

Grand PH.D. Francisco Di Biase

SISTEMAS & METASSISTEMAS

As conexões que criarão
um mundo organizacional
mais inteligente



NORTUS
Inteligência em ação

Francisco Di Biase

Grand PhD, PhD and Full Professor,
World Information Distributed University - WIDU, Bélgica
Professor Honorário, Albert Schweitzer International University, Suíça
Professor de Pós-Graduação, UGB –
Centro Universitário Geraldo Di Biase, Rio de Janeiro
Neurocirurgião-Neurologista, Santa Casa e Clínica Di Biase, Rio de Janeiro

"Todos os direitos reservados e protegidos pela Lei 9.610, de 19/02/1998. Nenhuma parte deste e-book pode ser reproduzida, arquivada em qualquer sistema de recuperação de informações ou transmitida de qualquer forma ou meio eletrônico, mecânico, cópia, fotocópia, registro, gravação ou qualquer outro sem a permissão expressa por escrito da empresa NORTUS - Soluções Estratégicas."

Introdução.....	3
Um Universo de Informação	5
Informação Auto-Organização e Consciência	7
O Código Cósmico	9
Os Reinos da Evolução Cósmica	9
1- A Cosmosfera	9
2- A Biosfera	9
3- A Noosfera	10
4- A Sociosfera.....	10
5- A Tecnosfera.....	11
6- A Consciênciosfera	12
Auto-organização, ordem, informação e entropia	13
Consciência auto-organização e informação	16
Organizações como sistemas biológicos e sociais	17
Sistemas auto-organizadores.....	18
Ordem e Desordem	21
O princípio de ordem a partir do ruído.....	22
Desordem Como Fator Enriquecedor do Sistema	23
Auto-Organização DNA e Proteínas.....	24
Auto-organização e Cibernética	26
Redes Cibernéticas Hierárquicas	28
Piaget e a Equilibração das Estruturas Cognitivas	30
Caos, Estruturas Dissipativas e Ordem por Flutuações	32
Sistemas Auto-Organizadores Homeostáticos	35
Sistemas Autopoiéticos.....	37
A cibernética empresarial e o sistema auto-organizador global.....	38

Sistemas sociais e humanos	39
Ordem e Caos	40
A Universalidade dos Pontos de Transição	41
Atratores	42
Um exemplo corporativo	45
Estados de Emergência	48
Um Case Exemplar	49
Conclusões	50
O nascimento de um novo mundo	51
O Futuro das Corporações.....	54
APÊNDICE	55
Informação não-local.....	55
Informação não-local quântico-holográfica.....	56
Sistemas holográficos.....	56

Introdução

Para levarmos nossa aventura do conhecimento adiante, necessitaremos, inicialmente, ultrapassar a visão clássica do que é informação, criada pela Teoria da Informação clássica e elaborada nos anos 40 do século XX por Claude Shannon a fim de melhorar a transmissão nas linhas telefônicas. Essa teoria utiliza a capacidade em bits do sistema e é incapaz de fornecer uma conexão adequada com as novas ciências da informação Quântica, da Auto-Organização, do Caos e da Complexidade. Para estabelecer essa conexão, precisávamos de uma nova concepção de Informação e de um desenvolvimento unificado da física quântica, capaz de explicar a auto-organização dos sistemas complexos dinâmicos longe-do-equilíbrio. Essa proeza intelectual foi o trabalho da vida de uma das maiores inteligências do século XX, o físico-químico Ilya Prigogine, premiado com o Prêmio Nobel de Química em 1977. Seus estudos sobre os processos irreversíveis - os fenômenos não-lineares e os sistemas complexos - permitiram-lhe desenvolver uma extensão da Termodinâmica clássica, criando toda uma nova física e uma nova matemática sobre o comportamento de sistemas em estado longe-do-equilíbrio. Sua Teoria dos Sistemas Dissipativos explica como os sistemas complexos são estruturados durante a formação de um estado de dissipação energética a partir do caos. Demonstra como a lei da entropia (segunda lei da termodinâmica), que reflete o grau de desordem de um sistema em processos auto-organizadores, conduz à emergência de novas estruturas de ordem a partir do caos. Esse tipo de auto-organização gera estruturas denominadas por ele **estruturas dissipativas**, que são criadas e mantidas por meio de intercâmbios de energia com o ambiente em condição de não-equilíbrio. São processos dependentes de uma nova ordem, denominada por Prigogine, **ordem por flutuações**, que corresponde a uma **'flutuação gigante'** estabilizada pelas trocas com o meio. Nesses processos auto-organizadores, a estrutura é mantida por meio de uma dissipação de energia, na qual ela se desloca gerando simultaneamente a estrutura por um processo contínuo. Quanto mais complexa a estrutura dissipativa, mais informação é necessária para manter suas interconexões, tornando-a, conseqüentemente, mais vulnerável às flutuações internas, o que significa um maior potencial de instabilidade e de possibilidades de reorganização. Se as flutuações são pequenas, o sistema se acomoda sem modificar a sua estrutura organizacional. Se as flutuações atingem, no entanto, 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, 1979). Durante o processo de desenvolvimento da sua teoria, Prigogine percebeu a necessidade de desenvolver um modelo da teoria quântica que pudesse explicar os fenômenos que descobrira, e acabou por criar uma formulação unificada da Teoria Quântica.

Um Universo de Informação

Em um cosmos evolutivo como o nosso, a complexificação progressiva das estruturas que fundamentam esse universo depende da geração de códigos informacionais auto-organizadores. Essa complexificação informacional possui significado e reflete, como veremos, a relação entre a entropia que mede o grau de desordem do sistema, a organização do sistema e a capacidade de variedade do sistema. A complexidade no universo cresce progressivamente a partir das forças gravitacionais e nucleares, intensificando-se com a emergência dos sistemas auto-organizadores macromoleculares (DNA, RNA e proteínas) da biosfera, alcançando um estado antientrópico (ordenado) de elevada complexidade, variedade e conteúdo informacional praticamente infinito com a emergência da noosfera (o mundo das ideias, do conhecimento). Para compreendermos como a informação vai adquirindo significado cada vez mais complexo, precisamos de uma teoria quântica que inclua além das interações mecanicísticas locais comuns, um desdobramento informacional quântico não-local instantâneo (ver apêndice). Existe uma teoria física, a teoria quântico-holográfica (ver apêndice) do universo, desenvolvida por David Bohm, que em seu arcabouço conceitual inclui um processo informacional não-local denominado holomovimento, que auto-organiza de forma holográfica significativa a matéria, a vida, e a consciência. Essa teoria quântica holística da natureza se unifica perfeitamente com a formulação unificada da teoria quântica auto-organizadora das estruturas dissipativas e dos sistemas complexos longe-do-equilíbrio, desenvolvida por Ilya Prigogine. Stonier, físico estudioso da nova teoria da informação quântica, propõe uma nova visão da informação que seria “um princípio organizacional cósmico com um ‘status’ igual à matéria e à energia”. Outros físicos, como Wojciech Zurek, vêm propondo a existência de uma Lei de Conservação da Informação mais fundamental do que a Lei de Conservação da Energia que permitiria concebermos a informação de um modo mais radical, tão fundamental no universo como a energia, a matéria, o espaço e o tempo. Zurek (1990) propõe que a **entropia física** seria uma combinação de duas grandezas que se compensam reciprocamente, a ignorância do observador, medida pela **entropia estatística** de Shannon, e o grau de desordem do sistema observado, medido pela **entropia algorítmica**, que é o menor número de bits necessário para registrá-lo na memória. Durante o processo de medição a ignorância do observador diminuiria como consequência do aumento do número de bits em sua memória, permanecendo, no entanto, constante a soma

dessas duas grandezas, ou seja, a **entropia física**. Nessa visão informacional do universo o observador permanece incluído como parte do sistema, tal como na visão ortodoxa da física quântica, mas o universo quântico se modifica não porque foi influenciado diretamente pela mente, mas porque a consciência do observador realiza uma transferência de informação entre o mundo subatômico e o cérebro consciente. Recentemente Vlatko Vedral demonstrou em seu livro *Decoding Reality*, que o universo é estruturado como informação e que tudo o que existe, inclusive nós, pode ser entendido em termos informacionais. Vedral retoma a profunda correlação entre o conceito de entropia (desordem) e o conceito de informação demonstrado por Leon Brillouin com um célebre teorema que relaciona informação e entropia negativa (neguentropia, ou ordem), e aplica essa correlação reformulada para o universo quântico. Na Teoria da Informação Quântica, o **bit** (que é definido pelas escolhas binárias **sim/não**), é transformado em **qbit** (quantum bit) que permite possibilidades de escolhas muito maiores. **Ambos** decorrem do fenômeno do emaranhamento quântico (entanglement). Esse fenômeno demonstra que as partículas que interagiram em alguma época de sua vida permanecem correlacionadas (emaranhadas, entangled) para sempre, por meio de uma informação instantânea não-local (ver apêndice). É uma forma de informação que se situa fora do espaço-tempo (ver apêndice) e que não depende da transmissão normal de informação à velocidade da luz e, por isso, afeta as partículas instantaneamente mesmo se estiverem separadas por bilhões de anos-luz de distância.

Informação Auto-Organização e Consciência

O universo concebido como informação quântica nos revela uma visão muito mais vasta da natureza do que a concepção científica clássica cartesiana-newtoniana que vem predominando nos últimos quatrocentos anos. E também por sua natureza quantum-holística, integradora da mente com o universo, nos reconecta à sabedoria das antigas filosofias e tradições espirituais da humanidade, que sempre perceberam o homem integrado, conectado ao cosmos. David Chalmers, filósofo da ciência, propõe que “consciência é um aspecto irreduzível do universo como o espaço, o tempo e a matéria”. A física hoje demonstra ser a consciência uma unidade indivisível com o processo de observação e o observado, influenciando as observações e mensurações quânticas. Portanto, existe realmente uma correlação direta da consciência com a informação quântica. Na verdade, não existe consciência sem informação. Refletindo sobre essas concepções e correlações, percebi, ou melhor, intuí, a existência de uma profunda e íntima relação entre informação, auto-organização e consciência, que me conduziu ao desenvolvimento de uma síntese que resultou no trabalho, “Information Self-Organization and Consciousness - Toward a Holoinformational Theory of Consciousness”, (Informação Auto-Organização e Consciência - Rumo a uma Teoria Holoinformacional da Consciência) publicado em 1999 nos USA, no The Noetic Journal e no mesmo ano na Europa, na revista científica World Futures, editada por Erwin Laszlo, maior autoridade mundial no estudo de sistemas. Nesse paper proponho uma nova Teoria Holoinformacional da Consciência, fundamentada na física da informação quântica surgida nos anos 90, na física holográfica (ver apêndice) e na possibilidade da consciência estar correlacionada à informação quântico-holográfica. Nessa síntese defini informação como **“uma propriedade intrínseca, irreduzível, e não-local do universo, capaz de gerar ordem, auto-organização e complexidade”**. Propus que **Informação seria uma dimensão primária, tão básica e incorporada à organização do universo quanto a energia, a matéria e o espaço-tempo**. Lembro-me, com emoção ainda, do debate que essa ideia gerou quando em 1998 apresentei-a, pela primeira vez, no congresso Science and the Primacy of Consciousness, na Universidade de Lisboa, Portugal. Como moderador, o neurocientista Karl Pribram, criador da teoria holográfica do funcionamento cerebral. Durante o caloroso debate gerado por minha apresentação, fui questionado em minha concepção de informação por um cientista australiano que apresentara um

modelo de consciência com bases na teoria da informação clássica. Ao me ver desafiado, me vi instantaneamente transportado para um estado intuitivo de consciência, vislumbrando de imediato todo o conhecimento que me conduziu a essa definição e, numa iluminação súbita, num insight, nasceu em minha consciência a definição acima de informação. Ao ouvir minha resposta, Pribram imediatamente se levantou e se encaminhou em minha direção, cumprimentando-me efusivamente, dizendo que concordava plenamente com minhas ideias. Foi o início de uma bela e profunda amizade que me permitiu trazê-lo ao Rio de Janeiro para falar no simpósio Fronteiras da Consciência, que co-organizei e que resultou no livro de mesmo nome, que organizei com Pribram e Richard Amoroso (publicado em português pela Editora CRV). Os dias em que passei no Rio ao lado de Karl, conversando despreocupadamente sobre informação, auto-organização, física quântica e holografia, ouvindo-o falar apaixonadamente sobre seu monismo ontológico - como define sua posição filosófica – bebendo em sua imensa sabedoria sobre a natureza da consciência, passeando no Cristo Redentor, no Pão de Açúcar e em nossas lindas praias, apreciando a beleza de nossas mulheres e as comidas típicas de nossos restaurantes, foram para mim um dos momentos inesquecíveis de minha vida.

A Evolução Auto-Organizadora do Universo

O Código Cósmico

A evolução cósmica se processa por meio da emergência de códigos informacionais não-locais quântico-holográficos que auto-organizam os padrões básicos da estrutura do universo. Esse código cósmico é constituído por níveis de organização que correspondem, cada um, a uma ruptura evolutiva e ao surgimento no universo de um novo mecanismo de memória mais complexo do que o anterior e que engloba o anterior, como os hólons de Artur Koestler (as duas faces de Janus). Esses patamares de organização são constituídos por códigos informacionais específicos que estruturam um vasto reservatório universal de informação quântico-holográfica, uma ordem informacional significativa fundamental que vem se auto-organizando e se complexificando desde o Big Bang, ou o que tenha iniciado essa imensa cosmogênese. Essa ordem universal se auto-organizou progressivamente em informação quântica, energia, matéria, vida e consciência. Minha visão dessa cosmogonia, dessa imensa embriogênese cósmica, que parece estar chocando este universo há aproximadamente 13 bilhões e meio de anos, e do qual somos a parte consciente, é que **cada um desses níveis de organização informacional gerou um domínio cósmico específico que podemos chamar de reinos da evolução cósmica.**

Os Reinos da Evolução Cósmica

1- A Cosmosfera

Nesse primeiro nível de complexificação cósmica observamos a emergência de um processo auto-organizador com a informação armazenada nas **estruturas quânticas atômico-nucleares**. É um **código de natureza quântico-holográfica** que estrutura e mantém a energia e a matéria no universo.

Corresponde ao **nível físico**.

2- A Biosfera

É o segundo nível de complexificação do universo, em que observamos a emergência de um processo auto-organizador com informação armazenada em dois

tipos de macromoléculas: **os ácidos nucleicos (DNA e RNA) e as proteínas (estruturais, funcionais ou enzimas e informacionais)**. Esse processo é controlado por um tipo de memória, o **código genético**, que estrutura e mantém a vida.

Corresponde ao **nível biológico e biossocial**.

3- A Noosfera

É o reino das ideias, o terceiro nível de complexificação cósmica, que emerge na evolução da vida como um processo auto-organizador baseado no **código neural**, que é dependente também do DNA e do RNA, acrescido dos neurotransmissores e de íons como sódio, potássio, cálcio e magnésio, que permitem a interconectividade neuronal. A informação se encontra armazenada em **redes neurais**. Esse processo organiza e mantém o funcionamento do cérebro e da mente.

Corresponde ao **nível neuropsicológico**

4- A Sociosfera

Esse nível de organização biológica mais complexo se divide em dois subníveis :

a- Ecossistemas com redes neurais inatas. É um domínio organizacional em que a vida se auto-organiza em sociedades complexas e hierarquizadas, mas a informação ainda se encontra armazenada em estruturas herdadas e comportamentos inatos, tal como ocorre nas colmeias e nos formigueiros.

b- Ecossistemas complexos com redes neurais adquiridas. É um domínio auto-organizacional com sociedades estruturadas de formas bem mais complexas, tais como as dos mamíferos, primatas e humanos. Seus indivíduos, além da informação armazenada em redes neurais inatas, possuem a **capacidade de criar novas redes de informações continuamente** por meio da **neuroplasticidade**, utilizando a interação interpessoal e com o meio. Esse processo gera novas informações que se estruturam em novas redes neurais que se integram às já existentes, criando novos comportamentos sociais e culturais que se disseminam como **memes** por todo o planeta.

Corresponde ao **nível sociocultural e histórico**.

5- A Tecnosfera

Nível de desenvolvimento organizacional em que nos encontramos neste momento no planeta Terra. A informação se encontra armazenada em **códigos de inteligência artificial** sob a forma de **hardware, software, e na internet**, que funciona como uma imensa mente artificial com redes eletromagnéticas interconectadas envolvendo todo o planeta. É o patamar evolutivo responsável pelo desenvolvimento da **tecnossociedade**, com tecnologias de informação, computadores, satélites, laser, ressonâncias magnéticas, tomografias com emissão de pósitrons, celulares, eos ipods, iphones, e ipads de Steve Jobs.

Corresponde ao **nível tecnossocial**.

Esse nível vem se acelerando exponencialmente, notadamente em dois subníveis de desenvolvimento tecnológico, a **nanorrobótica** e a **biotecnologia**, que estão mudando completamente nossa sociedade planetária.

Com a evolução exponencial da biotecnologia e da nanorrobótica e sua integração à inteligência humana, estamos nos transformando progressivamente em cyborgs. Hoje, já implantamos próteses por todo o corpo humano e operamos pacientes com doença de Parkinson, para tratamento dos seus tremores, estimulando com eletrodos as estruturas profundas do cérebro, cirurgia realizada rotineiramente em centros neurocirúrgicos de ponta no mundo, como no serviço de neurocirurgia do Dr Paulo Niemeyer, no Rio de Janeiro, com quem trabalhei por muitos anos.

Ray Kurzweil, em seu livro A Era das Máquinas Espirituais, mostra um algoritmo do desenvolvimento da tecnologia da informação que prevê que nos próximos vinte-trinta anos um computador portátil de aproximadamente mil dólares, como este em que escrevo neste momento, com a capacidade de um cérebro de rato, terá alcançado a capacidade de processamento do cérebro humano. A partir daí se não acompanharmos a evolução da tecnologia de inteligência artificial, implantando chips em nossos cérebros para melhorar nossa capacidade de processamento neural, seremos ultrapassados por andróides e robots, ou mesmo dominados ou exterminados por essa nova forma de inteligência que criamos no universo, tal como nos filmes de ficção científica.

Nesse processo evolutivo, a inteligência e o conhecimento humano se integrarão cada vez mais aos nano-padrões de informação, matéria e energia do universo, criando uma holosfera universal de informação-conhecimento na própria estrutura quântico-holográfica cósmica. Nos integraremos, então, ao universo em uma **Infoesfera Inteligente Universal**, uma espécie de **Consciência Cósmica**, tal como descrito nas tradições filosófico-espirituais da humanidade.

6- A Conscienciosfera

Corresponde ao mais elevado e complexo nível de evolução alcançado pelo universo. É um processo auto-organizador gerador de consciência, fundamentado em **campos quântico-holográficos** organizados a partir de redes neurais de fibras finas, denominados teledendrons e dendritos, que são os responsáveis pela geração das ondas eletromagnéticas em nosso cérebro captadas no EEG (eletroencefalograma). São sistemas auto-organizadores longe-do-equilíbrio, atuando de modo não-linear dinâmico e complexo. Essa dimensão ondulatória é descrita por Karl Pribram sob o nome de dinâmica espectral pré-espaco-temporal e constitui um universo de frequências, tal como a ordem implícita do universo quântico-holográfico de David Bohm. Esses campos de frequências quântico-holográficas cerebrais são responsáveis pela interconectividade informacional não-local (quântico-holística) entre as mentes humanas e o universo quântico-holográfico que lhe deu origem. Atuam conjuntamente com as redes neurais clássicas já existentes e com as novas redes neurais que estão sendo geradas continuamente pelo diálogo cérebro-DNA e a plasticidade neuronal, em ciclos de aproximadamente 90 minutos.

Corresponde ao **nível espiritual**.

Denominamos esse nível de espiritual por ser aquele que nos une ao universo, e que nos religa à nossa fonte original, descrito nas filosofias de todas as tradições espirituais e religiosas da humanidade. Lembramos aqui que religar vem do latim religare, religio, origem latina da palavra religião.

Auto-organização, ordem, informação e entropia

Todo esse fluxo universal de holoinformação (informação local + informação não-local), ou seja, essa ordem transmitida de modo significativo e inteligente através de todos os níveis de complexidade do universo, modela os processos auto-organizadores inteligentes geradores de consciência e espiritualidade na mente humana. Participamos, assim, da criação desse universo que habitamos por meio de uma ‘computação’ cósmica em que o cérebro humano, como um teclado cósmico, faz a interface informacional mente-universo.

Somos parte interativa desse universo auto-organizador quântico-holográfico que, como afirma John Wheeler (o físico que criou o termo “buraco negro” em astronomia), **“é um universo participativo”**. Wheeler (1990) compreendeu a importância da informação nesse contexto com seu célebre conceito **“the it from bit”** que permite unir a teoria da informação à consciência e à física: “Cada coisa - cada partícula, cada campo de força, mesmo o espaço-tempo contínuo - deriva sua função, seu significado, sua verdadeira existência inteiramente, mesmo que em alguns contextos indiretamente, do aparato-desencadeador-de-respostas às questões sim-ou-não, escolhas binárias, **bits**.” Essa afirmação de que toda função, todo significado, toda verdadeira existência, deriva de escolhas binárias **possui uma identidade perfeita com o modelo informacional de consciência que vimos propondo**.

Uma conceituação mais abrangente dos conceitos de ordem, organização, informação e neguentropia (Wiener, 1948; Shannon, 1949; Szilard e Brillouin, 1959) é essencial para o desenvolvimento de um modelo informacional auto-organizador do universo da consciência, das sociedades e das organizações. Leon Brillouin, já citado anteriormente, a partir de trabalhos de Szilard, desenvolveu um célebre teorema que demonstra a equivalência entre informação (ordem) e neguentropia (entropia negativa ou ordem). Norbert Wiener (1948) colocou essa identidade na base conceitual da Cibernética, afirmando que **“informação representa entropia negativa”** e profeticamente enfatizando que **“informação é informação, não é matéria, nem energia”**. Em uma época em que se desconhecia que tipo de informação circulava nos loops, interconectando os diversos níveis hierárquicos dos seres vivos e das máquinas artificiais, só era possível definir informação como algo que não fosse nem matéria, nem energia.

Gregory Bateson (1972) filósofo e antropólogo, define informação como **“a diferença que faz a diferença”**, conceituação que Chalmers (1996) retoma afirmando ser este “o caminho natural para fazer a conexão entre sistemas físicos e estados informacionais”.

A equivalência/identidade entre ordem/neguentropia/informação, é a trilha que nos permite fundamentar e compreender todo o fluxo irreduzível e natural de transmissão de ordem no universo, nos seres vivos, nas sociedades, e nas organizações, se auto-organizando de forma significativa e inteligente por meio da informação. Classicamente, a definição de ordem é probabilística e dependente do conceito de entropia que é interpretado como um aumento da desordem de um sistema, ou seja, uma homogeneização estatística, deixando ausente, ou reduzindo muito, a imensa riqueza das significações naturais. Atlan (1972, 1979, 1983) percebendo essa limitação, chegou a um resultado “vizinho ao de Tonnelat”, que em *Thermodynamique et Biologie* afirma que **“a entropia não deve ser compreendida como uma medida da desordem, mas muito mais como uma medida da complexidade”**. Atlan “torna isso possível por meio da dialética de Brillouin (que Tonnelat rejeita) entre informação (que não possuímos) e neguentropia-ordem molecular (que não podemos observar diretamente)”. Concordamos com essa afirmação mas, para isso, é necessário considerarmos que a noção de informação implica em certa ambiguidade, podendo significar a capacidade em bits de um sistema físico como na Teoria da Informação clássica de Shannon, ou o conteúdo semântico (significado) conduzido pelos bits durante uma comunicação. Na Teoria da Informação clássica, a organização ou ordem, expressa pela quantidade de informação do sistema (a função H de Shannon) **é a medida da informação que nos falta, a incerteza sobre o sistema**. Foi relacionando essa ambiguidade, essa incerteza à variedade e a não-homogeneidade do sistema, que Atlan conseguiu resolver certos paradoxos lógicos da auto-organização e da complexidade, ampliando a teoria de Shannon. Definiu organização de um modo quantitativamente formal e demonstrou que **a ordem do sistema corresponde a um compromisso entre o conteúdo informacional máximo (isso é, a variedade máxima) e a redundância máxima**. Mostra ainda que a ambiguidade pode ser descrita como uma função do ruído (no sentido de desordem) ou mesmo do tempo, se considerarmos os efeitos do tempo como relacionados aos fatores aleatórios acumulados pela ação do ambiente. Essa ambiguidade, característica dos sistemas

auto-organizadores, pode se manifestar de forma negativa (“**ambiguidade-destrutiva**”) com o significado clássico de efeito desorganizador, ou de forma positiva, (“**ambiguidade produtora de autonomia**”) que atua aumentando a autonomia relativa de uma parte do sistema em relação às outras, ou seja, diminuindo a redundância geral do sistema e aumentando o seu conteúdo informacional.

A teoria auto-organizadora de Atlan foi desenvolvida para explicar a complexidade dos sistemas biológicos. Jantsch, estudando a evolução do universo, demonstrou que a evolução cósmica é também um processo auto-organizador com a microevolução dos sistemas individuais (hólons) co-evoluindo para estruturas macrossistêmicas coletivas mais organizadas, com acentuada redução na quantidade desses sistemas coletivos.

Todo esse processo auto-organizador representa, com efeito, uma expressão universal de uma maior aquisição de variedade ou conteúdo informacional, que é consequente a uma redução da redundância na totalidade do sistema.

Consciência auto-organização e informação

Seager (1995) afirma que consciência, auto-organização e informação se conectam ao nível da significação semântica e não ao nível da capacidade em bits. E que “como a teoria clássica da informação se situa ao nível da capacidade em bits, ela seria incapaz de promover a conexão própria com a consciência”. Dessa forma, precisamos de uma visão mais radical da informação para propormos uma visão mais radical da natureza fundamental da consciência. Seager nos lembra ainda que no clássico experimento quântico das duas fendas, o que está em jogo não é a capacidade em bits, mas a correlação semanticamente significativa de sistemas físicos distintos, **informacionalmente carregados** (‘informationladen’) de modo não-causal.

Chalmers (1995) sustenta que cada estado informacional possui dois aspectos diferentes, um sob a forma de experiência consciente e o outro como processo físico no cérebro, ou seja, um interno/intencional e outro externo/físico. Essa visão tem sustentação, como já vimos, nos atuais desenvolvimentos da chamada ‘física da informação quântica’ de Zureck e col., e nos fundamentos clássicos da física quântica, que não separa o observador do processo de observação e do observado, constituindo uma unidade indivisível em um universo que é uma totalidade não-local indivisível. No modelo que desenvolvemos de consciência holo informacional (ver nosso trabalho Information, Self-Organization and Consciousness), nossa mente está continuamente interconectada a um universo não-local e participativo, no sentido de Wheeler, no qual cada ato consciente cria instantaneamente, ao mesmo tempo, nós mesmos e o cosmos.

Organizações como sistemas biológicos e sociais

Durante a Segunda Guerra Mundial a análise de sistemas foi fundamental para o desenvolvimento de pesquisas operacionais e para a análise e o planejamento estratégico militares, proporcionando um enorme salto no desenvolvimento dessa disciplina. Nos anos 50, o desenvolvimento de modelos matemáticos de análise sistêmica levou à elaboração de modelos de custo-benefício que permitiram uma compreensão mais ampla de escolha entre as alternativas possíveis na busca de um objetivo específico. Ainda na área de business foram desenvolvidas técnicas de dinâmica sistêmica e de gerenciamento cibernético que permitiram o gerenciamento de problemas organizacionais mais complexos. Durante os anos 50 e 60, os conceitos sistêmicos, entre eles os da recém-nascida ciência da Cibernética desenvolvida por Norbert Wiener, geraram aplicações práticas nas áreas de engenharia e gerenciamento, surgindo novas disciplinas como a Engenharia de Sistemas, a Análise de Sistemas e o Gerenciamento Sistêmico. Com o desenvolvimento industrial e o aparecimento de novas tecnologias químicas, eletrônicas e de comunicações, a doutrina sistêmica veio suprir a necessidade de se ter uma metodologia capaz de desenvolver estratégias de gerenciamento e de controle das interações práticas entre as diversas formas de tecnologia, com a possibilidade de prever as propriedades emergentes dos sistemas em jogo.

Algumas décadas depois, Hans Ulrich desenvolveu o célebre **Modelo Saint Gallen** da St.Gallen Business School da Suíça. Muito utilizado em círculos de gerenciamento sistêmico na Europa, o modelo se baseia na ideia de que **as organizações de negócios funcionam como sistemas sociais vivos**, incorporando ideias das áreas de biologia, ciências cognitivas, ecologia, e teoria evolucionária. Por essa época, tentando compreender a complexidade sistêmica dos seres vivos, estudiosos da área de sistemas, cibernética, termodinâmica e físico-química, estudando o comportamento dos sistemas longe-do-equilíbrio, desenvolveram a concepção de **sistemas auto-organizadores**, com base na **lógica da complexidade** e na **teoria do caos** como veremos a seguir.

Sistemas auto-organizadores

Após o nascimento da Cibernética como ciência desenvolvida por Norbert Wiener em 1949, diversos estudiosos voltaram-se para os seres vivos, tentando classificá-los como máquinas. De acordo com essa visão as performances dos sistemas biológicos, por mais extraordinárias que sejam, resultariam de princípios que apresentariam similaridade, continuidade e identidade com os princípios sistêmicos gerais da cibernética. Desses estudos resultaram os conceitos de **sistema auto-organizador e autômato autorreprodutor**, formas cibernéticas de designar os organismos biológicos. Henri Atlan, biofísico francês, nos lembra que essa concepção nos conduz às seguintes conclusões:

- A especificidade dos organismos vivos liga-se a princípios organizacionais e não a propriedades vitais irreduzíveis.
- Uma vez descobertos tais princípios, nada nos impedirá de aplicá-los aos autômatos artificiais, cujas performances deverão, então, se tornar iguais às dos organismos vivos.

Para compreendermos os sistemas auto-organizadores precisamos inicialmente entender o conceito de **confiabilidade ou fiabilidade** (fiabilité). Um ser vivo é constituído por moléculas que desgastam e células que degeneram, ou seja, elementos pouco fiáveis. No entanto, em seu conjunto, é uma estrutura extremamente confiável, capaz de autorreparação e de funcionamento mesmo quando avariada. O filósofo francês Edgard Morin afirma que "a máquina artificial logo que constituída só pode começar degenerando, enquanto a máquina viva é, mesmo que temporariamente, não-degenerativa, isto é, apta a aumentar sua complexidade". Morin afirma que a desordem interna, o "ruído", ou erro, sempre desgasta a máquina artificial, ao passo que os organismos funcionam sempre com uma parte de ruído e que o aumento de complexidade do ser vivo melhora sua tolerância ao ruído, existindo até um determinado limite, uma relação generativa entre o aumento do ruído ou desordem e o aumento da complexidade desses sistemas. **Estruturas que funcionam com esse tipo de lógica cibernética, utilizando a desordem ou ruído para aumentar sua complexidade, são denominadas sistemas auto-organizadores.**

De acordo com o cibernético Heinz Von Foerster, o aparecimento de descrições autorreferenciais na ciência atual testemunha a emergência de conceitos cibernéticos novos, denominados conceitos de segunda ordem. Deparamo-nos com tais concepções quando um nome aparece precedido do "especificador auto", como nos exemplos seguintes: "auto-organização", "autorreplicação", "autorreparação", "autorregulação". São termos característicos do novo paradigma "**auto**", surgido na área sistêmica e que originou a chamada Cibernética de Segunda Ordem. O matemático J. Von Neumann, criador do computador de processamento serial, estudando o fenômeno cibernético da **auto-organização**, conseguiu demonstrar que **sistemas auto-organizadores**, também conhecidos na Cibernética como **autômatos autorreprodutores**, possuem a propriedade de integrar o ruído e incorporá-lo à sua estrutura sem que ela seja destruída por ele. Essa propriedade o levou a propor que tal aptidão seria consequência de uma diferença qualitativa fundamental na lógica de organização desses sistemas. Seus trabalhos, mais os de Winograd e Cowan definiram as condições necessárias para o surgimento de sistemas auto-organizadores, com fiabilidade maior do que a dos seus componentes que são:

1- Redundância dos componentes, isso é, os componentes do conjunto repetidos um grande número de vezes, como ocorre nos seres vivos, que são constituídos por trilhões de unidades celulares fundamentais.

2- Redundância das funções, isso é, a capacidade de uma função lógica ser executada ao mesmo tempo em vários níveis do conjunto que podem controlar-se mutuamente. As mesmas redes de informação e mensageiros moleculares entre os vários órgãos de um organismo são comuns à maior parte das espécies em nosso planeta.

3- Complexidade dos componentes, isso é, a possibilidade de funcionar utilizando uma quantidade imensa de unidades constitutivas degradáveis que, apesar da desordem e do ruído introduzidos no sistema, não ocasionam nele aumento da entropia (desordem), podendo ser, no conjunto, até mesmo regeneradoras e enriquecedoras.

4- Distribuição e deslocamento das funções, isso é, a capacidade de uma função poder ser executada de forma simultânea em várias partes do sistema, mantendo a resiliência dele e permitindo que continue funcionando sem prejuízo da função em caso de erros ou avarias.

Em estruturas complexas como os organismos, os sistemas sociais e as organizações, certo grau de indeterminação é necessário para que o sistema possa adaptar-se a certo nível de desordem (ruído). Tais condições ocorrem, por exemplo, no organismo humano, que é capaz de suportar variações intensas da homeostasia (equilíbrio) orgânica sem que isso conduza à desintegração do sistema. Quando, por exemplo, adquirimos uma doença grave como uma hepatite (que afeta o funcionamento do fígado, nosso sistema-departamento de processamento metabólico), ou uma encefalite (que altera nosso sistema nervoso central), o sistema-organismo imediatamente coloca em ação um sistema de defesa, o sistema imunológico, especializado em combater os intrusos que penetram no organismo, como um vírus ou uma bactéria. Apesar do ruído introduzido no sistema pelo vírus ou por uma bactéria, nosso organismo consegue combater a agressão ao mesmo tempo em que se mantém em funcionamento, tal como os sistemas de emergência o fazem em nossos computadores. É claro que se o grau de ruído ou desordem introduzido no organismo for excessivamente elevado poderemos entrar em coma e morrer. É esse mesmo tipo de lógica da complexidade sistêmica que devemos utilizar quando analisamos o funcionamento de qualquer organização ou empresa. Se a organização estiver com seus sistemas de controle e alimentação ou com os processos metabólicos que a sustentam comprometidos, devido, digamos, a um excessivo grau de desordem gerencial ou a uma crise econômica externa, fazendo com que esse ruído (desordem) se espalhe de modo descontrolado pela totalidade da empresa, alterando o funcionamento de seus subsistemas (departamentos) ou comprometendo suas interconexões sistêmicas externas, a empresa acabará por parar.

Ordem e Desordem

Desde 1944, quando Erwin Schrödinger, um dos pais da física quântica, publicou seu livro seminal “What is Life?”, ficou bem estabelecida a existência de **dois diferentes princípios pelos quais eventos ordenados podem ser produzidos**: o "mecanismo" estatístico que produz **ordem a partir da desordem** e um outro produtor de **ordem a partir da ordem**, ou seja, a partir de organização complexa e informação, que explicaria a matéria viva e cuja prioridade de compreensão, segundo o próprio Schrödinger, deve ser reivindicada para Max Planck, criador da teoria quântica que, em um pequeno trabalho intitulado “The dynamical and statistical type of law”, já estabelecia essa distinção.

O princípio de ordem a partir do ruído

Heinz Von Foerster, estudioso da cibernética dos sistemas biológicos, demonstrou que **"nos sistemas auto-organizadores com um grau suficiente de redundância e fiabilidade, quando se introduz um ruído esse apresenta caráter enriquecedor e não perturbador ou destruidor"**. Um exemplo disso é a molécula de DNA, constituinte fundamental de todos os seres vivos, possui a capacidade de autorreplicação e de transmissão fiel dos "ruídos" (erros) introduzidos aleatoriamente na transcrição da mensagem genética, acidente a que todo sistema quântico está sujeito. Nesse tipo de sistema o ruído, por vezes, origina mutações (erros) que a evolução natural seleciona por serem enriquecedoras da performance do organismo. Von Foerster mostrou que só podemos compreender as propriedades singulares dos organismos atribuindo a eles além da propriedade de resistir ao ruído e à desordem (no sentido da teoria da informação) de forma eficaz, a de também utilizá-lo como fator de organização! Considerou que o princípio de Schrödinger de **"ordem a partir da ordem"** não é suficiente para explicar os seres vivos. Schrödinger afirmou que **"os sistemas vivos se nutrem de entropia negativa"**, ou seja, de ordem, ao que Von Foerster acrescentou sua célebre afirmação de que **"eles encontram também em seu 'menu' o ruído!..."**

Organismos, assim como sociedades e empresas, são sistemas auto-organizadores que funcionam segundo o **princípio de ordem a partir do ruído** de Von Foerster.

"Não é ruim a existência de ruído no sistema, pois se um sistema se imobiliza em um estado particular, tornando-se inadaptável, esse estado final pode ser extremamente ruim, porque ele será incapaz de ajustar-se a qualquer situação inadequada", afirma o biofísico francês Henri Atlan. A imobilização em uma ordem definitivamente estabelecida caracteriza, segundo ele, uma das duas formas possíveis de morte para um organismo, a outra sendo a imobilização do processo vital devido à desordem total.

Desordem Como Fator Enriquecedor do Sistema

Para que um ruído possa introduzir-se em um sistema sem destruí-lo e ser capaz de apresentar um caráter enriquecedor, como ocorre nos sistemas auto-organizadores, é necessário que o sistema seja constituído por uma rede cibernética complexa, em cuja estrutura o ruído penetre provocando alterações que não destruam a coerência das infinitas inter-relações estruturais e funcionais que controlam sua performance.

Uma das possibilidades do efeito destruidor do ruído em um sistema, denominado **ambiguidade-destrutiva**, ser superado pelo efeito enriquecedor, ou **ambiguidade-autonomia**, é “a existência de uma troca de alfabeto com um aumento do número de letras, quando passamos de um tipo de subsistema para outro, como uma via de comunicação entre eles” (Atlan). Essa seria uma explicação com base na teoria sistêmica e na cibernética para a troca de alfabeto observada em todos os organismos vivos, quando os **ácidos nucleicos**, escritos numa **linguagem de quatro símbolos** (quatro bases nitrogenadas), transcrevem o código genético nos ribossomos para uma **linguagem escrita em vinte símbolos** (vinte aminoácidos), realizando a síntese das **proteínas**.

Informação Auto-organização e a Universalidade do Código Genético

Auto-Organização DNA e Proteínas

Sabemos que os seres vivos são estruturados fundamentalmente a partir de dois grupos de macromoléculas, as **proteínas e os ácidos nucleicos**. As **proteínas** são responsáveis:

1. Pela estrutura dos organismos, por meio de sua forma estrutural ou fibrilar;
2. Pelo controle e catalisação das milhares de reações químicas que ocorrem no interior dos organismos, por meio das formas globulares ou enzimas;
3. Pela dinâmica informacional e imunológica do organismo, processada por moléculas proteicas mensageiras como os hormônios e os anticorpos;
4. Pela estrutura dos receptores proteicos das membranas celulares.

Os **ácidos nucleicos** são sistemas moleculares constituídos por nucleotídeos, que são estruturas moleculares formadas por quatro bases nitrogenadas denominadas adenina, timina, guanina e citosina; as letras que compõem a linguagem da vida. São capazes de autorreplicação e transmissão da informação genética, ne varietur, geração após geração.

Um sistema-organismo vivo, por ser organizado em estágios hierarquizados por meio de integrações sucessivas de subconjuntos moleculares e celulares (os holons de Artur Koestler e os íntegrans de François Jacob), possui elevada redundância estrutural e funcional, além da distribuição de funções que permite a ele alcançar uma extraordinária confiabilidade. Isso possibilita aos sistemas biológicos sobreviverem e se reproduzirem, "evadindo-se da queda para o equilíbrio" (Schrödinger), enganando a segunda lei da Termodinâmica (do aumento da entropia) que "é um decreto de morte" (Brillouin) porque possuem formas de organização molecular "extremamente altamente complexas", (Von Neumann) que

permitem a estruturação de uma bioarquitetura em estágios integrados e a ocorrência de auto-organização.

Acrescente-se às características dos sistemas biológicos acima expostos que toda estrutura viva é consequência de um processo evolutivo que a seleciona se a sua performance for favorável à sobrevivência da espécie.

Manfred Eigen, ganhador do Prêmio Nobel, por meio de estudos de cinética química, chegou a resultados que parecem derivados do princípio de ordem a partir do ruído, ao demonstrar que os mecanismos de replicação do ADN, de síntese protéica e regulação enzimática, podem ser analisados tanto sobre o plano da quantidade de informação total de uma população de macromoléculas, quanto da quantidade de informação das diferentes espécies de macromoléculas sintetizadas. Um dos problemas levantados por essa abordagem é "o das condições nas quais certas macromoléculas portadoras de informação podem ser selecionadas a partir de outras, em um sistema no qual a única restrição é que a síntese dessas moléculas se efetue por meio da cópia de moléculas idênticas. Pela primeira vez, o conceito de seleção com orientação, fundamento das teorias de evolução, adquire um conteúdo precioso, suscetível de ser expresso em termos de cinética química, diferentemente do círculo vicioso habitual em que caímos quando descrevemos a seleção natural como sobrevivência dos mais aptos, sendo que esses só podem ser definidos pelo fato de sobreviverem!" (Atlan). E mais adiante, "um dos resultados mais espetaculares a que Manfred Eigen chegou, aplicando essa teoria aos sistemas constituídos por um acoplamento de dois subsistemas com propriedades complementares (sistemas catalíticos), que são os conjuntos de ácidos nucleicos e os conjuntos de proteínas, é uma explicação possível da universalidade do código genético: seria o resultado inevitável de uma evolução em que somente esse código poderia ser selecionado".

Auto-organização e Cibernética

W.R. Ashby, por meio de uma série de trabalhos na área cibernética, estabeleceu uma lei denominada "**lei da variedade indispensável**" que demonstra uma relação entre a variedade das perturbações das respostas e dos estados aceitáveis em um sistema. Em conformidade com essa lei, **a variedade de respostas disponíveis em um sistema deve ser tanto maior quanto maior for a variedade das perturbações a que for submetido e quanto menor for a variedade dos estados aceitáveis**. Ou seja, para um sistema submetido a uma grande variedade de agressões, uma grande variedade de respostas é indispensável para que ele se mantenha em um número limitado de estados aceitáveis. Portanto, "em um meio-ambiente fonte de agressões diversas e imprevisíveis, uma variedade na estrutura e nas funções do sistema é um fator indispensável de autonomia". Ashby revelou ainda uma relação profunda entre essa lei da variedade indispensável e o teorema da via com ruído da Teoria da Informação de Shannon, demonstrando que nesse contexto **a lei da variedade indispensável estabelece que a capacidade do sistema não pode ultrapassar sua capacidade como via de comunicação de variedade, isso é, sua capacidade de transmissor**. Essa limitação não se manifestou nas ciências físicas e químicas devido aos sistemas estudados por essas ciências possuírem componentes extremamente homogêneos, com uma relativa pobreza de inter-relações estruturais em comparação com a complexidade dos sistemas biológicos e sociais integrados. Atlan exemplifica essa lei com o caso de um organismo submetido a infecções bacterianas de diferentes espécies, as quais, para sobreviver, devem responder por meio de antitoxinas apropriadas. "Se as espécies bacterianas, afirma ele, exigem cada uma, uma antitoxina diferente, então, evidentemente, o sistema de defesa deve ter tantas antitoxinas em seu repertório de respostas quantas forem as espécies bacterianas existentes para ser capaz de produzir o único estado aceitável, caracterizado aqui, de forma muito geral, pela sobrevivência do organismo".

Ashby afirma que "duas qualidades dos sistemas complexos (como os biológicos e os sociais) a heterogeneidade das partes e a riqueza de interações entre elas, têm a mesma implicação: a quantidade de informação que circula, seja do sistema ao observador, seja de parte a parte, é muito mais elevada do que aquela que circula

quando o pesquisador é um físico ou um químico”. A quantidade de informação elevada limita a seleção da estratégia científica apropriada. “É bem possível que a quantidade de informação implicada ultrapasse a capacidade do pesquisador - ou do conjunto de pesquisadores - como transmissor”, afirma Atlan. Ashby demonstrou ainda que em um sistema fechado, isso é, sem interação com o ambiente, a auto-organização seria uma impossibilidade lógica. Atlan, analisando essa impossibilidade lógica, afirma que **"a noção de auto-organização 'sensu stricto' é contraditória se considerarmos a organização como lei de funcionamento de um sistema. Esse não pode mudar devido a um determinismo somente interno, pois é esse determinismo que constitui sua lei constante de funcionamento"**.

O francês André Bejin, na apresentação do capítulo "Auto-Organization ET Connaissance", no livro L'Unité de L'Homme, afirma que “o sistema auto-organizador se ‘nutre de ordem’ (Schrödinger) e de ‘ruído’ (Von Foerster). Dessa forma, como demonstrou Ashby, ‘ele só pode ser ciberneticamente aberto e se complexificar utilizando ‘materiais’ que não são somente os de sua própria operação’.”

Um sistema auto-organizador só pode, portanto, ser modificado por fatores externos a ele, existindo somente duas possibilidades de modificação:

1º- Modificação por meio de um programa pré-estabelecido que é injetado no sistema. O que não caracteriza um ruído no sentido da Teoria das Comunicações.

2º- Modificação por meio de fatores aleatórios introduzidos no sistema, sem nenhum padrão que permita discernir um programa.

Nesse último caso poderíamos falar em auto-organização mesmo que não seja em sensu stricto, isso é, o próprio sistema se organizando sem intervenção de fora, pois apesar da existência de ação externa sobre ele, essa é totalmente aleatória.

Redes Cibernéticas Hierárquicas

A organização de um sistema complexo em subsistemas relativamente independentes é o tipo de organização sistêmica que permite a adaptação mais rápida e eficaz do todo, pois os subsistemas são capazes de assumir estados parcialmente independentes uns dos outros. Seymour Papert, do MIT, um dos pais da disciplina da Inteligência Artificial, demonstrou que essa organização em subsistemas hierarquizados parece ser o nível ou o “trampolim” que permite a liberação do entrave do nível físico, criando a emergência de novos comportamentos inteligentes e criativos, **“libertando a estrutura lógico-cibernética do sistema para uma gênese guiada por sua própria lógica”**.

Retomando os conceitos descritos acima, que caracterizam um sistema auto-organizador, podemos afirmar que se um sistema apresentar:

1º) Uma elevada redundância estrutural, isso é, os componentes do conjunto repetidos um grande número de vezes.

2º) Uma elevada redundância funcional, isso é, a capacidade de uma função lógica ser executada, ao mesmo tempo, em vários níveis do conjunto que podem controlar-se mutuamente.

3º) Uma elevada fiabilidade, isso é, a possibilidade de funcionar utilizando unidades constitutivas degradáveis que, apesar da desordem e do ruído introduzidos no sistema, não ocasionam nele aumento da entropia (desordem), podendo ser, no conjunto, até mesmo regeneradoras e enriquecedoras.

4º) Deslocamento (distribuição) das funções, isso é, a capacidade de uma função poder ser executada em várias partes do sistema, mantendo sua resiliência para que em caso de avarias possa continuar funcionando sem prejuízo da função.

Esse sistema com as características acima descritas é um **sistema auto-organizador** que pode reagir aos efeitos aleatórios do meio ambiente, diminuindo sua redundância e fiabilidade sem parar de funcionar. Em termos de organização

cibernética a continuação de seu funcionamento poderá originar uma maior variedade e heterogeneidade, conseqüente à diminuição da redundância, que o tornará capaz de performances autorreguladoras mais aperfeiçoadas e complexas. O que, em última análise, consiste na geração de ordem (informação) a partir do ruído.

Atlan criou a expressão **acaso organizacional** como tentativa de descrever de forma mais precisa essa geração de ordem a partir da desordem (ruído) introduzida no sistema. Aplicou esse conceito ao entendimento da lógica auto-organizadora da evolução, a qual definiu como um caso particular de sistema auto-organizador caracterizado por uma elevada redundância inicial, associada a uma grande confiabilidade. No entanto, Piaget, com muita propriedade, criticou essa expressão paradoxal demonstrando que o ruído não deve ser considerado como o principal fator desencadeador de enriquecimento de um sistema ou organismo, **“pois não possui por ele mesmo ação organizadora, a qual decorre da própria organização estrutural e funcional do sistema”**, afirmando ainda que **“o acaso organizacional deveria ser denominado acaso organizado ou reorganizado pelo ser vivo ou o indivíduo pensante”**.

Piaget e a Equilibração das Estruturas Cognitivas

Como vimos, quando um ruído é introduzido em um sistema sem destruí-lo e apresenta um caráter enriquecedor, esse sistema é necessariamente um sistema auto-organizador. Nesses sistemas existe uma rede cibernética complexa, em cuja estrutura a desordem penetra de forma semialeatória provocando alterações, mas sem ser capaz de destruir a coerência das infinitas inter-relações estruturais e funcionais que controlam a sua performance.

Piaget em seu fascinante livro “A Equilibração das Estruturas Cognitivas” descreve que os processos auto-organizadores responsáveis pelas alterações cognitivas e comportamentais obedecem a três formas de “**equilibração**”. São processos de reequilibração descritos por ele que possuem uma analogia perfeita com os conceitos de auto-organização que vimos descrevendo até agora. Em um livro que resultou de um simpósio comemorativo aos 80 anos de Piaget, escrito por seus colaboradores mais próximos, denominado *Epistemologie Genetiqueet Equilibration - Hommage a Jean Piaget*, em que estiveram presentes além de Piaget, Papert, Paul Weiss, Von Foerster e Prigogine sobre cujas ideias falaremos logo a seguir, Piaget afirma que “para que haja realmente inovação temos que recorrer a um processo auto-organizador e que como esse não pode surgir do nada, só pode resultar de processos completivos e corretivos. Daí o mecanismo que denomino “equilibração majorante”, cuja dinâmica interna não somente compensa as perturbações e supera as lacunas, mas encontra soluções para novos problemas”. A sucessão de equilíbrios parciais, de desequilíbrios e de reequilibrações majorantes constitui, assim, um ensaio de detalhamento dos aspectos do que denominamos caráter dialético dos caminhos do pensamento construtivista, que prefiro nomear, mais diretamente, de construtivismo”.

Os três tipos de **equilibração** auto-organizadora de caráter cognitivo, comportamental e evolutivo descritos por Piaget são:

1- **Equilíbrio Alfa ou intrassistêmica**, que ocorre entre o sujeito e o objeto, neutralizando a perturbação e restabelecendo o equilíbrio.

2- **Equilíbrio Beta ou intersistêmica** ocorre entre os subsistemas de um sistema total, provocando a integração da perturbação sob a forma de variação no interior do sistema reorganizado. É, portanto, uma equilíbrio entre os subsistemas.

3- **Equilíbrio Gama ou transsistêmica**, é a equilíbrio entre os subsistemas enquanto diferenciados e o todo enquanto integração. É a mais difícil e a mais tardia a se concretizar, e o faz sempre sob formas provisórias, pois não importa que tipo de equilíbrio surja ele será sempre ultrapassado.

Nos três casos Piaget considera que a **equilíbrio é majorante**, isso é, capaz de gerar um nível maior de organização.

Nos sistemas biológicos se o desequilíbrio atingir os níveis de organização mais profundos, sensibilizando os genes reguladores ou as regulações do conjunto do genoma, descreve ele, “não por meio de uma mensagem codificada indicando o que se passa, nem, sobretudo, indicando o que se deve fazer, mas somente assinalando que alguma coisa não funciona normalmente, a reação do sistema de controle (genoma) se manifestará por ensaios, o que exclui um acaso completo, delineando quais as variações semialeatórias compatíveis com o sistema. Essa reorganização implica em uma seleção que será primeira e essencialmente exercida pelo meio interior e epigenético com suas homeostacias internas” (Piaget). Devido à existência desses mecanismos homeostáticos epigenéticos, os desequilíbrios desencadeados pelo novo comportamento (“ruído” introduzido no sistema) serão atenuados, conforme as exigências do todo, em vias de reequilíbrio. Esse conflito em que estão em jogo as variações gênicas possíveis, compatíveis com o genoma, desencadeará seleções (“**intrasseleções**”) no meio interno epigenético, por meio de uma auto-organização, ou melhor, uma equilíbrio majorante.

A desordem introduzida no sistema auto-organizador apresentará caráter enriquecedor, gerando uma nova ordem.

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, sobre quem já falamos na introdução, desenvolveu uma extensão da Termodinâmica demonstrando como a segunda lei da Termodinâmica, denominada lei da entropia (que mede a tendência à desordem), 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** a partir de situações energéticas caóticas. Essas **estruturas dissipativas** são criadas e mantidas por meio 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 uma dissipação de energia, e a energia se desloca gerando simultaneamente a estrutura em um processo contínuo. Essas estruturas dissipativas surgem de forma imprevisível, como um "salto quântico" em pontos instáveis do sistema, denominados **pontos de bifurcação**. Quanto mais complexa é 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 intrassistêmicas.

"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)

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 autoamplificados, conduzem a instabilidades. Quando uma estrutura dissipativa alcança esse 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.

“É aplicável às soluções químicas, à construção de ninhos de térmitas, ao estudo do fluxo do tráfego e dos engarrafamentos, ao crescimento das cidades, às transformações nos estados de consciência, à evolução dos processos mentais e das crenças pessoais de uma pessoa, às transformações organizacionais, ao estudo do cérebro, das culturas, dos sistemas políticos e das eras históricas...” “Hoje são ideias utilizadas nas áreas de tecnologia, sociologia, economia, psicoterapia, mudanças organizacionais, medicina, psicologia, astronomia, teoria da evolução, artes e ciências humanas, literatura, comunicação, filosofia, etc.” (Capra)

Nesses 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 a partir do caos é o de um líquido sendo aquecido, descrito por Capra e 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**. Nesse 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 a 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. 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. Essa nova ordem corresponde a uma flutuação gigante estabilizada por meio da troca de energia com o mundo exterior.”

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, ele pode se reequilibrar e se manter estável retornando ao seu estado inicial de equilíbrio. Esse 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 uma 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 ser 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. Essa 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 continuar funcionando e gerando novos comportamentos criativos, novidade e aprendizagem.

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

Sistemas Autopoiéticos

Os sistemas autopoiéticos 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 essa ideia em mente descreveu, juntamente com seu colega 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. De acordo com Maturana, essa forma autopoiética 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 autopoiéticos são sistemas longe-do-equilíbrio, auto-organizadores, complexos, abertos, dissipativos, autorreferenciais, hierárquicos, homeostáticos e autônomos. Sua função primária é a autorrenovação, que conseguem realizar por meio de uma atividade autorreferencial, em contraste com sistemas **alopoiéticos**, como por exemplo, um robot que só consegue realizar sua função utilizando uma fonte externa de energia e informação. Uma definição muito conhecida afirma que “autopoiése é uma rede de produção de componentes participando recursivamente como uma estrutura globalmente estável, operacionalmente separada do background”.

Os sistemas autopoiéticos podem ser descritos como sistemas cibernéticos abertos auto-organizadores em estado de não-equilíbrio, operando em modo hierárquico dependendo das propriedades a seguir:

- Se o sistema autopoiético for fechado, alterando seu delicado equilíbrio dissipativo autorrenovador, todos os processos param e o sistema morre;
- Os processos autopoiéticos são cíclicos e não-lineares;
- São sistemas auto-organizadores complexos em que as operações ocorrem em multiníveis cibernéticos hierárquicos com os níveis superiores contendo todos os níveis inferiores;
- A função primária do sistema é a autorrenovação recursiva de sua própria rede de componentes autônomos.

Veremos que as organizações corporativas podem ser entendidas e estudadas como sistemas auto-organizadores autopoieticos.

A cibernética empresarial e o sistema auto-organizador global

Em uma “era de incertezas”, com o sistema financeiro mundial interconectado e globalizado 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 atentos 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 estresse interno e/ou externo, permitindo à organização enfrentar e superar essas agressões. Esses 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 humanos e sociais, aspectos da personalidade humana que costumam ser esquecidos ou desprezados por grande parte dos sistemas corporativos, como veremos no próximo capítulo.

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 mudança. São sistemas auto-organizadores em transformação, em um processo contínuo de adaptação e harmonização. Como vimos anteriormente, esse tipo de sistema mantém sua totalidade e integridade dissipando continuamente energia, matéria e informação para seus meio ambientes, que também estão em 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 dessas flutuações.

Em sistemas sociais, essas 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, adaptando-se a um novo nível, a uma nova ordem mais complexa e mais harmônica.

Um exemplo bem recente desse 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 ‘débâcle’ da antiga União Soviética. Incapaz de conter as ondas de flutuações internas e externas no sistema político-econômico decorrentes de crescentes instabilidades sociais e da falta de sustentabilidade de uma economia 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.

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 esses 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”. 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 e-mails sendo enviados a todo o momento em quantidades cada vez maiores. Acrescente-se ainda a tudo isso o aumento atual de viagens nacionais e internacionais. Toda essa plenitude de informações, misturando diferentes ideias e culturas nessa “aldeia global” MacLuhiana, possui o potencial de agravar as instabilidades e diferenças econômico-sociais, políticas e históricas, gerando flutuações e bifurcações civilizatórias.

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

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. Esses 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.

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 esses 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 esse 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 discreta e previsivelmente, como por exemplo, o comportamento diário, repetitivo, de se 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. Nesses 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 desse tipo de evolução para uma nova ordem mais complexa foi a queda do Muro de Berlim. A queda foi seguida por uma fase de caos e de reequilibração auto-organizadora na antiga Alemanha Oriental e nos demais países do leste europeu, ao subitamente se virem livres 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. Isso 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 desse 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”. Nessa perspectiva o crime é visto 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 essas 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 dessas encruzilhadas determinará as possibilidades para seu futuro. Em 1981, Jeremy Rifkin em *Entropy: A New World View*, já afirmava que a reorganização sempre tende para maior complexidade, integração, interconexão e maior fluxo de energia, e que ao se tornar mais complexo após cada reordenação transformadora, o sistema 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, demonstra que nossa civilização se encontra em um ponto de bifurcação entre duas Eras.

Acredito que atualmente estamos passando por uma situação revolucionária, uma bifurcação na história da humanidade. Vivemos uma adolescência tecnológica com imensas realizações e turbulências, mas também cheia de situações 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 estão retardando a emergência de uma nova Era holística, mais ecológica, mais yin, mais feminina e mais espiritualizada. A grande dificuldade que enfrentamos é que estando antes do ponto de bifurcação não temos como prever o caminho que nossa civilização tomará no futuro. Não existe nenhuma lei universal válida a partir da qual possamos deduzir o comportamento de nossa civilização, o momento quando se manifestará o ponto de bifurcação e a mudança de paradigma. Tal como em Medicina 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 é o grande risco que corremos como civilização: se estivermos realmente 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 é válido para os 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 apoiá-lo em sua trajetória.

Em condições de instabilidade próximas a um ponto de bifurcação, flutuações que parecem pequenas podem ter um enorme efeito e outras que parecem ter grande importância podem, na verdade, ter pequenos efeitos, o que ficou 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 demonstra como nos sistemas sociais e humanos em processo de transformação a seleção do caminho futuro não pode ser controlada. Esse aspecto é de extrema importância e precisa ser compreendido por líderes empresariais e políticos, consultores organizacionais, sociólogos, psicoterapeutas, comentaristas e outros que procuram compreender e prever ou tentar controlar futuros desenvolvimentos dos sistemas humanos e sociais.

Existem limites para predizermos e controlarmos o futuro das nações, organizações, famílias e indivíduos!

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. Nesse 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 ideias, “insights”, correções e ajustes, o que mantém todos intensamente interconectados. Knowles afirma que à noite, após essas reuniões, sempre rezava pelo bom andamento do processo, confirmando a importância, que sempre enfatizo, de utilizarmos em nossa vida diária um método de relaxamento mental, ou holopraxis, como descreve Pierre Weil, reitor da Universidade Holística-UNIPAZ de Brasília. Esse método de relaxamento pode ser uma oração específica de sua tradição espiritual, uma contemplação, uma meditação, ou a prática do yoga, do tai chi chuan ou qualquer outra técnica que lhe seja mais palatável. Todas essas psicotecnologias estão hoje exaustivamente comprovadas pela neurociência e são capazes de turbinar nossa inteligência intuitiva, provocando “insights” e sincronicidades evolutivas em nossa vida. A aplicação desse modelo corporativo auto-organizador foi capaz de desencadear uma transformação empresarial de sucesso, “tornando a organização plena de liderança (‘leaderfull’),” como ensinado por Karen Anne Zien, de Boston.

Nesse experimento corporativo foram enfocados três domínios dos sistemas auto-organizadores: identidade, inter-relacionamento e informação. Evidenciou-se que com a informação sendo compartilhada abertamente o inter-relacionamento se tornou mais autêntico e as pessoas passaram a consultar diretamente aquelas com informação relevante para seu trabalho, tornando as trocas de informação mais rápidas e aprimorando a qualidade da informação. Com base na estrutura do Eneagrama seus membros criaram um Centro de Controle com um mapa do processo de trabalho único e relevante para todos que participaram, mostrando o todo e as partes nas quais o grupo estava engajado, o qual foi colocado em um local bem visível para todos. Como a interação nesse tipo de processo auto-organizador é contínua o mapa evolui com o tempo, mantendo os padrões auto-organizadores vivos. Esse 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 fractal podendo, portanto, ser utilizados em qualquer tipo de organização, independentemente do tipo de trabalho que realizam. São aplicáveis em qualquer nível da escala empresarial, como no desenvolvimento pessoal, no ensino, coaching, mentoring, desenvolvimento de liderança, no processo operacional e no trabalho social.

Para Knowles, **“o ponto crítico se relaciona ao modo como as pessoas interagem para realizar seu trabalho, e não ao trabalho físico”**.

Estados de Emergência

Outro ponto importante que precisamos levantar são as situações de emergência corporativa, quando não temos controle adequado sobre o que está ocorrendo e temos pouco tempo para realizar muitos procedimentos. Nesses eventos, o gerenciamento normal fica fora de controle. Tudo muda instantaneamente e o sistema organizacional pode começar a se comportar espontaneamente como um sistema vivo auto-organizador, em que todos começam a funcionar de modo mais intuitivo, sabendo do que são capazes. Sem nenhuma discussão todos começam a ajudar uns aos outros, criando frentes de trabalho geralmente muito eficazes em que energia, troca de informação e criatividade fluem abundantemente, com todos se sentindo orgulhosos e felizes por enfrentarem a crise juntos.

A experiência de lidar com situações de emergência demonstrou que os processos de auto-organização vão se estruturando de modo espontâneo e natural. Mas, existem casos em que os sistemas evoluem para situações caóticas com perda total do controle, impedindo a continuação do funcionamento do sistema.

Um Case Exemplar

Um case exemplar que demonstra essa situação é o da história corporativa mundial que gerou um enorme aprendizado e que foi fundamental para a evolução dos sistemas de controle nos reatores de geração de energia nuclear: o acidente 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 foi impossível se chegar a um consenso capaz de conter a situação de emergência e impedir o derretimento do reator. A partir dessa experiência foi desenvolvido pela Agência Internacional de Energia Atômica uma proposta de criação de Centros de Controle em todas as usinas nucleares do planeta. Esses Centros de Controle possuem características auto-organizadoras e se situam fora da sala de controle do reator, monitorando por meio de sistemas computadorizados todo o processo de geração de energia. Quando ocorre uma emergência, pessoas-chave com conhecimento para a compreensão da situação e para a tomada de decisões se dirigem para esse Centro de Controle. Lá, com acesso ao fluxo contínuo de informação vindo de todas as partes do sistema e interagindo de modo controlado já treinado, esses personagens-chave conseguem monitorar todo o processo em andamento e encontrar rapidamente a melhor solução para a situação emergencial.

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

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. 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 100 trilhões de cálculos por segundo. Essas redes neurais artificiais funcionam à velocidade da luz, possuindo uma capacidade de computação e memória que excedem em muito a humana, a qual funciona apenas à velocidade de 100 m/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 esse tipo de proposta, pois a geração de consciência exige muito mais do que simplesmente capacidade computacional, como já vimos propondo em nossos papers e livros nos últimos vinte anos!!

Ray Kurzweil em seu maravilhoso livro A Era das Máquinas Espirituais, nos mostra que em nosso dia a dia um computador de 1000 dólares já ultrapassou a capacidade de computação de mil cérebros humanos, e que 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 que funcionam como telas de computador e como câmeras digitais. 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. Estamos evoluindo para uma raça de cyborgs em que nós humanos 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 em nossos corpos!

Na área de Educação, Comunicação e Negócios, Iphones e tablets como o Ipad de Steve Jobs já se tornaram coisas rotineiras. 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. 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 isso significa digitalizar toda a literatura escrita nos últimos milênios! Parece ficção científica como a série Star Trek.

Kurweil cita Ben Shan, com quem me sinto 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, alcançar a imortalidade. 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 - 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.

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

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 tem 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, que são diferentes da que um indivíduo envolvido no sistema empresarial tomaria isoladamente.

Ben Goertzel, da área de inteligência artificial, com quem tive o privilégio de coautorar junto com outros pesquisadores como Karl Pribram, Fred Alan Wolf, Richard Amoroso, 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, automodificadoras 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 essas mudanças tecnológicas a nível nanofemto, elas lutarão para parar este processo progressivo gerador de irrelevância para elas e caberá a nós, neurônios corporativos, de sermos capazes de evoluir e continuar a nos guiar por sistemas éticos de valores auto-organizadores voltados para a preservação da Vida sempre em transformação.

APÊNDICE

Informação não-local

A **não-localidade** é uma propriedade fundamental do universo, comprovada experimentalmente no mundo quântico e, mais recentemente, em nosso mundo macroscópico. Demonstra a existência de interações instantâneas entre todos os fenômenos do universo. É uma consequência da **Teoria do Campo Quântico**, desenvolvida por Umesawa, que conseguiu unificar os campos eletromagnético, nuclear e gravitacional, até então considerados independentes e interpretados de forma isolada, em uma **totalidade indivisível subjacente**. A teoria do campo quântico explica os fenômenos subatômicos, microscópicos e os macroscópicos, como a supercondutividade e o laser, e é considerada a mais fundamental teoria física do universo. O campo quântico não existe fisicamente no espaço-tempo como os campos gravitacional e eletromagnético da física newtoniana clássica, apesar de ser matematicamente similar a eles. Isso lhe dá um caráter peculiar **não-local**, ou seja, não se localiza em nenhuma região do espaço-tempo. Quando um fenômeno não-local acontece ele instantaneamente influencia o que ocorre em qualquer outra região do espaço-tempo, sem que para isso seja necessário troca de energia ou informação entre essas regiões. Segundo a física clássica, a física relativista, e o nosso bom senso, seria impossível existir a não-localidade, o que gerou a célebre controvérsia entre Einstein e Bohr, em 1927, na 5ª Conferência Solvay, na Bélgica. Einstein não podia admitir a existência de fenômenos não-locais, pois em sua Teoria Especial da Relatividade, publicada em 1905, a velocidade da luz igual a 300.000 km/s, é considerada uma constante universal que não pode ser ultrapassada. Essa controvérsia acabou originando o célebre Paradoxo Einstein-Podolski-Rosen, em que Einstein e seus colaboradores demonstraram com um experimento de pensamento que, devido à impossibilidade de uma partícula viajar mais rápido do que a luz a física quântica estaria incompleta. Postularam ainda a existência de 'variáveis ocultas', que seriam propriedades desconhecidas dos sistemas que explicariam essa discrepância. Mas, contrariamente ao esperado, foi demonstrado matematicamente por John Bell, em 1964, que Einstein estava errado e que após um átomo emitir duas partículas com spins opostos, se o spin de uma delas for alterado, mesmo que elas estejam separadas por anos-luz de distância, o spin da outra se modifica instantaneamente, revelando uma interação não-local entre elas e a existência de uma unidade cósmica universal subjacente.

Desde então, a existência da não-localidade tem sido dramática e convincentemente comprovada nos experimentos da física moderna. O golpe de misericórdia foi dado em 1982 pelo físico francês Alain Aspect que comprovou experimentalmente e definitivamente a existência de ações não-locais entre dois fótons emitidos por um átomo. Mais recentemente, em julho de 1997, (cf. Science, vol.277, p. 481) Nicolas Gisin e col. comprovaram a existência dessa ação quântica não-local instantânea em escala macroscópica entre duas localidades na Europa.

Informação não-local quântico-holográfica

Bohm, em seu modelo da mecânica quântica De Broglie, descreve um novo tipo de campo no qual a atividade é dependente do conteúdo informacional que é conduzido a todo o campo experimental. Adicionando às equações desse campo um Potencial Quântico que satisfaz à equação de Schrödinger, o qual depende da forma e não da amplitude da função de onda, Bohm desenvolveu um modelo quântico-holográfico no qual esse potencial quântico conduz informação ativa que guia a partícula ao longo de seu trajeto. O potencial quântico é descrito por Bohm como um novo tipo de campo sutil em sua forma, que não decai com a distância.

Sistemas holográficos

São sistemas geradores de imagens tridimensionais, em que a imagem virtual, ou **holograma**, é criada quando, por exemplo, um laser incide sobre um objeto e esse o reflete sobre uma placa (como se fosse um filme). Se sobre essa placa incidir um segundo laser, produzindo uma mistura das ondas do primeiro laser com as do segundo, o padrão de interferência de ondas resultantes, armazenará a informação acerca da forma e do volume do objeto, e será refletido pela placa no espaço, gerando uma imagem tridimensional do objeto. O relevante é que **nos sistemas holográficos cada parte do sistema contém a informação do todo** e, portanto, a informação completa sobre o objeto; se quebrarmos a placa em pedaços cada pedaço refletirá a imagem tridimensional do objeto no espaço, demonstrando que **o todo está nas partes, assim como cada parte está no todo**. Essa propriedade fundamental dos sistemas holográficos foi descrita por Dennis Gabor que ganhou o Prêmio Nobel pela descrição do holograma.