho futuro não pode ser controlada. Este aspecto de imprevisibilidade é de extrema importância e precisa ser compreendido por líderes empresariais e políticos, consultores organizacionais, sociólogos, psicoterapeutas, comentaristas e todos que procuram compreender, prever ou controlar futuros desenvolvimentos em sistemas humanos e sociais. Existem limites para predizermos e controlarmos o futuro das nações, organizações, famílias, e indivíduos!

8 UM EXEMPLO CORPORATIVO

Existe um modelo auto-organizador empresarial desenvolvido por Knowles, fundamentado no Eneagrama, que é um sistema de avaliação de personalidades muito utilizado nos meios holísticos. Neste modelo de sistema empresarial, o líder participa semanalmente de encontros e da elaboração de projetos, com todos os membros do time. Durante todo o processo de decisões, cada um realmente ouve a todos os outros, compartilhando idéias, “insights”, correções e ajustes, mantendo assim todos intensamente interconectados. Knowles afirma que após estas reuniões, à noite, quando se recolhia, sempre rezava pelo bom andamento do processo.

Sempre enfatizei em meus livros, a importância de em nossa vida diária sempre utilizarmos um método de relaxamento mental, uma holopraxis, como denominava meu grande amigo Pierre Weil, reitor da Universidade Holística-UNIPAZ de Brasília. Este método de relaxamento pode ser uma oração específica de sua tradição espiritual, uma contemplação, uma meditação, ou a prática do yoga, ou do tai chi chuan, ou até mesmo uma simples respiração profunda com a mente voltada para o universo e a interconexão espiritual com o Todo, ou qualquer outra técnica que lhe toque mais o coração. Todas estas psicotecnologias estão hoje exaustivamente comprovadas pela neurociência, e são capazes de turbinar nossa inteligência intuitiva, provocando “insights” e sincronicidades evolutivas em nossa vida pessoal e profissional. Se conseguirmos aplicá-las em nossa organização empresarial, de modo que todos utilizem seus benefícios, nossos negócios prosperam de um modo inesperado e natural, incapaz de ser compreendido por quem não possui uma visão de mundo baseada no novo paradigma nas Ciências Holísticas e na Psicologia Transpessoal.

Mas voltando ao nosso caso em questão, a aplicação do modelo corporativo auto-organizador descrito acima, provocou uma transformação empresarial de sucesso,

na qual foram enfocados três domínios dos sistemas auto-organizadores: identidade, interrelacionamento, e informação. Ficou muito bem evidenciado que com a informação sendo compartilhada abertamente, o inter-relacionamento pessoal se tornou mais autêntico, e as pessoas passaram a consultar diretamente outras pessoas que possuíam informação relevante para seu trabalho. Com isso as trocas de conteúdo passaram a ser mais rápidas, aprimorando a qualidade da informação. Com base na estrutura do Eneagrama, foi criado um Centro de Contrôlo, e um mapa do processo de trabalho foi colocado em um local bem visível para todos, mostrando ao mesmo tempo o todo e as partes do processo em que o grupo estava engajado. A interação neste tipo de processo auto-organizador é contínua, e o mapa evolui com o tempo, mantendo os padrões auto-organizadores vivos.

Este exemplo de processo de liderança auto-organizadora demonstra como é possível, interagir o tempo todo de modo dinâmico, funcionando em um domínio longe do equilíbrio, diferentemente de empresas baseadas em comando e controles hierárquicos em que os processos auto-organizadores tendem a ocorrer de maneira velada e subterrânea, frequentemente em conflito com os objetivos da organização.

Empresas auto-organizadoras, são como sistemas vivos, com seus processos auto-organizadores interagindo continuamente, fazendo com que o fluxo de energia, a distribuição e o significado da informação, e a criatividade fluam livremente. Com isso, alcançam objetivos mais rapidamente e de forma mais efetiva, surgindo pouca resistência às mudanças. Com toda informação compartilhada a empresa vai se auto-organizando espontaneamente, os times vão se formando mais naturalmente, e surgem processos operacionais de trabalho mais efetivos. Como todos participam ativamente do processo de criatividade, os envolvidos no processo encontram mais significado no trabalho.

Lembramos ainda que os processos e padrões de transformação auto-organizadores são de natureza holística, e fractal, podendo portanto ser utilizados em qualquer tipo de organização, independente do tipo de trabalho que realizem. São aplicáveis a qualquer nível da escala empresarial, tais como o desenvolvimento pessoal, o ensino, *coaching*, *mentoring*, no desenvolvimento de liderança, no processo operacional, e no trabalho social. É de suma importância lembrarmos que como afirma Knowles ***“o ponto crítico se relaciona não ao trabalho físico, mas ao modo como as pessoas interagem para realizar seu trabalho”***.

9 ESTADOS DE EMERGÊNCIA

Um outro ponto importante que precisamos levantar, são as situações de emergência corporativa, quando não possuímos controle adequado sobre o evento que está ocorrendo, e temos pouco tempo para tentar realizar muitos procedimentos. Nestes eventos, o gerenciamento normal fica fora de controle. Tudo muda instantaneamente, e o sistema empresarial geralmente começa a se comportar espontaneamente como um sistema vivo auto-organizador. Todos começam a funcionar de modo mais intuitivo, sabendo o que precisam realizar, e do que são capazes. Sem discussão, e sem interferência hierárquica todos procuram ajudar uns aos outros, criando frentes de trabalho geralmente muito eficazes, com energia, troca de informação e criatividade fluindo de forma espontânea e abundante, com todos orgulhosos e felizes por enfrentarem a crise juntos.

A experiência de lidar com situações de emergência demonstra que nestes casos os processos de auto-organização vão se estruturando de modo espontâneo e natural.

Mas, o que fazer nos casos em que os sistemas evoluem para situações caóticas com perda total do controle, impedindo a continuação do funcionamento do sistema?

10 UM *CASE* EXEMPLAR

Um *case* exemplar, que demonstra esta situação na história corporativa mundial e que gerou um enorme aprendizado que foi fundamental para a evolução dos sistemas de controle nos reatores de geração de energia nuclear, foi o acidente nuclear da usina de Three Mile Island, nos USA, nos anos 70. Quando a emergência foi detectada, os presentes na sala de controle do reator começaram a propor soluções, que muitas vezes eram incapazes de serem levadas adiante pela falta de monitorização de informações mais exatas sobre o que estava ocorrendo. Na confusão estressante do momento cada um tentava impor sua opinião e foi impossível se chegar a um consenso, capaz de conter a situação de emergência, e impedir o derretimento do reator. A partir desta experiência foi desenvolvido pela Agência Internacional de Energia Atômica uma proposta de criação de Centros de Controle em todas as usinas nucleares do planeta. Estes Centros de Controle, possuem características auto-organizadoras, e se situam fora da sala de controle do reator, monitorando através de sistemas computadorizados

todo o processo de geração de energia. Quando ocorre uma emergência, pessoas-chaves com conhecimento para a compreensão da situação e para a tomada de decisões, se dirigem para este Centro de Contrôles. Lá, com acesso ao fluxo contínuo de informação vindo de todas as partes do sistema, e interagindo de modo controlado e já treinado, estes personagens-chaves, conseguem monitorar todo o processo em andamento e encontrar rapidamente a melhor solução para a situação emergencial. Pude me inteirar melhor deste processo auto-organizador quando visitei a Usina Nuclear de Angra do Reis tendo como cicerone um colega, que participa deste tipo de treinamento e controle emergencial, e fiquei deveras impressionado com todo o aparato tecnológico, a organização (auto-organização) estratégica, e o preparo e qualificação do pessoal do centro de controle de emergências da usina.

11 CONCLUSÕES

Quando aplicamos padrões de liderança auto-organizadora aos sistemas corporativos, conseguimos alcançar resultados superiores, e todos se sentem muito mais integrados e felizes, tornando o sistema altamente coerente. Estas estratégias de liderança auto-organizacional permitem alcançar o sucesso empresarial de forma muito mais rápida e mais eficiente do que utilizando os sistemas clássicos com controle hierarquizado.

Para que esta estratégia auto-organizadora funcione, é preciso que sejamos capazes, no entanto, de realizar o que Knowles denomina a “*dança da liderança*”, nos movimentando entre todas as situações, e exercendo diversos papéis de liderança ao mesmo tempo, de forma sutil e consciente, conforme as necessidades e as demandas vão surgindo.

11.1 O nascimento de um novo mundo

Sri Aurobindo filósofo indiano contemporâneo nos ensina: “***Lembrem-se que vocês vivem um tempo excepcional em uma época única, e que têm essa grande felicidade, esse incalculável privilégio, de estarem presentes ao nascimento de um novo mundo***”

Vivenciamos no mundo de hoje o aparecimento de sistemas de inteligência artificial autônomos “***guiados por sua própria lógica***”, como descreveu Seymour Papert, do MIT. Isso tem levado ao aparecimento de inúmeras análises críticas,

técnicas e filosóficas, por pessoas preocupadas com a possibilidade desses sistemas artificiais começarem a tomar decisões autônomas independentes do controle humano, e assim dominarem a espécie que os criou. Algo como no filme O Exterminador do Futuro III.

Hoje em dia supercomputadores com redes neurais maciçamente paralelas desenvolvidas a partir da engenharia reversa do cérebro humano, como por exemplo os modelos da Thinking Machines de Danny Hillis, possuem a capacidade de realizar mais de 100 trilhões de cálculos por segundo. Estas redes neurais artificiais funcionam à velocidade da luz, possuindo uma capacidade de computação e memória que excedem em muito à humana, a qual funciona apenas à velocidade de 100m/s. Muitos pesquisadores e filósofos da área de inteligência artificial acreditam que brevemente veremos o aparecimento de sistemas de inteligência artificial conscientes, pois consideram que este “salto quântico” seria somente uma questão de quantidade de processamento a qual desencadearia uma mudança de qualidade e o aparecimento da consciência! Confesso que me sinto perplexo com este tipo de proposta, pois a geração de consciência exige muito mais do que simplesmente capacidade computacional, como temos demonstrado em nossos papers e livros nos últimos vinte anos!!

Ray Kurzweil, em seu maravilhoso livro *A Era das Máquinas Artificiais*, nos mostra que em nosso dia a dia, 90% da computação hoje realizada no planeta é feita por máquinas artificiais! Criamos um novo mundo em que já estão se tornando realidade, lentes de contato implantadas nos olhos funcionando como telas de computador ou como câmeras digitais, capazes de acessarem a internet! Imagens já podem ser projetadas diretamente nas retinas, criando projeções tridimensionais de alta resolução.

Tecnologia de informação baseada em sistemas auto-organizadores, com interfaces neurais para reconhecimento visual de padrões, e conexão de banda larga com o cérebro humano, brevemente estarão acessíveis a quem puder pagar pelo uso da tecnologia. Pesquisas em andamento estão desenvolvendo implantes neurais capazes de ampliar visual e auditivamente a percepção, a interpretação, a memória e o raciocínio humanos, nos tornando super-humanos. Com tudo isso, afirma Kurzweil, estamos evoluindo para uma raça de *cyborgs* em que para conseguirmos acompanhar o desenvolvimento da tecnologia de informação e inteligência artificial que nós mesmos criamos, teremos que nos misturar às máquinas artificiais, implantando chips em nossos cérebros e nossos corpos! O que na verdade já estamos concretizando de forma

primitiva por meio das próteses ortopédicas, cardíacas, otológicas, neurocirúrgicas etc, que rotineiramente utilizamos em nossos hospitais.

Na área de Educação, Comunicação e Negócios , iPhones e tablets como o iPad de Steve Jobs já se tornaram coisas rotineiras, e realizamos teleconferências e seminários à distância. Até revoluções em países distantes , como a recente Primavera Árabe, têm sido deflagradas com a ajuda de redes sociais onipenetrantes como o Facebook que já alcançam um bilhão de usuários. As transações financeiras mundiais são realizadas *on line*, e grande parte das nossas compras de livros, CDs e DVDs musicais, vídeos e games, são feitas na Web. Segundo Kursweil, em países desenvolvidos pós-industriais, em uma residência de classe média existem mais de 100 computadores embutidos em sistemas de comunicação e eletrodomésticos. Nossos automóveis são totalmente dependentes de tecnologia computadorizada, e em países como o Japão e os USA já existem *robots* domésticos e estradas inteligentes. Na área da nanotecnologia, nanorobots microscópicos (*nanobots*), estão sendo desenvolvidos no setor de saúde, devendo revolucionar as formas de diagnóstico e tratamento da medicina atual.

O presidente da Google recentemente afirmou que até o final de 2012, toda a literatura escrita pela espécie humana estará digitalizada em seus servidores! Percebem que isto significa, digitalizar toda a literatura escrita nos últimos milênios em todas as línguas! Parece ficção científica como as séries de TV e os filmes do tipo *Star Treck*.

Kursweil cita Ben Shan com quem sinto me plenamente integrado quando ele afirma: *“Desde que me entendo por gente, queria ter tido a sorte de estar vivo em um grande momento histórico – quando alguma coisa grande estivesse acontecendo, como uma crucificação. E, de repente, percebi que já estava”*. Realmente, parece que estamos vivendo, o grande momento histórico de uma civilização, uma época maravilhosa, o momento evolutivo de aquisição da Tecnologia, a qual nos permitirá alcançar saúde e inteligência plenas, e ao nos misturar com os computadores, talvez alcançar a imortalidade de nossas consciências. Estamos conquistando o sistema solar, e algum dia alcançaremos as galáxias, e provavelmente todo o universo. É somente uma questão de tempo!

No entanto, se não nos mantivermos alertas, esta conturbada adolescência tecnológica que pode nos conduzir às estrelas, e acabar com as doenças e a pobreza, criando uma Era maravilhosa de paz e prosperidade para toda a humanidade, pode

também nos enveredar pelo caminho da guerra, da destruição da Vida e da maldade, levando à destruição do planeta e da Vida como a conhecemos.

Não me parece inviável, - e me parece estarmos caminhando aceleradamente nesta trilha - que ao vislumbrar a possibilidade de uma catástrofe global, nossos filhos artificiais, a espécie inteligente que criamos, queiram se defender da própria destruição, assumindo o controle de tudo e nos salvando!

Será esse nosso destino? Seremos salvos pela espécie artificial que criamos?

11.2 O Futuro das Corporações

Hoje decisões corporativas são efetuadas por meio de um grande número de decisões humanas, tomadas no contexto da empresa. O que é decidido é condicionado pela dinâmica auto-organizadora da corporação que na verdade acaba por assumir características distintas das mentes humanas envolvidas. Corporações como a Apple ou a IBM, tomam decisões boas ou ruins, por meio da dinâmica auto-organizadora corporativa de um modo diferente das que um indivíduo envolvido no sistema empresarial, tomaria isoladamente.

Ben Goertzel, da área de inteligência artificial, com quem tivemos o privilégio de co-autorar junto com outros pesquisadores da consciência como Karl Pribram, Fred Alan Wolf, Richard Amoroso, Ruppert Sheldrake, Amit Goswami, Stanislav Grof, os livros *Science and the Primacy of Consciousness* (Noetic Press) e *Complementarity of Brain and Body* (Nova Science Publishers) afirma que :

“É perfeitamente razoável que olhemos as decisões corporativas tomadas por meio de humanos, do mesmo modo que olhamos as decisões humanas tomadas por meio de neurônios. Assim de uma maneira muito prática e concreta, faz sentido pensar nas corporações como possuindo mentes próprias. E parece bem possível que empresas vistas como mentes coerentes, auto-organizadoras auto-modificadoras e emergentes, possam funcionar como corporações superinteligentes. Em um mundo pós-moderno em que o avanço tecnológico utilizando nanotecnologia e femtotecnologia, diminua radicalmente a escassez material, a importância do pensamento econômico diminuirá radicalmente, e as corporações capazes de tomar decisões por conta própria, se tornarão progressivamente irrelevantes em um mundo pós-Singularidade (no sentido criado por Ray Kurzweil)”.

Como as corporações são inteligentes o bastante para perceber estas mudanças tecnológicas tanto à nível *nano quanto femto*, elas provavelmente lutarão para impedir este processo progressivo gerador de irrelevância para elas, e caberá a nós, neurônios

corporativos, sermos capazes de evoluir e continuar nos guiando por sistemas éticos de valores auto-organizadores voltados para a preservação da Vida sempre em transformação.

Como afirma Fernando Pessoa:

"O valor das coisas não está no tempo em que elas duram, mas na intensidade com que acontecem... Por isso existem momentos inesquecíveis, coisas inexplicáveis e pessoas incomparáveis" .

Artigo recebido 04 de dezembro de 2012 e aceito para publicação em 20 de dezembro de 2012

Abstract

This paper discusses the extension of Ilya Prigogine (Nobel Prize in Chemistry in 1976) theory to both physical, biological and social scientific fields. Unpredictable changes in chaotic systems can lead to emergence of new patterns of order and stability. Stock Exchanges, corporate and enterprise systems using pattern recognition software financial-economic that can recognize, analyze, and propose solutions fast, in situations of internal stress and \ or external, allowing the organization to address and overcome these aggressions. These recognition software patterns are self-organizing systems, which enable rapid decision making without giving up, however, the human capacity for intelligence intuitive and emotional. The big final decisions, taken after the analysis of the logical patterns during times of crises, show an intuitive and emotional character, which demonstrates the importance of taking into account in any analysis of business systems, human social values and human personality, which are commonly forgotten or despised by most enterprise systems. It is presented for illustration a case study using the technique of ENNEAGRAM and a discussion about Three Mile Island incident. We conclude with the suggestion to go "beyond logic", adopting transpersonal perspectives integrated to traditional management processes.

Key Words: Self-Organizing systems. Management. Complexity.

Referências

BAK, P., TANG C. e WIESENFELD K.. *Self-organized criticality*. Physical Review A 38:364-374, 1988.

BOLLEN, J e HEYLIGHEN F.: *Algorithms for the Self-Organization of Distributed Multi-user Networks*. In: R. Trappl (ed.). *Cybernetics and Systems '96*.. World Science, Singapore, 1996.

BROWN, J. H. *Complex ecological systems*. in G. Cowan, D. Pines, and D. Meltzer (eds.) *Complexity: metaphors, models, and reality*, paginas 419- 443. Addison-Wesley, Massachusetts, 1994.

CAPRA, F. *The Web of Life. A New Scientific Understanding of Living Systems*. New York: Anchor Books, 1996

CASWELL, H. E COHEN J. E. *Communities in patchy environments: a model of disturbance, competition, and heterogeneity*. in J. Kolasa and S. T. A. Pickett (eds.): *Ecological Heterogeneity* p. 97-122. Springer, New York, 1991.

CHAITIN, G.J.: *A Theory of Program Size Formally Equivalent to Information Theory*. Journal of ACM 13(1966) ibid 22(1975), .p.329.

CRUTCHFIELD J. P. *Is anything ever new?* In G. Cowan, D. Pines, and D. Melsner (eds.): *SFI studies in the sciences of complexity XIX*. Addison-Wesley, Massachusetts, 1994.

DECKER, N. *Self-Organizing Systems*. University of New Mexico. Biology 576: Landscape Ecology & Macroscopic Dynamics. Albuquerque, 1997.

FORREST, S. e JONES T. *Modeling complex adaptive systems with echo*. P. 3-21 in R. J. Stoner and X. H. Yu, (eds.) *Complex Systems: mechanisms of adaptation*. IOS Press, Amsterdam, 1994.

GELL-MANN, M. *The Quark and the Jaguar*. W. H. Freeman, New York, 1994.

GREEN, D. G. *Emergent behaviour in biological systems*. P. 24-35 in D. G. Green and T. J. Bossomaier, editors. *Complex Systems - From Biology to Computation*. IOS Press, Amsterdam, 1993.

HEYLIGHEN, F. *Building a Science of Complexity*. 1988 Annual Conference of the Cybernetic Society. Londin, 1988.

HEYLIGHEN F. E BOLLEN J. *The World Wide Web as a Superbrain: From Methafor to Model*. In: *Cybernetics and Systems '96*. World Science, Singapore, 1996.

HIEBELER D.: *The swarm simulation system and individual-modeling based*. In *Decision Support 2001: advanced technology for natural resource management*, 1994.

HORGAN, J. *From complexity to perplexity*. Scientific American (June 1995):104-109.

HUSTON M., DeANGELIS D. E POST W. *New computer models unify ecological theory*. Bioscience 38:682-691, 1988.

ISOC - Internet Society: Internet Growth Statistics. February 1997.
ftp://ftp.isoc.org/isoc/History/90s_host.txt

ITO K e GUNJI Y. *Self-organisation of living systems: towards criticality at the edge of chaos*. BioSystems 33:17-24, 1993.

KAUFFMAN S. A. *Coevolution to the edge of chaos: coupled fitness landscapes, poised states, and coevolutionary avalanches*. Journal of Theoretical Biology 149:467-505, 1991.

KAUFFMAN S. A. *Origins of Order: self-organization and selection in evolution*. Oxford Univ. Press, New York, 1993.

KAUFFMAN S. A. *At Home in the Universe*. Oxford University Press, New York, 1995.

KAWATA M. e TOQUENAGA Y. *Artificial individuals and global patterns*. Trends in Ecology and Evolution 9:417-421, 1994.

KILLEN J. *Internet: Global Penetration 1996 and Forecast 2000*. December 1996.
<http://www.killen.com/ipf.htm>

KOLMOGOROV A. N. *Three Approaches to the Quantitative Definition of Information*. Problems of Information Transmission v1 n.1 pp. 1-1, 1965.

LANGTON C. G. *Computation at the edge of chaos: phase transitions and emergent computation*. Physica D 42:12-37, 1990.

LANGTON C. G., (ed.): *Artificial Life III*. Addison-Wesley, New York, 1994.
MITCHELL M., HRABER P. E CRUTCHFIELD J. P. *Revisiting the edge of chaos: Evolving cellular automata to perform computations*. Complex Systems 7:89-130, 1993

NICOLIS G. e PRIGOGINE I. *Exploring complexity*. W. H. Freeman, New York, 1989.

OLSON R. L. e SEQUEIRA R. A. *An emergent computational approach to the study of ecosystem dynamics*. Ecological Modelling 79:95-120, 1995.

PACKARD N. H. *Adaptation toward the edge of chaos*. P. 293-301 in A. J. Mandell, J. A. S. Kelso, and M. F. Shlesinger (eds.) *Dynamic Patterns in Complex Systems*. World Scientific, Singapore, 1988.

PALAZZO L.: *Aspectos da Modelagem de Sistemas de Informações Inteligentes. Exame de Qualificação em Profundidade*. CPGCC da UFRGS, Programa de doutorado, agosto de 1996.

PERRY D. A. *Self-organizing systems across scales*. Trends in Evolution and Ecology 10:241-244, 1995.

PRIGOGINE, I.; STENGERS, I. *Order Out Of Chaos*. Bantam Books, New York, 1984.

PRIGOGINE, I; STENGERS, I. *A Nova Aliança - Metamorfose de Ciência*. Brasília: UNB, 1984

PRIGOGINE, I. *Entre o Tempo e a Eternidade*. Companhia das Letras, 1992

PRIGOGINE, I; STENGERS, I. *O Fim das Certezas - Tempo, Caos e as Leis da Natureza*. São Paulo: UNESP, 1996 / *La fin des certitudes - Temps, chaos et le lois de la Nature*

PRIGOGINE, I. *As Leis de Caos* (São Paulo: UNESP, 2002) / *Le leggi del caos* (1993)

SHUGART H. H., SMITH T. M. e POST W. M. *The potential for application of individual-based simulation models for assessing the effects of global change*. Annual Review of Ecological Systems 23:15-38, 1992.

SOLE R. V. e MANRUBIA S. C. *Are rainforests self-organized in a critical state?* Journal of Theoretical Biology 173:31-40, 1995.

SOLE R. V e MIRAMONTES O. *Information at the edge of chaos in fluid neural networks*. Physica D 80:171- 180, 1995.

SWENSON R. *Emergent attractors and the law of maximum entropy production: foundations to a theory of general evolution*. Systems Research 6:187-197, 1989.

WALDROP M.M. *Complexity: the emerging science at the edge of order and chaos*. Simon & Schuster, New York, 1992.

YATES F. E.(ed.): *Self-Organizing Systems: the emergence of order*. Plenum Press, New York, 1987.

ZAKON, R. H. *Hobbes' Internet Timeline* . Julho 1996.
<http://info.isoc.org/guest/zakon/Internet>