
A complexidade e o estudo das organizações: explorando possibilidades

Fabrizio Giovannini

Não se pode negar que, para os administradores envolvidos com a gestão cotidiana das empresas, existem grandes dificuldades para explicar e prever o comportamento das organizações e do ambiente em que elas atuam. A abordagem sistêmica é uma tentativa de suprir um conjunto de conceitos que auxiliem a busca por sentido na experiência diária dos administradores e dos participantes de organizações. Um dos principais desafios que essa abordagem enfrenta é fugir das limitações que o paradigma mecanicista impõe. Apesar de atraente para as mentes treinadas dentro da visão newtoniana da realidade, o paradigma mecanicista não tem conseguido explicar satisfatoriamente a experiência de gerir e participar de uma organização.

Administrar uma organização é atividade que vem enfrentando novos desafios a cada dia. Essa situação tem diversas causas. Pode-se citar, por exemplo, a aceleração contínua das mudanças, o grande volume de dados à disposição, a ubiqüidade dos meios de comunicação e a expansão das fronteiras de negócios. Esses são fatos da realidade que se reforçam mutuamente, alternando-se como causas e efeitos. É razoável afirmar que o ambiente de negócios está tornando-se cada vez mais complexo, no sentido tradicional da palavra.

A administração, influenciada pelas abordagens de diversos campos da ciência, procura nelas, com freqüência, algumas respostas. Desde seus primórdios, a administração tomou emprestadas idéias, técnicas e conceitos das ciências naturais e sociais para construir suas soluções. A natureza multidisciplinar da administração de empresas é causa e conseqüência desse fato.

É interessante observar, porém, que as tentativas de utilização dos avanços de diferentes áreas da ciência na administração de empresas ocorrem com certa defasagem. Pode-se imaginar diversos motivos: o tempo naturalmente necessário para a comprovação, a consolidação e a divulgação de novas teorias; as dificuldades de entendimento dos administradores de conceitos novos ligados a áreas não dominadas por eles e a própria necessidade de verifica-se a existência de paralelos, na atividade administrativa, com os fenômenos estudados e explicados por essas novas descobertas. A resistência daqueles comprometidos com modelos consolidados também deve ser considerada. Enfim, trata-se das dificuldades naturais para a adoção de um novo paradigma (Kuhn, 1998).

Recebido em 24/agosto/2001
Aprovado em 03/outubro/2001

*Fabrizio Giovannini, Graduado em Administração de Empresas pela Escola de Administração de Empresas de São Paulo (EAESP) da Fundação Getúlio Vargas (FGV), MBA Executivo Internacional pela Fundação Instituto de Administração (FIA), instituição conveniada com a Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade (FEA) da Universidade de São Paulo (USP), é Mestrando em Administração na FEA/USP, São Paulo, Brasil.
E-mail: fabrizio@torcomp.com.br*

No entanto, à medida que as abordagens anteriores comecem a mostrar-se insuficientes para enfrentar a realidade, é natural e necessário que se procurem alternativas ou aperfeiçoamentos no conjunto de conhecimentos e técnicas em uso. Novas fontes de idéias não faltam.

O objetivo neste artigo é discutir as possibilidades de contribuição de uma área nova da ciência para o melhor entendimento das organizações e de sua dinâmica. Essa nova área vem sendo chamada de ciência da Complexidade ou de estudo dos Sistemas Dinâmicos Não-Lineares. Ao longo deste trabalho serão expostas as linhas gerais dos principais conceitos desse corpo de conhecimento. A ciência da Complexidade, ou simplesmente Complexidade, envolve um conjunto de conceitos que teve sua origem nas chamadas *hard sciences*. A utilização de seus conceitos em outros campos da ciência já começou, como se pode observar acompanhando a literatura recente a respeito.

Para apoiar a transposição dos conceitos da Complexidade para a administração de empresas, optou-se por utilizar como base a abordagem sistêmica. Complementarmente se faz, neste texto, referência às recentes idéias da economia de empresas, em especial aquelas com a ótica da racionalidade limitada. A escolha baseia-se nas evidências, espalhadas por toda a literatura científica, de que ambas identificam a não-linearidade como um obstáculo para o seu avanço. Como se verá adiante, os principais autores relacionados às abordagens citadas deram passos importantes no reconhecimento das profundas limitações do determinismo-mecanicista. Ressaltando o papel dos mecanismos de *feedback*, da mútua causalidade (Bertalanffy, 1998; Wiener, 1967, Espejo & Schwaninger, 1993) e da racionalidade limitada (Simon, 2000; March, 1988) na vida e na evolução das organizações, esses autores criam as premissas para considerar as organizações como sistemas dinâmicos não-lineares. Dessa forma, uma teoria que descreva o comportamento desses sistemas poderia ser usada para o entendimento das organizações e de seus processos. É importante notar que os autores acima citados são bastante explícitos em definir a não-linearidade como uma das barreiras à aplicação prática mais ampla de suas idéias.

TEORIA GERAL DE SISTEMAS, NOVA ECONOMIA DE EMPRESAS E COMPLEXIDADE

A referência inicial à abordagem sistêmica tem dupla intenção. Em primeiro lugar, o trabalho dos pesquisadores nesse campo é um exemplo claro de contribuição de diversas áreas da ciência para a teoria administrativa, em especial para o estudo da organização, e reforça, portanto, a possibilidade de buscarem-se abordagens inovadoras, e viáveis, em áreas aparentemente estranhas à administração (Bertalanffy, 1998). Além disso, graças aos conceitos de

feedback e retro-alimentação desenvolvidos pela cibernética (Wiener, 1967; Espejo & Schwaninger, 1993), o uso da teoria de sistemas para o entendimento da organização foi ampliado na direção dos Sistemas Dinâmicos Não-Lineares.

Boa parte dos eventos criados e vividos pelas organizações envolve processos não-lineares. Os mecanismos de *feedback* presentes não conseguem, nesses casos, manter-se estáveis. As regras das relações entre as variáveis mudam em função das mudanças nas próprias variáveis. Essa não-linearidade surge de ciclos de mútua causalidade, ou melhor, ciclos nos quais variáveis mutuamente dependentes interagem (Bertalanffy, 1998).

A teoria de sistemas e a cibernética avançaram na mesma direção que a Complexidade. Essa evolução foi estimulada pela constatação de que sistemas perfeitamente lineares, isto é, não sujeitos aos efeitos da mútua causalidade sobre os mecanismos de *feedback*, eram raros na natureza e nos sistemas humanos. Entretanto, como os sistemas não-lineares conseguem, normalmente, manter certa estabilidade, concluiu-se pela possibilidade — ou necessidade — da existência de uma lógica subjacente ou imanente aos sistemas dinâmicos não-lineares (Bertalanffy, 1998). Essas conclusões datam da década de 1960 e a confirmação de que estavam basicamente corretas viria alguns anos depois.

Um exemplo rotineiro de variáveis mutuamente dependentes interagindo de forma não-linear na vida de uma organização é o relacionamento entre participação dos funcionários nos lucros e os próprios lucros. Como muitos administradores já puderam comprovar, o que parece, à primeira vista, um sistema simples e infalível de comprometimento dos funcionários, enfrenta, freqüentemente, dificuldades de implementação.

O sistema parece realmente simples: à medida que os resultados crescem, cresce também o volume de recursos distribuído aos funcionários. Em uma condição de *feedback* linear, ignorando-se o efeito de fatores externos, essa situação levaria a crescimento contínuo dos lucros: mais lucros levam a maior motivação que, por sua vez, leva a mais lucros e assim por diante, até um eventual limite técnico.

Infelizmente, esse sistema de recompensa, por conter uma relação de mútua causalidade, não é linear. Mais de um fator, inclusive, poderiam ser responsabilizados por essa não-linearidade. Nesse ponto da discussão, porém, o objetivo é entender da forma mais clara possível a não-linearidade presente e, portanto, a discussão ficará restrita a uma única relação de mútua causalidade. Mesmo por meio de um modelo simples, é possível enxergar toda a complexidade envolvida. Antes, porém, cabe discutir a situação de acordo com o quadro conceitual de uma das disciplinas mais utilizadas pelo administrador para relacionar eficiência e desempenho: a microeconomia.

No exemplo citado, aparentemente estará em ação a Lei dos Rendimentos Decrescentes: à medida que o uso de

um fator de produção — *input* — aumenta (com os outros *inputs* constantes), será eventualmente alcançado um ponto no qual os resultantes aumentos de produção — *outputs* — diminuem (Pindyck & Rubinfeld, 1998). Se se considerar o *input* como a dedicação dos funcionários, chegar-se-á a um ponto em que, à medida que crescem os resultados, cresce também o esforço para alcançá-los. Quanto maior o resultado obtido — *e*, conseqüentemente, maior a distribuição de lucros —, mais difícil é o avanço seguinte, a partir de um certo ponto. Pode-se prever que, em determinado ponto, o esforço por resultados é elevado demais se comparado com a retribuição. Assim, o esforço do grupo estabiliza-se em um patamar de equilíbrio, no qual se encontram a curva de utilidade do grupo de funcionários e uma hipotética curva de lucros/dedicação da firma. A solução do problema é aparentemente simples.

Considerando-se, porém, que existe mútua causalidade entre dedicação do pessoal e lucros, o problema assume outra dimensão. A equação de diferença logística é uma das formas mais simples para apresentar essa mútua causalidade em uma única equação incluindo o fator tempo:

$$L_t = a b L_{t-1} (L_m - L_{t-1})$$

Na equação, (L_t) representa o lucro no período (t) e (L_m) o lucro máximo possível do negócio. A relação entre o lucro do período ($t-1$) e o lucro distribuído no período (t) é representada por (a), ou seja, reproduz o efeito da distribuição de lucros sobre a motivação das pessoas e sua conseqüente influência sobre o resultado do período seguinte. O percentual do lucro a ser distribuído entre os empregados é representado por (b).

Essa equação tem a importante qualidade de representar a não-linearidade causada pela mútua causalidade contida na relação entre lucro distribuído e produtividade (ou dedicação). A não-linearidade fica caracterizada pelo efeito do crescimento do lucro na fórmula: sempre que (L_{t-1}) cresce, impacta positivamente (L_t) graças ao efeito da multiplicação por (a) e (b); por outro lado, impacta negativamente ($L_m - L_{t-1}$). A mútua causalidade ocorre pela aplicação sucessiva da equação, utilizando os resultados anteriores para realimentá-la: o lucro distribuído do mês anterior ($a L_{t-1}$) influencia o valor do lucro do mês atual que, por sua vez, influencia o valor distribuído no mês seguinte e assim sucessivamente.

Claramente a equação tem limitações. Pode-se argumentar, por exemplo, que (a) não é constante para valores diferentes de lucro distribuído. Ter-se-ia, nesse caso, mais uma não-linearidade. Poder-se-ia incluir, também, outras variáveis que provavelmente influenciam o resultado. A intenção é, porém, demonstrar que mesmo uma única situação de mútua causalidade pode criar uma situação de incerteza, independente de outros fatores.

É relativamente simples verificar para, por exemplo, uma série de 24 períodos (meses, trimestres, anos) qual o comportamento dos lucros. É interessante observar que para certos valores de (a) e (b) se têm comportamentos completamente diferentes do que para outros. Mesmo variando somente o valor de (b), depara-se com resultados surpreendentes.

A tabela da página seguinte é uma simulação da aplicação desse algoritmo em 24 ciclos para alguns valores de (b).

Como se pode observar, as seqüências de valores de lucro apresentam comportamento ciclo a ciclo muito diferente. Algumas evoluem rapidamente na direção de estabilidade em um valor único. Outras também evoluem nessa direção, mas lentamente. Há colunas que parecem estabilizar-se em torno de dois valores que se alternam. Há também lucros que têm comportamento aparentemente imprevisível, alguns ficando dentro de certos limites e outros que parecem explorar toda a gama possível de alternativas disponíveis. Finalmente, acima de certo percentual de participação, os lucros crescem explosivamente para depois se estabilizarem em zero. Além disso, em determinados intervalos, pequenas alterações nos parâmetros (a) e (b) podem provocar grandes diferenças de resultado de forma imprevisível. Esse comportamento das equações não-lineares, considerado antes uma curiosidade matemática, tem sido compreendido e explicado pela Complexidade.

Situações como as mostradas por essa simples tabela são muito comuns na vida das firmas. Na busca de respostas a esses fenômenos, as teorias econômicas Clássica e Neoclássica foram criticadas por sua incapacidade de explicar a existência e o comportamento das firmas tal como são conhecidas (Simon, 2000; Cyert & March, 1992; Coase, 1997). A nova economia de empresas vem desenvolvendo uma nova interpretação para a existência das organizações que pretende suprir essa falta de coerência. Novos conceitos foram introduzidos para tentar explicar melhor, dentro do referencial da microeconomia, o comportamento dos atores da organização: custos de transação (*transaction costs*), informação limitada, risco moral (*moral hazard*), custos de agência (*agency costs*), seleção adversa (*adverse selection*), oportunismo (Coase, 1997; Milgrom & Roberts, 1992; Putterman & Kroszner, 1997; Simon, 2000).

Apesar de não ser intenção neste artigo detalhar esses conceitos, o seu uso para apoiar a tentativa de transposição dos conceitos da Complexidade para o estudo das organizações permite avançar com mais segurança. A nova economia de empresas detecta e descreve inúmeras interações que ocorrem na organização, explicitando as influências da natureza humana nas decisões empresariais.

As críticas, que a nova economia de empresas também recebeu, reforçaram sua evolução no sentido de enxergar as organizações como sistemas dinâmicos não-lineares. Apesar de ser uma abordagem inovadora, que incorpora mais

**Comportamento dos Lucros em Conseqüência do Percentual
de Participação nos Resultados**

| | | |
|---------------------|------|---|
| (Lt) = | ? | Lucro (Mil Reais) |
| (a) = | 20 | Proporção entre lucros do período e lucros distribuídos |
| (b) = | ? | Percentual do lucro do período anterior distribuído |
| (L _m) = | 1,00 | Lucro Máximo (Mil Reais) |
| (L ₁) = | 0,30 | Lucro Período 1 (Mil Reais) |

| | (a) | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
|-------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| | (b) | 6% | 8% | 10% | 12% | 14% | 15% | 16% | 17% | 18% | 19% | 20% | 21% |
| Período | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | | 300 | 300 | 300 | 300 | 300 | 300 | 300 | 300 | 300 | 300 | 300 | 300 |
| 2 | | 252 | 336 | 420 | 504 | 588 | 630 | 672 | 714 | 756 | 798 | 840 | 882 |
| 3 | | 226 | 357 | 487 | 600 | 678 | 699 | 705 | 694 | 664 | 613 | 538 | 437 |
| 4 | | 210 | 367 | 500 | 576 | 611 | 631 | 665 | 722 | 803 | 902 | 994 | 1.000 |
| 5 | | 199 | 372 | 500 | 586 | 666 | 699 | 713 | 683 | 859 | 336 | 22 | 0 |
| 6 | | 191 | 374 | 500 | 582 | 623 | 632 | 655 | 736 | 883 | 848 | 88 | 0 |
| Média Lucro Líquido | | 216 | 323 | 406 | 462 | 497 | 509 | 519 | 532 | 543 | 513 | 371 | 345 |
| Diferença Extremos | | 61 | 38 | 80 | 96 | 90 | 69 | 58 | 53 | 313 | 566 | 972 | 1.000 |
| 7 | | 186 | 374 | 500 | 584 | 657 | 698 | 723 | 660 | 373 | 489 | 321 | 0 |
| 8 | | 181 | 375 | 500 | 583 | 631 | 632 | 641 | 763 | 842 | 950 | 872 | 0 |
| 9 | | 178 | 375 | 500 | 583 | 652 | 697 | 737 | 616 | 480 | 182 | 448 | 0 |
| 10 | | 176 | 375 | 500 | 583 | 635 | 633 | 621 | 805 | 899 | 566 | 989 | 0 |
| 11 | | 174 | 375 | 500 | 583 | 649 | 697 | 753 | 535 | 328 | 934 | 43 | 0 |
| 12 | | 172 | 375 | 500 | 583 | 638 | 634 | 595 | 846 | 794 | 236 | 166 | 0 |
| 13 | | 171 | 375 | 500 | 583 | 647 | 696 | 771 | 443 | 589 | 684 | 554 | 0 |
| 14 | | 170 | 375 | 500 | 583 | 640 | 634 | 565 | 839 | 871 | 821 | 988 | 0 |
| 15 | | 170 | 375 | 500 | 583 | 645 | 696 | 787 | 459 | 404 | 558 | 46 | 0 |
| 16 | | 169 | 375 | 500 | 583 | 641 | 635 | 537 | 844 | 867 | 937 | 177 | 0 |
| 17 | | 168 | 375 | 500 | 583 | 644 | 695 | 796 | 447 | 416 | 224 | 583 | 0 |
| 18 | | 168 | 375 | 500 | 583 | 642 | 635 | 520 | 840 | 875 | 661 | 973 | 0 |
| 19 | | 168 | 375 | 500 | 583 | 644 | 695 | 799 | 456 | 394 | 852 | 106 | 0 |
| 20 | | 168 | 375 | 500 | 583 | 642 | 636 | 515 | 843 | 860 | 480 | 379 | 0 |
| 21 | | 167 | 375 | 500 | 583 | 644 | 695 | 799 | 449 | 434 | 948 | 942 | 0 |
| 22 | | 167 | 375 | 500 | 583 | 642 | 636 | 513 | 841 | 884 | 186 | 219 | 0 |
| 23 | | 167 | 375 | 500 | 583 | 643 | 694 | 799 | 454 | 369 | 575 | 685 | 0 |
| 24 | | 167 | 375 | 500 | 583 | 643 | 637 | 513 | 843 | 838 | 929 | 863 | 0 |
| Média Lucro Líquido | | 175 | 339 | 439 | 500 | 539 | 551 | 549 | 548 | 529 | 507 | 405 | 86 |
| Diferença Extremos | | 85 | 39 | 80 | 96 | 90 | 69 | 286 | 403 | 570 | 768 | 972 | 1.000 |
| Diferença Últimos 12 Extremos | | 4 | 0 | 0 | 0 | 7 | 62 | 286 | 401 | 515 | 763 | 942 | 0 |

elementos para a compreensão da firma, a nova economia de empresas foi criticada por manter em seu fulcro a idéia de maximização da utilidade da economia neoclássica. No exemplo da participação nos lucros, apesar de a nova economia de empresas introduzir novos elementos de motivação dos atores citados, sua conclusão seria a de que a decisão final é fruto de uma função de utilidade, mesmo que ajustada. A nova economia de empresas seria somente um conjunto de teorias auxiliares, elaboradas *ad hoc* para suprir as incoerências da economia neoclássica (Simon, 2000).

Procurando contornar esse problema, foi proposto o conceito de racionalidade limitada (*bounded rationality*)

para “designar todo o conjunto dos limites do conhecimento humano e da capacidade humana de cálculo que excluam aos agentes econômicos no mundo real a possibilidade de comportarem-se de acordo com modalidades que se aproximam das previsões das teorias Clássica e Neoclássica” (Simon, 2000, p.6). Impedidos de obter e processar completamente as informações recebidas, por questões consideradas prevalentemente cognitivas, os agentes econômicos atuam de forma diferente daquelas previstas por modelos que se baseiam na racionalidade desses agentes (March, 1988), descolando-se definitivamente da abordagem de maximização de utilidade.

É interessante notar que a idéia de racionalidade limitada se baseia na premissa de que o ser humano não tem a capacidade, mesmo apoiado por uma rede de potentes computadores, de obter e processar todas as informações existentes sobre fatores que influenciam as conseqüências de grande parte de suas decisões e ações como agente econômico. Essa conclusão está baseada na matemática pré-Complexidade, isto é, na matemática que considerava a solução de sistemas de equações não-lineares uma questão de capacidade computacional: bastaria ter computadores suficientemente poderosos para resolver esse tipo de problema. Os computadores, porém, acabaram revelando uma realidade muito diferente.

Antes de avançar, cabe observar, portanto, que a noção de limitação cognitiva, apesar de levar à interessante hipótese da racionalidade limitada, pode ter sua base questionada. A limitação do ser humano em apreender e tratar todos os fatores de sua realidade pode ter uma barreira diferente do que o simples volume de informações e a complicação da realidade. Entretanto, a idéia da racionalidade limitada alcança seu objetivo de explicitar um fenômeno real: a impossibilidade dos agentes econômicos de agir racionalmente em função das incertezas que permeiam quase todas as suas decisões. As evidências colhidas através de experimentos mostram que essa explicação sobre o comportamento dos agentes econômicos, em especial no ambiente das organizações, é a que mais se aproxima da realidade (Simon, 2000; March, 1988).

A ligação da Complexidade com a teoria da organização pode ocorrer neste ponto: na substituição do argumento da limitação cognitiva — que é a base da hipótese da racionalidade limitada — pelo princípio da incerteza intrínseco nos sistemas dinâmicos não-lineares. Assim, a utilização dos conceitos da ciência da Complexidade para o estudo das organizações poderia ocorrer tendo como base a Teoria de Sistemas e a interpretação das relações entre os atores oferecida pela nova economia de empresas sob a ótica da racionalidade limitada. O princípio da incerteza da ciência da Complexidade tem a vantagem, em relação ao conceito de limitação cognitiva, de estar inserido em um quadro conceitual que permite entender e tratar a incerteza de forma objetiva e racional e, portanto, melhorar a capacidade de compreensão e atuação sobre os sistemas organizacionais.

Uma das principais barreiras para a verificação dos conceitos da Complexidade para o estudo das organizações é a idéia de que a incerteza e a instabilidade têm origem no grande número de variáveis que as afetam. Os efeitos da não-linearidade são constantemente encobertos pelas influências do ambiente externo em que está inserida a organização. É tentador explicar esses efeitos como sendo provocados pela interação com um ambiente amplo e complicado demais para ser entendido completamente e,

portanto, para ser controlado ou para permitir previsões. Uma das principais inovações da Complexidade é mostrar que a incerteza, o caos determinístico e determinados tipos de estabilidade são características intrínsecas dos Sistemas Dinâmicos Não-Lineares: mesmo que o sistema estivesse isolado de influências externas — ou se essas influências fossem completamente previsíveis e controláveis —, os efeitos da não-linearidade manifestar-se-iam.

Para avançar é necessário entender melhor qual a natureza dos Sistemas Dinâmicos Não-Lineares, suas características e implicações. A Complexidade fornece, para diversas áreas da ciência, esse entendimento e comprova-o de forma empírica à medida que se desenvolvem experimentos adequados. É possível, e é isso que se procura aqui explorar, que também no estudo das organizações a Complexidade possa oferecer respostas a certas questões.

INCERTEZA, CAOS, FRACTAIS E ESTABILIDADE

Antes de prosseguir, seria conveniente analisar com mais cuidado o sentido das palavras complexidade e caos. O significado literal da palavra complexidade é, segundo Ferreira (2000): “que abrange ou encerra muitos elementos ou partes” ou “grupo ou conjunto de coisas, fatos ou circunstâncias que têm qualquer ligação ou nexos entre si”. Caos, por sua vez, seria, de acordo com o mesmo autor (2000), o “vazio obscuro e ilimitado que precede e propicia a geração do mundo; abismo” ou “grande confusão ou desordem”. Neste artigo, porém, complexidade e caos são utilizados com um significado mais amplo. O próprio dicionário consultado traz uma referência a esse significado mais amplo para caos, mesmo que restrito à física: “comportamento praticamente imprevisível exibido em sistemas regidos por leis deterministas, e que se deve ao fato de as equações não-lineares que regem a evolução desses sistemas serem extremamente sensíveis a variações, em suas condições iniciais; assim, uma pequena alteração no valor de um parâmetro pode gerar grandes mudanças no estado do sistema, à medida que este tem uma evolução temporal” (Ferreira, 2000). Caos e complexidade já são disciplinas consolidadas em diversas áreas. Parte da bibliografia deste estudo (Fiedler-Ferrara & Prado, 1994; Alligood, Sauer & Yorke, 1996; Wreszinski, 1997; Nusse & Yorke, 1997) é referência do curso “Caos em sistemas dissipativos” (2000) da Comissão de Pós-Graduação do Instituto de Física da Universidade de São Paulo.

Determinadas manifestações da natureza, da economia e da sociedade foram exploradas nos últimos 30 anos para tentar-se entender sua essência diante das dificuldades encontradas pela abordagem tradicional de causa-efeito nessa tarefa. As dificuldades eram atribuídas à impossibilidade de isolar os experimentos de ruídos externos ao sistema e que distorciam os resultados. Entretanto, descobriu-se que,

em sistemas dinâmicos, a incerteza e o caos são gerados internamente, pelo próprio sistema, devido à sua não-linearidade, e não exclusivamente por fatores externos. Além disso, descobriu-se que a complexidade e o caos podem surgir de regras relativamente simples — como se viu no exemplo da participação nos resultados — aplicadas continuamente de forma recursiva. Assim, a resposta para muitos problemas não está mais na busca de mais informações para tentar encontrar uma relação de causa-efeito que permita fazer previsões e controlar os sistemas. A solução está em entender qual(is) a(s) regra(s) básica(s) que rege(m) o comportamento do sistema, que tipo de *feedback* existe, de que forma esse *feedback* atua no sistema e o tipo e a duração dos ciclos de retro-alimentação. Comprovou-se que, em determinadas condições, muito comuns na natureza, o determinismo clássico não se sustenta, pois é impossível determinar relações de causa-efeito após certo número de ciclos do sistema (Alligood, Sauer & Yorke, 1996).

A motivação para explorar essa nova abordagem surgiu exatamente da frustração com outras abordagens preditivas ou normativas que, com frequência, falham. A razão dessas falhas é normalmente atribuída às restrições de informação sobre o sistema, em especial a respeito das influências externas que ocorrem em um universo muito vasto. O que a Complexidade propõe é uma nova visão a esse respeito que pode alterar as prioridades daqueles interessados em melhorar o desempenho das organizações.

A abordagem sistêmica, por outro lado, permitiu a elaboração de modelos das organizações que propiciaram o esclarecimento de algumas de suas características. Ficou evidente a importância das inter-relações e da visão do todo para o desenho e a gestão das organizações. Tendo visualizado as organizações como entidades dinâmicas, compostas também por elementos dinâmicos (as pessoas), os teóricos de sistemas mostraram a necessidade de os modelos levarem em conta as mudanças que ocorrem ao longo do tempo. Não basta criar modelos estáticos da realidade, é necessário criar modelos que possam representar as inter-relações e o todo à medida que o tempo passa.

Apesar das tentativas de elaboração de um modelo amplamente abrangente de sistema, como o *Viable System Model (VSM)* de Beer (1979), a utilização da teoria de sistemas para as organizações ocorreu no sentido de ter-se uma base conceitual para sua análise e desenho de modelos, em diferentes graus de detalhe, do real sistema organizacional. Mesmo os modelos mais simples, porém, apresentam interações não-lineares (e não podem deixar de fazê-lo se quiserem ater-se minimamente à realidade) e acabam colocando os pesquisadores em dificuldade quando se trata de prever comportamentos e receitar intervenções em busca de determinados resultados.

Mesmo nas ciências naturais, as tentativas de desenvolver modelos de sistemas não-lineares esbarraram, na época

(até os anos 1950/1960), no enorme volume de cálculos necessários para fazer qualquer simulação, além de pequeno número de ciclos. Sistemas Dinâmicos Não-Lineares são representados por equações diferenciais não-lineares que não podem ser resolvidas, na maioria dos casos, por métodos analíticos (Alligood, Sauer & Yorke, 1996). Dessa forma, sua resolução só pode ser conseguida com o cálculo de valores. Imaginava-se que bastaria ter suficiente capacidade computacional para poder fazer previsões e comprovar relações de causa e efeito antes impossíveis, a não ser com algum ajuste ou aproximação. Partia-se da suposição de que as questões de imprecisão e de incerteza estavam ligadas à restrição de recursos ou à ignorância dos atores (restrição de informações).

À medida que os meios necessários foram sendo desenvolvidos — isto é, computadores capazes e acessíveis —, uma série de experimentos começou a ser realizada. Com a evolução da matemática experimental começaram a aparecer os primeiros resultados. Simulando a evolução dos sistemas representados pelas equações, os pesquisadores começaram a entender a sua lógica interna. Percebeu-se que a imprecisão e a incerteza não eram problemas de interferências externas no sistema ou de imprecisão nos parâmetros. A precisão de cálculo e a previsibilidade — ou determinismo — tradicional que os cientistas procuravam revelaram-se incompatíveis com determinados fenômenos. O comportamento complexo e caótico é inerente a determinados tipos de sistemas, muito comuns na natureza. Até mesmo a mecânica clássica, uma das principais colunas de sustentação do determinismo clássico, foi afetada: “... o fato de que o comportamento caótico é genérico em mecânica clássica torna essencial a modificação dos currículos do curso de mecânica da pós-graduação, a fim de familiarizar o aluno com essas idéias modernas e estimulantes. De fato, a revolução causada por esses novos conceitos em mecânica clássica talvez possa ser comparada àquela ocasionada pela mecânica quântica na década de 20” (Wreszinski, 1997, p.10).

Hoje é comum reavaliar experimentos cujo comportamento anômalo era atribuído a erro experimental ou ruído e encontrar a explicação dentro dos conceitos da Complexidade (Alligood, Sauer & Yorke, 1996). É interessante observar como esses conceitos parecem, também, dar respostas concretas a algumas das principais críticas que foram feitas à teoria de sistemas:

- “A esperança de que pudessem ser descobertas leis gerais que ‘segurassem’ (*hold*) ao longo de todos os tipos de sistemas, porém, não foi alcançada” (Jakson, 1991, p.50). Os conceitos da teoria da Complexidade demonstraram-se válidos para interpretar o comportamento de todos os tipos de sistemas não-lineares testados.
- “... ao analisar as organizações utilizando instrumentos importados da biologia e adaptados à natureza social

das organizações, o teórico é vítima do que chamamos de ilusão científica, isto é, passa a acreditar que o objeto de sua análise tende a tornar-se tão previsível quanto os sistemas biológicos e que seu campo de conhecimento se presta ao rigor científico que caracteriza as ciências físicas” (Motta, 2000, p.99). A Complexidade mostrou que sistemas biológicos e físicos são, em sua maioria, imprevisíveis após certo número de ciclos, e que essa imprevisibilidade, entretanto, pode ser tratada com rigor científico e utilizada para o entendimento desses sistemas. Atualmente, a teoria da Complexidade tem inúmeras aplicações práticas, não somente em experimentos controlados. Não há razões para excluir, *a priori*, a possibilidade de importar esses instrumentos das ciências naturais para estudar as organizações. Não se trata de eliminar a incerteza, mas de entendê-la.

- “... na ênfase dada às relações entre organização e ambiente, a maioria dos teóricos de sistemas na análise organizacional parece dar importância excessiva ao papel desempenhado pelo último” (Motta, 2000, p.99). A Complexidade demonstra que a imprevisibilidade e a incerteza são características internas e inerentes aos Sistemas Dinâmicos Não-Lineares: elas surgem da própria natureza não-linear das interações de mútua causalidade. Os experimentos mostram, por outro lado, que esses sistemas são robustos no que se refere à absorção de ruídos externos: sistemas complexos conseguem frequentemente retomar sua relativa estabilidade — apesar de choques externos — em função da característica auto-organizativa que a recursividade propicia. Isso reforça a importância da análise da organização em si.
- “A ênfase na ordem social nas organizações, para a exclusão do conflito e da instabilidade, é também considerada como parcial” (Jakson, 1991, p.71). A Complexidade, entretanto, trata o conflito e a instabilidade não como ameaças, mas como fatores vitais aos sistemas dinâmicos. O conflito e a instabilidade são considerados as fontes de inovação e as razões da sobrevivência dos sistemas. Sistemas sem conflito e sem instabilidades tendem à especialização e, conseqüentemente, ao provável desaparecimento ante mudanças no ambiente, por sua incapacidade de adaptação.

Muitas críticas também foram feitas ao caráter mecanicista da teoria de sistemas. O principal teórico da Teoria Geral de Sistemas alertou, porém, que o conceito de sistemas ia além da simples visão mecanicista: “Depois de ter derrubado a visão mecanicista, nós devemos ter cuidado para não escorregar no ‘biologismo’, isto é, considerando fenômenos mentais, sociológicos e culturais sob um ponto de vista meramente biológico” (Bertalanffy, 1998, p.88). A

própria conclusão do autor, algumas linhas adiante, encaminha essa questão e mostra a relação da Teoria Geral de Sistemas com a Complexidade: “Na ciência moderna, a interação dinâmica parece ser o problema central em todos os campos da realidade. Seus princípios gerais estão para ser definidos pela teoria de sistemas” (Bertalanffy, 1998, p.88). Até mesmo uma “teoria geral de equações diferenciais não-lineares” foi citada por Bertalanffy (1998, p.101-102) como um dos “importantes problemas aguardando desenvolvimento adicional”. Isso mostra como a dinâmica não-linear já havia sido percebida como um dos problemas centrais para o avanço da abordagem sistêmica e da ciência.

A teoria de sistemas mostrou que a noção newtoniana de causa-efeito não era adequada para a tarefa de entender a mudança nas organizações (Evered, 1980). O problema foi não ter proposto, à época, uma outra noção para substituí-la. Essa substituição acabou acontecendo posteriormente em quase todas as áreas da ciência. A Teoria da Complexidade trouxe como solução um novo determinismo, o caos determinístico: “O **caos determinístico** é essencialmente devido à dependência sensitiva às condições iniciais. Esta dependência, quando existe, resulta das **não-linearidades** presentes no sistema, as quais **amplificam exponencialmente** pequenas diferenças nas condições iniciais. Assim sendo, leis de evolução **determinísticas** podem levar a comportamentos caóticos, inclusive na ausência de ruído ou flutuações externas” (Fiedler-Ferrara & Prado, 1994, p.136).

As implicações desse novo determinismo são enormes. Como já foi dito, mesmo áreas da ciência que pareciam consolidadas, como a mecânica clássica, foram profundamente afetadas. Visões de que a complexidade dos sistemas é devida exclusivamente à grande quantidade de causas e variáveis interdependentes (Maximiano, 1997) caíram por terra. Mesmo modelos simples de sistemas, se não-lineares, apresentam comportamento extremamente complexo e caótico. Exemplos são abundantes em matemática (Nusse & Yorke, 1997; Gell-Mann, 1996), física/química (Fiedler-Ferrara, 1994), biologia (Maturana & Varela, 1995), ecologia, demografia e meteorologia (Gleick, 1999). Entretanto, são ainda poucas as tentativas sérias de utilizar esse referencial teórico para a análise de organizações e processos empresariais. Mesmo assim, é possível entrever em algumas delas (Stacey, 1991 e 1996; Axelrod & Cohen, 1999; Wheatley & Kellner-Rogers, 1995) as ricas possibilidades dessa abordagem.

A Complexidade pode ajudar a entender melhor as organizações. A ciência da Complexidade, uma abordagem nascida nas *hard sciences*, produz previsões confirmadas empiricamente, mas o faz segundo determinismo não-mecanicista e não-probabilístico. É composta por um conjunto de conceitos que explicam melhor os fenômenos naturais na forma como eles se apresentam em sua totalidade. Não é prescritiva: é descritiva e explicativa.

A forma como a Complexidade permite abordar certos problemas de organização nas empresas faz mais sentido dentro do ambiente turbulento em que as decisões são realmente tomadas. É provável que muitas decisões tomadas intuitivamente sejam, na verdade, fruto da percepção, adquirida ao longo do tempo, de padrões recursivos de mútua causalidade que, mesmo não sendo passíveis de estruturação precisa, são suficientemente nítidos para aqueles que procuram por eles.

Neste ponto, é conveniente esclarecer alguns dos principais conceitos da teoria da Complexidade. As breves descrições que seguem não têm a intenção (nem haveria condições de espaço) de detalhar cada um dos tópicos. Espera-se que sejam, porém, suficientes para permitir o entendimento dos conceitos básicos da ciência da Complexidade e, eventualmente, estimular a curiosidade por esse novo paradigma da ciência.

Incerteza

Entre os conceitos da Complexidade importantes para o estudo das organizações, a convivência com a incerteza, bem como a compreensão de sua natureza de forma inovadora e racional, é um dos mais interessantes. A incerteza é inerente aos Sistemas Dinâmicos Não-Lineares e ela não é eliminada, nem necessariamente diminuída, com maior controle sobre os parâmetros da organização. Esse comportamento imprevisível dos Sistemas Dinâmicos Não-Lineares é também chamado de caos determinístico (Fiedler-Ferrara & Prado, 1994).

Nesse contexto pouco adianta estudar o ambiente para fazer previsões de determinados parâmetros no médio ou no longo prazo com o objetivo de agir sobre a organização. O objetivo deve ser aquele de procurar entender os padrões de interação entre os parâmetros e monitorar constantemente seus valores no curto prazo. A redução da incerteza no desenho e nos processos organizacionais passa, portanto, pela reflexão a respeito da natureza de seus componentes e das interações no sistema organizacional.

Uma forma para entender a natureza dessa incerteza intrínseca é explorar o comportamento de equações não-lineares, como a equação logística utilizada no exemplo de participação nos resultados. Publicações e *software* dedicados à matemática experimental (Devaney, 1990; Nusse & Yorke, 1997) são um dos caminhos para aprofundar o conhecimento sobre esse fenômeno. O conceito de fractais também pode ajudar na compreensão dos padrões recursivos internos da organização.

Fractais

Padrões fractais de evolução são encontrados em fenômenos físicos, químicos (Fiedler-Ferrara & Prado, 1994;

Buchanan, 2001) e biológicos (Kauffman, 1997), assim como em ciclos econômicos, dados demográficos, formação de cidades (Gleick, 1999), preços de *commodities* (Stacey, 1991). Esses fenômenos são resultado de Sistemas Dinâmicos Não-Lineares.

Fractal é definido por Ferreira (2000) como forma geométrica, de aspecto irregular ou fragmentado, que pode ser subdividida indefinidamente em partes, as quais são, de certo modo, cópias reduzidas do todo (nuvens, montanhas, flocos de neve, raízes e galhos de árvore são objetos que podem ser representados por fractais). O conceito de fractal não é, porém, restrito a padrões geométricos. Dimensões fractais de comportamento são encontradas em Sistemas Dinâmicos Não-Lineares de todos os tipos. Os fractais mostram que se pode alcançar formas e comportamentos complexos mesmo partindo de regras simples aplicadas de forma recursiva.

Entendendo a lógica dos fractais, é possível entender melhor os sistemas por meio de seus componentes recursivos (padrões dentro de padrões) e, portanto, seu comportamento ao longo do tempo. Procurar modelar um problema não-linear por meio de maior quantidade de informações, ou de maior precisão dos dados, é como tentar aumentar a precisão de um mapa até chegar a reproduzir em todos os detalhes — cada grão de areia, pessoa, planta, animal — a região que se quer representar. Chegar a um mapa como esse, além de impossível, não faz sentido. Tentar mapear completamente determinado sistema que envolve uma organização, por mais restrito que seja, também não faz sentido.

A complexidade, por meio da utilização do conceito das dimensões fractais para a compreensão da realidade, permite uma abordagem viável de fenômenos que, de outra forma, seriam completamente intratáveis. O processo de análise de sistemas, uma vez identificado o problema como envolvendo interações não-lineares contínuas ao longo do tempo, tem no conceito de fractais um referencial para a elaboração de modelos que equilibrem o reducionismo e o holismo. Os padrões recursivos que formam o indivíduo consciente (Maturana & Varela, 1995; Damásio, 2000) poderiam ser vistos como uma representação em dimensão fractal dos padrões de formação dos sistemas constituídos por esses indivíduos. As características dos sistemas poderiam estar todas representadas, de forma aproximada, em suas partes. A compreensão do funcionamento do sistema de menor dimensão e, portanto, menos complicado, possibilitaria razoável compreensão dos sistemas maiores de que faz parte.

No exemplo da distribuição de lucros, uma dimensão fractal é o comportamento de cada indivíduo. Este representa, em menor dimensão, uma cópia aproximada do comportamento de seu setor que, por sua vez, pode ser uma representação aproximada do comportamento da unidade de negócios a que pertence, e assim por diante.

Atratores estranhos

Apesar de imprevisível, o comportamento de Sistemas Dinâmicos Não-Lineares pode, em determinadas condições, possuir um atrator. Atrator é “um conjunto invariante para o qual órbitas próximas convergem depois de um tempo suficientemente longo” (Fiedler-Ferrara & Prado, 1994, p.85), isto é, valores para os quais tendem os valores resultantes de um Sistema Dinâmico Não-Linear após certo número de ciclos. O valor do atrator nunca é alcançado, pois ele depende sensitivamente das condições iniciais do sistema. Isso significa que, quer por imprecisões inerentes ao determinismo caótico (necessariamente), quer por ruído experimental, o valor exato do atrator não é calculável e nem previsível com precisão absoluta. Em sistemas que evoluem em caos determinístico, pode-se provar que os atratores têm dimensões fractais (Fiedler-Ferrara & Prado, 1994). Por essa razão, esses atratores são chamados de Atratores Estranhos.

Apesar dessas dificuldades, os atratores estranhos indicam uma condição de equilíbrio procurada pelo sistema. A procura dessa condição é garantida pela recursividade dos mecanismos de *feedback* dos sistemas. Os valores resultantes do sistema podem ser encontrados em uma área ao redor do atrator, dentro de determinados limites. O conceito de atrator serve para entender a direção natural do sistema e sua busca de determinado tipo de equilíbrio. Identificar Atratores Estranhos em um Sistema Dinâmico Não-Linear permitiria interpretar as suas oscilações como uma descrição dos caminhos possíveis que o sistema percorrerá ao longo de sua história. O exemplo sobre sistemas de qualidade, a seguir, pode ilustrar melhor esse conceito.

Estabilidade dinâmica

Os Sistemas Dinâmicos Não-Lineares, apesar da dependência sensitiva às condições iniciais, possuem extraordinária estabilidade no que se refere à absorção de influências externas ou ruídos. Sistemas desse tipo, se preservadas as regras, mostram-se bastante estáveis. São necessários ruídos substanciais, aplicados por diversos ciclos, para modificar a posição dos atratores ou para inviabilizar o sistema.

Essa característica tem sua origem na interação contínua de padrões recursivos relativamente simples que levam o sistema à sua condição original de equilíbrio dinâmico em volta de um atrator. É como uma organização que detecta problemas de qualidade em seus produtos e consegue recuperar a condição inicial, aplicando repetidamente procedimentos de correção e checagem — como os procedimentos sugeridos pelas normas ISO-9000. Em sistemas de qualidade, a aplicação dos procedimentos de forma recursiva não garante a qualidade total — ou zero defeitos —, mas impede que o sistema se afaste de um atrator estranho que pode ser definido como um índice de qualidade aceitável.

As implicações da estabilidade dinâmica dos sistemas complexos para as organizações são claras. Da mesma forma que a incerteza é característica intrínseca do sistema — e não exclusivamente importada do ambiente —, o sistema possui razoável capacidade de absorver instabilidades ou ruídos de origem externa. Fica, dessa forma, reforçada a necessidade de compreender a dinâmica dos sistemas antes de atuar sobre eles, em especial antes de dedicar recursos para proteger o sistema dos ruídos externos. Incertezas e ruídos externos, dentro de determinados limites, não afetam os atratores do sistema e, portanto, sua evolução.

No exemplo acima, e dentro desse quadro conceitual, provavelmente não vale a pena investir em precauções e controles adicionais no processo de produção, reduzindo a flexibilidade e aumentando os custos. O caminho para deslocar o atrator para uma posição de melhores índices de qualidade pode ser a avaliação e a melhoria dos mecanismos de *feedback* e de coordenação do sistema de qualidade.

Essas características básicas de Sistemas Dinâmicos Não-Lineares têm implicações. Diversos autores discorreram a respeito da estreita ligação dessas características com fenômenos como a sobrevivência dos sistemas biológicos (Maturana & Varela, 1995), a criatividade de sistemas e organizações (Stacey, 1996; Wheatley & Kellner-Rogers, 1995) e o fenômeno de auto-organização de Sistemas Dinâmicos Não-Lineares em todas as áreas (Prigogine & Stengers, 1984). A capacidade que os conceitos da Complexidade têm para explicar esses fenômenos é superior a qualquer abordagem anterior. Todos esses fenômenos têm relação com os problemas do administrador. A sobrevivência da organização, a sua criatividade ante os desafios e oportunidades do ambiente e a capacidade de mantê-la coesa e coordenada estão entre as principais preocupações do administrador.

CONCLUSÃO

Na literatura, em especial na das ciências naturais, há fortes evidências de que a Teoria da Complexidade está consolidada e contribuindo para a compreensão de fenômenos antes fora do alcance da ciência. Utilizaram-se conceitos da Teoria Geral de Sistemas, da Cibernética e da Nova Economia de Empresas para buscar uma forma de transpor os conceitos da Complexidade para o estudo das organizações.

A utilização de conceitos de diversas áreas da ciência para o estudo das organizações é uma prática aparentemente comum e responsável por avanços importantes na administração e no estudo das organizações. A natureza multidisciplinar desses avanços reforça as possibilidades de migração de conceitos.

A Teoria Geral de Sistemas e a Cibernética consolidaram o conceito de organizações como Sistemas Dinâmicos

Não-Lineares. As idéias da Nova Economia de Empresas reavaliaram o comportamento das pessoas nas firmas e reconheceram as restrições para a adoção de comportamentos racionais. Abriu-se, assim, a possibilidade teórica para as **forças** da Complexidade atuarem nos sistemas organizacionais. A realidade enfrentada pelos administradores nas organizações, mutável e imprevisível, porém freqüentemente mantida em tênue estabilidade dinâmica, parece alinhar-se com essa interpretação.

Dessa forma, faz sentido procurar na Teoria da Complexidade algumas respostas para os problemas de análise e desenho das organizações. Há grande espaço a ser explorado, pois ainda são poucos os trabalhos dedicados

às idéias aqui discutidas. O maior desafio talvez seja o de aprofundar o conhecimento em áreas de difícil acesso para a formação tradicional do administrador.

Superadas essas barreiras — e eventualmente reforçadas as idéias aqui levantadas —, a análise e o aperfeiçoamento dos sistemas organizacionais, como os de qualidade, produção, distribuição ou administração, podem representar excelente oportunidade para a utilização dos conceitos da Complexidade.

As limitações deste trabalho estão relacionadas ao fato de que um assunto de tamanha extensão e importância exigiria esforço de reflexão mais extenso e completo, fora do alcance de um simples artigo. ♦

RESUMO

Comparar os sistemas organizacionais a sistemas dinâmicos não-lineares colocaria à disposição do administrador de empresas as idéias desenvolvidas recentemente pela Teoria da Complexidade. O objetivo neste artigo é discutir a possibilidade de o conjunto de conceitos coletivamente chamado de ciência da Complexidade ser uma alternativa para o melhor entendimento da experiência de gerir e participar de uma organização. Na literatura científica, em especial na das ciências naturais e da matemática, há fortes evidências de que a ciência da Complexidade (ou dos Sistemas Dinâmicos Não-Lineares) está se consolidando e contribuindo para a compreensão de fenômenos antes fora do alcance da ciência. Utilizaram-se conceitos da Teoria Geral de Sistemas, da Cibernética e da Nova Economia de Empresas para buscar uma forma de transpor os conceitos da Complexidade para o estudo das organizações. Chegou-se à conclusão de que a Complexidade pode ser uma resposta a algumas das questões que os conceitos citados deixaram em aberto.

Palavras-chave: teoria da complexidade, caos, organização, sistemas.

ABSTRACT

To compare organizational systems to non-linear dynamical systems would put to the manager disposal the ideas recently developed by Complexity Theory. The objective of this essay is to discuss the possibilities of a new body of knowledge, collectively called Complexity science, as an alternative to the understanding of the experience that is managing and participating in an organization. In scientific literature, especially on natural sciences and mathematics, there are strong evidences that Complexity science (or Non-linear Dynamical Systems Science) is contributing to the understanding of phenomena previously out of reach for science. Concepts from the General Systems Theory, Cybernetics and the New Institutional Economics are used to try to transpose the Complexity ideas to the study of organizations. The conclusion is that Complexity can be an answer to some question left open by those concepts.

Uniterms: complexity theory, chaos, organizations, systems.

RESUMEN

Comparar los sistemas organizativos con los sistemas dinámicos no lineales colocaría a disposición del administrador de empresas las ideas recientemente desarrolladas por la Teoría de la Complejidad. En este artículo se pretende discutir la posibilidad de que el conjunto de conceptos colectivamente denominado Ciencia de la Complejidad sea una alternativa para una mejor comprensión de lo que es administrar y participar en una organización. En la literatura científica, sobre todo en las ciencias naturales y las matemáticas, existen fuertes evidencias de que la Ciencia de la Complejidad (o de los Sistemas Dinámicos no Lineales) se está consolidando y ayudando a comprender fenómenos que antes estaban al margen de la ciencia. A efectos de transponer los conceptos de la Complejidad para el estudio de las organizaciones, se utilizaron conceptos de la Teoría General de Sistemas, de la Cibernética y de la Nueva Economía de Empresas. Así, se llegó a la conclusión de que la Complejidad puede ser una respuesta a algunas de las cuestiones que los conceptos anteriormente referidos dejaron pendientes.

Palabras clave: teoría de la complejidad, caos, organización, sistemas.

- ALLIGOOD, Kathleen; SAUER, Tim; YORKE, James A. *Chaos — an introduction to dynamical systems*. New York: Springer-Verlag, 1996.
- AXELROD, Robert; COHEN, Michael. *Harnessing complexity: organizational implications of a scientific frontier*. New York: The Free Press, 1999.
- BEER, Stafford. *The heart of enterprise*. New York: Willey, 1979.
- BERTALANFFY, Ludwig von. *General system theory*. New York: George Braziller, 1998.
- BUCHANAN, Mark. O padrão invisível. *Folha de S. Paulo*, São Paulo, 28 jan. 2001. Caderno Mais!, p.5-10.
- COASE, Ronald. The nature of the firm. In: PUTTERMAN, Louis; KROSZNER, Randall S. *The economic nature of the firm*. 2.ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1997.
- CYERT, Richard M.; MARCH, James G. *A behavioral theory of the firm*. 2.ed. Cambridge: Blackwell Publishers, 1992.
- DAMÁSIO, Antonio. *O mistério da consciência*. São Paulo: Cia. das Letras, 2000.
- DEVANEY, Robert L. *Chaos, fractals, and dynamics: computer experiments in mathematics*. Menlo Park, California: Addison-Wesley, 1990.
- ESPEJO, Raúl; SCHWANINGER, Markus. *Organizational fitness: corporate effectiveness through management cybernetics*. New York: Campus Verlag, 1993.
- EVERED, Roger. Consequences of and prospects for systems thinking in organizational change. In: CUMMINGS, T.C. (Ed.). *Systems theory for organizational development*. New York: John Willey & Sons, 1980. p.5-13.
- FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. *Novo dicionário eletrônico da língua portuguesa*. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2000. CD-ROM.
- FIEDLER-FERRARA, Nelson; PRADO, Carmen P. Cintra do. *Caos: uma introdução*. São Paulo: Edgard Blücher, 1994.
- GELL-MANN, Murray. *O quark e o jaguar: aventuras no simples e no complexo*. Rio de Janeiro: Rocco, 1996.
- GLEICK, James. *Caos, a criação de uma nova ciência*. 9.ed. Rio de Janeiro: Campus, 1999.
- JAKSON, Michael C. *Systems methodology for the management sciences*. Londres: Plenum, 1991.
- KAUFFMAN, Stuart. *At home in the universe: the search for the laws of self-organization and complexity*. Londres: Penguin, 1997.
- KUHN, Thomas S. *A estrutura das revoluções científicas*. São Paulo: Perspectiva, 1998.
- MARCH, J.G. Bounded rationality, ambiguity, and the engineering of choice. In: BELL, D.E. et al. *Decision making — descriptive, normative, and prescriptive interactions*. Cambridge: Cambridge University Press, 1988.
- MATURANA, Humberto; VARELA, Francisco. *A árvore do conhecimento*. Campinas: Psy, 1995.
- MAXIMIANO, Antonio C.A. *Teoria geral da administração: da escola científica à competitividade em economia globalizada*. São Paulo: Atlas, 1997.
- MILGROM, Paul; ROBERTS, John. *Economics, organizations, and management*. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall, 1992.
- MOTTA, Fernando C.P. *Teoria geral da administração*. 22.ed. São Paulo: Pioneira, 2000.
- NUSSE, Helena E.; YORKE, James A. *Dynamics: numerical explorations*. Série: Applied mathematical sciences. New York: Springer-Verlag, 1997.
- PINDYCK, Robert S.; RUBINFELD, Daniel L. *Microeconomics*. New Jersey: Prentice-Hall, 1998.
- PRIGOGINE, Ilya; STENGERS, Isabelle. *Order out of chaos*. Toronto; New York: Bantam, 1984.
- PUTTERMAN, Louis; KROSZNER, Randall S. *The economic nature of the firm*. 2.ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1997.
- SIMON, Herbert A. *Scienza economica e comportamento umano*. Torino: Edizioni di Comunità, 2000.
- STACEY, Ralph D. *The chaos frontier: creative strategic control for business*. Oxford: Butterworth-Heinemann, 1991.
- _____. *Complexity and creativity in organizations*. San Francisco: Berret-Koehler, 1996.
- WIENER, Norbert. *Cybernetics: or control and communication in the animal and the machine*. 2.ed. Cambridge, MA: MIT Press, 1967.
- WHEATLEY, Margaret J.; KELLNER-ROGERS, Myron. *A simpler way*. San Francisco: Berret-Koehler, 1995.
- WRESZINSKI, Walter F. *Mecânica clássica moderna*. São Paulo: EDUSP, 1997.