

DA IMPOSSIBILIDADE DE PLANEJAMENTO A LONGO PRAZO; UMA CONSEQÜÊNCIA DA TEORIA DO CAOS

FERRAZ, Fernando Toledo

Doutor em Engenharia de Produção pela COPPE/UFRJ, Eng. De Produção; Prof. Universitário
Rua Passo da Pátria, 156, CEP 45632-070, Niterói, Brasil
fernando@latec.uff.br

BALLERINI, Sérgio

Mestre em Sistemas de Gestão pela Universidade Federal Fluminense/UFF, Administrador; Analista em C&T do Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
Rua Assis Brasil 121/702, Rio de Janeiro, Brasil
sballerini@inmetro.gov.br

MARTINS, Erasmo Flávio Moreno

Físico; Engº Mecânico; Eng.º da Diretoria da Qualidade do Inmetro - Instituto Nacional de Metrologia e Qualidade Industrial
Rua Santa Alexandrina, 416 - 8º andar, CEP 20061-232, Rio de Janeiro, Brasil
efmartins@inmetro.gov.br

ABSTRACT

This article on the validity of a long term planning basis, under the optics of non-linear dynamic systems, in which the base are the theory of the complexity, that is, the theory of the chaos. The planning mentioned here is understood as a group of chained actions, a cause and effect relation, which produce a wanted specific result, instead of an elaboration of future scenarios. Its consequences impact the management systems, but those effects are not studying objects in this article.

Key words: chaos, complexity, planning, linearty and non-linearty, feedback, complex adaptive systems.

RESUMO

Este artigo reflete sobre a validade do planejamento a longo prazo sob a ótica dos sistemas dinâmicos não-lineares, cujos fundamentos são a teoria da complexidade, ou seja, a teoria do caos. O planejamento aqui é entendido como um conjunto de ações encadeadas, uma relação de causa e efeito capaz de produzir um resultado específico desejado, e não como elaboração de cenários futuros. Suas conseqüências impactam os sistemas de gestão, mas esses efeitos não são objetos de estudo neste artigo.

Palavras-chave: caos, complexidade, planejamento, linearidade e não-linearidade, realimentação, sistemas adaptativos complexos.

1. INTRODUÇÃO

Este trabalho pretende colocar em exame alguns aspectos importantes de uma questão central tanto para governos de qualquer localidade do mundo, quanto para os diversos tipos de organizações, sejam elas públicas ou privadas, empresas ou não, que operem a partir de uma ou mais geografias; o seu planejamento. Embora seja um exame superficial é importante refletir sobre o planejamento, porque é dele que as organizações se utilizam para declarar como pretendem atingir suas metas, e seus sistemas de gestão devem lidar com todos os processos que julgue necessários para a sua consecução. Ocorre que já há algum tempo os estudiosos dos tipos de planejamento, estratégia e gestão, assim como seus experimentadores, têm produzido literatura que dá conta da exaustão dos modelos que orientaram a denominada sociedade industrial. Ainda que esta sociedade tenha se baseado na crença de que os fenômenos só podem ser compreendidos se forem reduzidos a seus componentes básicos, o que permitiu a criação de modelos razoavelmente bem sucedidos, e categorias de análise capazes de nos fazer compreender e lidar eficientemente com as questões cotidianas, produzindo bons mecanismos de controle e cuja inspiração adveio das ciências naturais, deixou de lado dimensões importantes. Estas dimensões que investigam a interação entre as partes, capazes de modificar radicalmente nossa visão de mundo, também são derivadas das ciências naturais. Ao tentar compreender melhor as diversas interações, na

maioria das vezes um número muito grande delas, implicando assim na consideração de uma quantidade de variáveis incapazes de produzir soluções através da análise tradicional, a ciência carecia de um novo instrumental, o que foi possível com o advento dos computadores. Muito embora a dinâmica dos sistemas não-lineares já fosse objeto de estudo antes do advento dos computadores a matemática não conseguia solução para as equações que formulava. Muitas delas são insolúveis mesmo quando abordadas pela análise matemática, pelo menos até hoje. A análise numérica, com a capacidade de investigação altamente alavancada pelo desenvolvimento dos sistemas de processamento de dados e informações, proporcionou grandes comprovações que já eram teoricamente antevistas, assim como descortinou novos horizontes para a pesquisa científica, alguns dos quais provocaram impacto significativo em nossos esquemas mentais para a compreensão do mundo em que vivemos. Entra em cena, então, a teoria da complexidade.

2. A DINÂMICA NÃO-LINEAR, A TEORIA DA COMPLEXIDADE, A TEORIA DO CAOS

A palavra caos foi, por razões óbvias, a expressão que mais atenção popular atraiu. Nesse sentido, o popular, tal palavra transmite a idéia da mais completa e absoluta desordem, a total aleatoriedade. Conforme explicam os professores David Parker e Ralf Stacey (1995, p. 12), autores de várias publicações sobre estratégia e economia gerencial:

o caos é uma intrincada mistura de ordem e desordem, regularidade e irregularidade: padrões de comportamento que são irregulares, porém classificáveis em amplas categorias, ou arquétipos, dentro dos quais se verifica uma infinita variedade individual. Basta olhar as nuvens por pouco tempo para entender o que os cientistas querem dizer com comportamento caótico.

Na mitologia grega o Caos era utilizado para significar o nada, um estado não organizado que deu origem a todas as coisas. Já a ciência do Caos é relativamente recente; deu seus primeiros passos na década de 60 do século passado, sendo considerada uma das grandes revelações do século XX no campo de estudos da física.

2.1 OS ACONTECIMENTOS QUE CONCORRERAM PARA O SURGIMENTO DA NOVA TEORIA - BREVE HISTÓRICO

É comum na história da ciência, embora não só nela, polêmicas, algumas delas bastante acaloradas, a respeito da autoria de teorias ou experimentações que tenham provocado o surgimento de novos paradigmas, invenções, ou mesmo avanços de menor impacto sobre o status quo que um determinado grupo de praticantes de algum campo de estudos até então tenha acolhido como, na expressão de Thomas Khun, "ciência normal" (1989, p. 44-45); não é diferente neste caso.

2.1.1 Os Norte-Americanos

Ao consultarmos James Gleick (1990) em "Caos: a criação de uma nova ciência" deparamos com Edward Lorenz, um pesquisador do MIT (Massachusetts Institute of Technology) que se dedicava à previsão do tempo em meteorologia. Ele estava interessado em apreciar as configurações que se formam e aparecem na atmosfera, tais como redemoinhos e ciclones, obedecendo a regras matemáticas, porém nunca se repetindo. Acreditava que as nuvens tinham uma certa estrutura; estávamos em 1960. Para Lorenz o tempo era algo que não se podia expressar através de médias. Era uma investigação infrutífera através da estatística.

Gleick assinala que o pesquisador considerava a maneira pela qual as configurações atmosféricas se transformavam como sendo a essência da questão. À época, ele relata:

para a maioria dos meteorologistas sérios, a previsão não chegava a ser uma ciência. Era uma coisa mais instintiva ou prática, feita por técnicos que precisavam de certa capacidade intuitiva para ler o tempo do dia seguinte nos instrumentos e nas nuvens. Era uma adivinhação. Em centros como o MIT a meteorologia preferia os problemas que tinham solução (GLEICK, 1990, p. 11).

O texto ressalta que na década de 1960, não só os meteorologistas desprezavam a previsão do tempo (o principal equipamento utilizado já era o computador); quase todos os pesquisadores considerados sérios

também não tinham confiança em computadores. Segundo Gleick, a máquina de Lorenz era um Royal Mc Bee, um cipóal de fios e válvulas eletrônicas com um barulho irritante, e enguiçava quase que semanalmente. Não obstante, ele conseguiu criar um tempo atmosférico que marcava a passagem de um dia a cada minuto. Isso era possível imprimindo uma série de números numa página. As pessoas habituadas a lê-los seriam capazes de observar, por exemplo, um vento predominantemente oeste passar ora para norte, ora para sul, e outras variações. Acontecia que de alguma forma nenhuma condição se repetia. Gleick relata que após um certo número de tentativas e erros o pesquisador escolheu 12 regras numéricas. Eram equações que relacionavam temperatura e pressão, e pressão com velocidade do vento. Sabia estar colocando em prática as Leis de Newton. "Graças ao determinismo das leis físicas não seriam necessárias novas intervenções. Os que faziam tais modelos tinham como certo que, do presente para o futuro, as leis do movimento proporcionavam uma fonte de certeza matemática. Compreendendo-se as leis compreendia-se o universo" (ibid., p.10).

A máquina de Lorenz funcionava segundo essa filosofia. Aqui se faz importante assinalar que para investigar a promessa Newtoniana do desdobramento determinista do mundo, só mesmo uma máquina capaz de repetir milhares de cálculos. A humanidade já esperava há dois séculos por um engenho que, dotado de tais características, fosse capaz de prever o tempo. Prever o futuro a partir de suas condições iniciais era o que os astrônomos vinham fazendo com lápis e régua de cálculo, lembra Gleick. A sensibilidade às condições iniciais (SCI) é o ponto nevrálgico desta teoria. Uma pequena variação delas pode ter conseqüências catastróficas para as previsões. Um acontecimento não intencional vivenciado por Lorenz em 1961 pode ilustrar melhor o significado de ínfimas variações aos nossos olhos. Tentando examinar mais detalhadamente o comportamento de uma seqüência de números em seu computador, ele resolveu que ao invés de refazer toda a série, começaria pelo meio. Digitou então os números que escolheu, diretamente da impressão anterior. Estava na realidade alimentando a máquina com novas condições iniciais. Ocorre que a memória tinha armazenado números com seis casas decimais conforme os experimentos anteriores. Lorenz decidiu poupar espaço e utilizou apenas 3 casas decimais, com arredondamento, supondo que a diferença de uma para mil era irrelevante. Saiu para dar uma volta, e quando retornou, uma hora depois, defrontou-se com um quadro inesperado. Seu primeiro pensamento foi que uma válvula eletrônica tivesse queimado. Mas não foi. Ele estava diante da semente de uma nova Ciência. Seu computador desenvolvia condições meteorológicas exatamente da mesma maneira, desde que o ponto de partida fosse o mesmo. Ao alterá-lo obteve o seguinte gráfico :

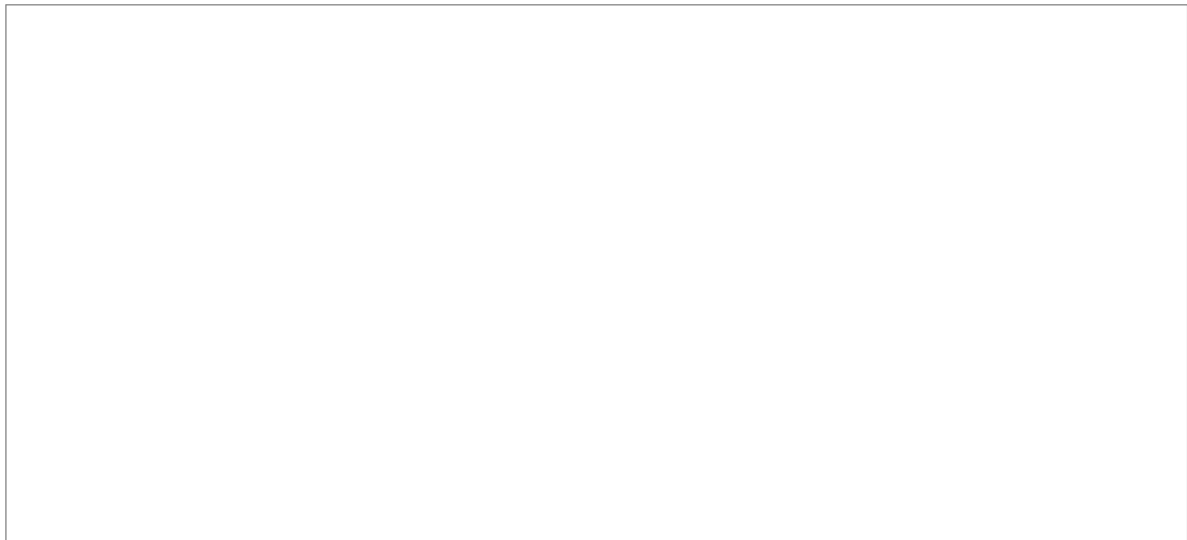


Figura 1 - Como dois padrões de tempo divergem

Fonte: GLEICK (1991) No sistema específico de equações de Lorenz, os pequenos erros mostravam-se cada vez mais sem semelhança em seus futuros. Quando consultamos a obra intitulada "Dos Rítmos ao Caos", - Bergé, Pomeau e Dubois-Gance, (1996, p. 62) afirmam que para questão de pais fundadores "o primeiro nome a ser evocado é, não raro, o de Henri Poincaré (1854-1912), sobrinho de Raymond Poincaré, que foi presidente de República francesa de 1913 a 1920". Consideram-no um dos pioneiros do estudo moderno dos sistemas dinâmicos e responsável por formular as propriedades essenciais do Caos,

ainda que em sua época este nome não tivesse o emprego científico que atualmente lhe é atribuído. Segundo os autores, Poincaré constatou a possibilidade de movimentos erráticos num sistema com pequeno número de graus de liberdade, e compreendeu com bastante acuidade os motivos do que hoje chamamos de sensibilidade às condições iniciais (SCI) ou, como se refere em alguns momentos o já citado Gleick, dependência sensível das condições iniciais. De fato, é difícil haver mais clareza a respeito do assunto quando se lê o seguinte texto atribuído a Poincaré: "uma causa muito pequena, que nos escapa, determina um efeito considerável, que não podemos deixar de ver, e então dizemos que esse efeito se deve ao acaso... pode acontecer que pequenas diferenças nas condições iniciais gerem diferenças enormes nos fenômenos finais... a predição torna-se impossível". (BERGÉ et al., 1996, p. 262-263).

Estes autores elencam uma longa série de investigações e experimentos, muito de origem francesa, uma significativa parcela da escola russa, e vários pesquisadores norte-americanos ou que lá trabalhavam; o número deles eleva-se, seguramente, a mais de duas dezenas.

A publicação de Bergé et al. tem como finalidade precípua informar um leitor interessado porém não-especialista, mas recorre, muitas das vezes, a exemplos cuja compreensão demanda explicações muito específicas, e requerem tantos detalhamentos para seu perfeito entendimento, que acaba por fugir ao escopo deste trabalho. Um exemplo disso é a explicação sobre auto-oscilações estocásticas, sem dúvida uma das mais importantes fontes que sustentaram o desenvolvimento da teoria dos sistemas dinâmicos não-lineares, e que se enquadram na categoria de específicos demais para o objetivo deste artigo conforme o argumento anterior. No entanto, é uma obra fundamental porque oferece uma outra visão da sucessão histórica das investigações que contribuíram para o surgimento desta nova ciência. Em tempos de uma sociedade do conhecimento estas questões adquirem maior relevância do que em outras ocasiões, ainda que sempre tenham sido importantes, porque estabelecem uma certa relativização das tentativas de hegemonia da produção científica. Fica claro, pela exposição destes pesquisadores, eles mesmos personagens da narrativa, ao contrário de James Gleick, um prestigiado editor e repórter do New York Times, que muita coisa ocorreu em termos de investigação e teorização antes de iniciar-se o que eles denominam de "época moderna" do Caos. Admitem este período como tendo início na década de 1950 e atualmente ainda em curso. Reconhecem que o histórico artigo de Edward Lorenz de 1963 "assinalou uma virada decisiva na história do Caos" para logo após revelarem que a melhor expressão seria "deveria ter assinalado" (ibid., p. 266). Justificam a observação apoiados pela afirmação sobre o completo desconhecimento do trabalho de Lorenz por cerca de dez anos, devido ao hábito que físicos e matemáticos possuem de não lerem revistas sobre meteorologia. Relatam ainda a pior sorte que teve Rikitake com seu trabalho sobre as inversões do campo magnético terrestre que, embora muito anterior ao de Lorenz, permanece como referência pouco citada. O texto continua citando os desdobramentos notáveis que se seguiram até que ficasse claramente colocado o problema da turbulência, pedra fundamental da teoria, fosse qualquer campo de estudos "que o revelasse, independente da turbulência hidrodinâmica ser da alçada dos estudiosos da mecânica dos fluidos", alguns dos quais, segundo os autores, "não viam o que matemáticos e físicos vinham fazer em sua área" (ibid., p. 267). Das muitas contribuições que estes autores dão para a compreensão da teoria do caos, a que mais interessa para os objetivos deste trabalho é quando abordam o que chamam de "comportamentos coletivos". (ibid., p. 231) Ao utilizarem tal expressão estão se referindo a comportamentos que encerram muitas variáveis. E a dinâmica macroeconômica é um deles. Começam afirmando que:

os preços, os salários no mercado mundial são fixados por mecanismos que escapam cada vez mais às autoridades políticas. Isso lhes confere uma evolução autônoma, cujas razões ainda parecem bastante mal compreendidas. Podemos, mesmo assim, afirmar que os princípios correspondentes recorrem a um grande número de graus de liberdade, e pensar que os agentes individuais, ou seja, cada consumidor, cada produtor, poderiam constituir os graus de liberdade desse sistema macroeconômico. (ibid., p. 232)

Após a citação acima Pierre Bergé e seus outros dois colegas de pesquisa ressaltam a falta de evidência em relação aos graus de liberdade (consumidor e produtor), sugerindo como mais provável o fato de que essa dinâmica, a macroeconômica, seja orientada pela interação de variáveis coletivas, alinhando alguns exemplos: preço de matéria-prima, salários das diferentes categoriais de trabalhadores, preços do aluguel, a demora reinante e outras mais. Argumentam que o elevado número de variáveis coletivas não impede uma abordagem sistemática dessa dinâmica e exemplificam da seguinte maneira: depois de elaborada uma lista de parâmetros pertinentes, tais como os citados anteriormente, escrevem-se suas equações não-

lineares, levando em conta interações importantes como a que existe entre o poder de compra e a tributação, sustentando a evidente diminuição do poder de compra quando defrontado com um aumento de taxas obrigatórias, pelo menos no caso de bens de consumo corrente.

Inúmeros exemplos poderiam ser examinados, no entanto uma pergunta fundamental para a teoria do caos é: de onde vem o limite da predição? O cerne da questão reside em duas condições:

" as relações utilizadas são, na maioria das vezes, apenas um reflexo truncado de uma realidade complexa. Em algumas situações, muito truncadas;

" o tipo de relação utilizada pode ter um limite intrínseco, próprio, de predição.

As relações objeto deste tipo de pesquisa formam um conjunto que os cientistas chamavam de sistemas dinâmicos não-lineares¹ Nesse mundo aparecem desdobramentos inesperados, desconcertantes mesmo, onde a predição revela seus limites e então pode surgir o caos. No caso da dinâmica macroeconômica, Pierre Bergé et al declaram temer os resultados decepcionantes que uma abordagem através de sistemas caóticos pode revelar. Textualmente:

muito provavelmente ficaremos sabendo que o nosso mundo macroeconômico tem uma instabilidade intrínseca e que é impossível fazer predições a longo prazo, em particular por causa da complexidade do problema, mas também devido ao nosso conhecimento imperfeito da situação inicial. De fato, não parece que, ao contrário da meteorologia, tenhamos uma idéia muito clara do horizonte de preditibilidade confiável em economia: seis meses, um ano, dois anos? (BERGÉ et al., 1996, p. 232)

Após este breve cotejo entre narrativas históricas de origens diferentes, pode-se observar, independentemente das disputas pela primazia, que o desenvolvimento dos estudos sobre a dinâmica dos sistemas não-lineares, a teoria do caos, seja do ponto de vista numérico ou geométrico, mudou profundamente a maneira de encararmos a natureza das relações que regem os fenômenos naturais, com forte impacto nas ciências sociais e em muitos aspectos que regulam os ritmos do planeta e da vida de uma maneira geral; uma verdadeira mudança de paradigma, como diria Thomas Khun. A tentativa de compreender melhor o funcionamento da dinâmica dos sistemas não-lineares implica em uma pequena abordagem do conceito de sistemas adaptativos complexos.

2.2 Sistemas adaptativos complexos (SAC) A expressão acima é usada para designar sistemas que aprendem ou evoluem utilizando informação adquirida. Em seu livro, "O quark e o jaguar; as aventuras no simples e no complexo", 1996, Murray Gell-Mann, físico teórico, laureado com o prêmio Nobel de 1969 por desenvolver investigações que proporcionam a descoberta do quark, o bloco básico na constituição de todos os núcleos atômicos, apresenta uma visão unificadora do mundo natural. Os exemplos de tais sistemas variam desde uma criança aprendendo sua língua nativa, passando por uma variedade de bactéria que se torna resistente a um antibiótico ou uma comunidade científica testando novas teorias, até um artista transformando em obra uma idéia fruto de sua criatividade. Em suma, o cientista está interessado em compreender as conexões entre as leis básicas da física e a complexidade do mundo natural. Se os desdobramentos da obra de Gell-Mann ficassem restritos tão-somente ao campo das ciências naturais, não teria sentido recorrer a ela para os objetivos deste artigo. Porém, acontece com frequência que os modelos e teorias das ciências naturais acabam inspirando estudos e possibilidades de aplicação em outros campos, e neste caso não foi diferente; os sistemas adaptativos complexos também aparecem funcionando no aprendizado de seres humanos, na evolução das sociedades humanas, no comportamento dos investidores do mercado financeiro e na utilização dos computadores. Poderia ser citada uma vasta gama de outros tipos de processos que se encaixam na idéia destes sistemas (SAC). Convém, todavia, para melhor esclarecimento de seu conceito, deixar o pesquisador falar:

a característica comum de todos esses processos é que em cada um deles um sistema adaptativo complexo adquire informação sobre seu meio ambiente e sobre sua própria interação com este meio ambiente, identificando regularidades naquela informação, condensando estas regularidades em um tipo de esquema ou modelo, e atuando no mundo real com base neste esquema. Em cada caso há vários esquemas competindo, e os resultados da ação sobre o mundo real retroalimentam o esquema e influenciam a competição entre eles. (GELL-MANN, 1996, p. 35)

Pode-se concluir então que, embora tais processos sejam diferentes em muitas de suas propriedades, sua

similaridade se dá pela maneira como manipulam a informação. A figura 2 ajuda a ilustrar o que o autor entende por sistemas adaptativos complexos. Segundo Gell-Mann, (1996), aproximadamente há 4 bilhões de anos atrás, algumas reações químicas ligadas à reprodução provocaram o surgimento das primeiras formas de vida, ocasionando a formação de comunidades ecológicas entre esses organismos, e, a partir de então, a vida deu origem a mais sistemas adaptativos complexos.

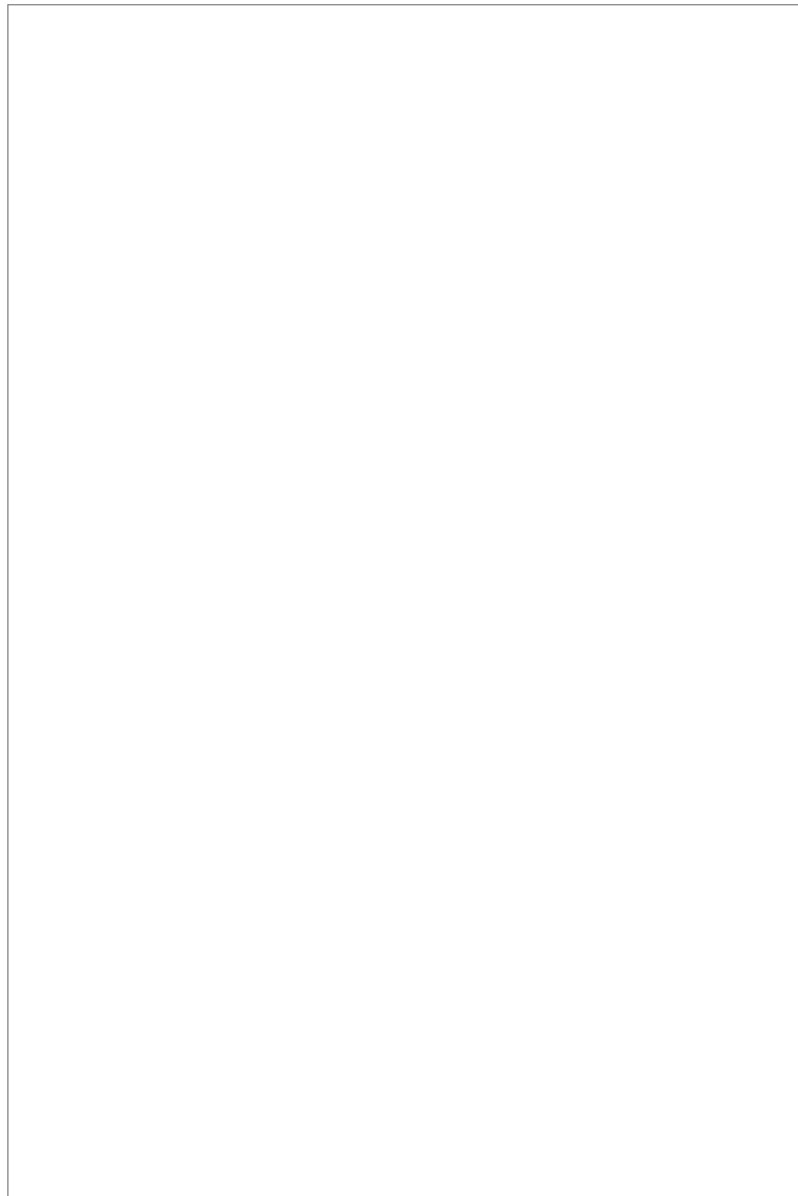


Figura 2 - Alguns Sistemas Adaptativos Complexos da Terra
Fonte: GELL-MANN (1996)

2.3 Simplicidade e complexidade

A distinção entre o significado destas duas expressões não comporta definições. Tais palavras dependem do contexto em que são utilizadas. Pode-se começar afirmando que simplicidade se refere à ausência, ou quase isso, de complexidade. Simplicidade deriva de uma expressão cujo entendimento é "que já foi dobrado". Já complexidade tem como origem uma expressão cujo o significado é "trançado juntos". Aqui cabe ressaltar que o fragmento "plic" para dobrar, tem a mesma raiz que "plex" para trançar. Ambas se originam da matriz indo-européia "plek". De qualquer modo, para caracterizar o que seja complexidade é sempre necessário especificar o nível de detalhamento com que o sistema é descrito. Quando os detalhes mais finos são ignorados os físicos denominam esta descrição de granulação grosseira. Para exemplificar a operação de um sistema adaptativo complexo, cuja a atenção é dirigida ao fluxo de informações, através da observação das regularidades, como também à constatação de onde entram os acidentes e as

arbitrariedades o diagrama representado pela figura 3 abaixo é esclarecedor.

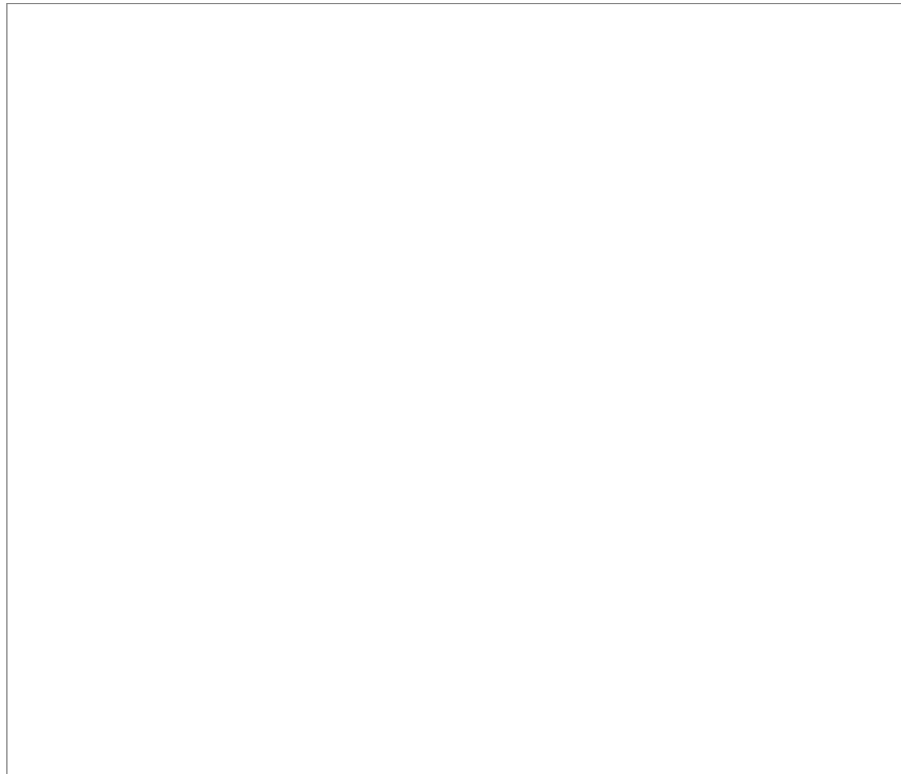


Figura 3 - Como um sistema adaptativo complexo funciona
Fonte: GELL-MANN (1996)

Quando tais considerações são direcionadas ao foco deste trabalho, o conhecimento sua criação e gestão nas empresas, e todo o planejamento que lhes dá sentido, verifica-se que dificilmente estes aspectos são levados em consideração. Muito embora alguns membros das administrações provavelmente estejam informados sobre o assunto, consideram-no de difícil implementação, e tendem a trabalhar com abordagens mais clássicas, cujo paradigma é o de readaptar a empresa ao seu meio ambiente tão logo sejam detectadas nele modificações avaliadas como importantes. Algumas das vezes pode ser tarde demais.

2.4 As implicações do pensamento não-linear na administração e na economia Os já citados David Parker e Ralfh Stacey (1995) preocuparam-se em estudar os conceitos da teoria do caos, como também os impactos de suas aplicações, tanto na esfera da atuação governamental quanto no mundo dos negócios privados. Segundo os autores, os progressos científicos recentes fizeram soar a hora de rever a maneira pela qual se comporta a economia. Alegam que a teoria da complexidade (caos) tentando dar conta das relações existentes entre a estabilidade e a instabilidade, suas respectivas forças e as situações de tensão assim geradas, recoloca em discussão muitas das premissas explícitas da análise econômica até então prevalescente, vale dizer o mainstream em economia. Sugerem também o reexame de questões basilares que orientam a administração das empresas. O principal argumento dos que se opõem a aplicação do caos ao estudo da administração de empresas recorre ao número pouco expressivo de casos comprovados de caos nas ciências sociais. Parker e Stacey (1995) contra-argumentam com dois enfoques:

" primeiro, envolvendo estatística, refuta a idéia de se desprezar fatos que escapam à comprovação estatística, isto porque é necessário uma grande quantidade de dados não poluídos para se descobrir estatisticamente o caos, o que é raro em economia, se é que existe. Por dados não poluídos os pesquisadores querem se referir a fatores estocásticos, exógenos. Mesmo assim entendem que os métodos estatísticos tradicionalmente usados para inferências não são adequados para detectar o caos. Quanto ao segundo argumento afigura-se mais eficaz a transcrição literal:

...o prolongado estudo da administração de empresas e da economia tem produzido uma montanha de teorias e análises econométricas. Não obstante, o comércio e as economias continuam a nos surpreender.

De alguma forma, longe dos livros e das salas de aulas parece haver uma complexidade escondida na vida econômica que continuamente ridiculariza a teoria estabelecida. Só pode ser oportuna a chegada de +um novo modo de pensar que desafia toda a maneira como o mundo é visto, quando menos porque a visão atual é patentemente incapaz de explicar os acontecimentos, a não ser em um sentido ex post². Uma nova maneira de encarar as relações econômicas parece desejável, uma vez que o paradigma dominante na ciência econômica (a teoria neoclássica) parece incapaz de lidar com sua complexidade. (ibid., p. 20-21)

O texto afirma que a limitação até agora impeditiva da disseminação da abordagem dos problemas através dos conhecimentos incorporados pela teoria do caos é a matemática utilizada, que intimida as pessoas tanto dentro quanto fora do universo acadêmico. E isto acontece mesmo que cientistas, matemáticos e econométricos já disponham de uma razoável quantidade de literatura a respeito, tais como: Bergé, Pomeau e Vidal, 1984; Stewart, 1989; Wiggins, 1990; Medio, 1992 e Granger e Terasvirta, 1992.

2.4.1 Sistemas lineares e não-lineares

Estes estudiosos confirmam a tradição científica de explicar o comportamento de sistemas utilizando recursos matemáticos que são expressos em termos lineares. Alegam que apesar de estar claro para os cientistas a não-linearidade das verdadeiras relações, elas apresentam níveis de dificuldade difíceis de manipular. Assim, o tratamento desses sistemas através de aproximações lineares é acolhido como um simplificação útil sob certas condições. Torna-se importante, então ressaltar as diferenças básicas:

" relação linear - a cada causa corresponde um e somente um efeito. Cada ação é responsável por um e somente um resultado. Isto significa dizer que, em termos matemáticos, as equações são lineares, e têm somente uma solução, as quais, via de regra, são encontradas com facilidade. Um sistema linear pode ser decomposto em várias partes, onde cada uma pode ser estudada individualmente e conseqüentemente explicada. Após o exame de cada componente pode-se, devido a propriedade da simples adição inerente a esse tipo de sistema, montar tudo de novo e explicar o comportamento do todo; nestes casos o todo é igual à soma de seus componentes.

" relação não-linear - as equações que representam sistemas dotados dessa característica têm mais de uma solução e, infelizmente, constata-se a não existência de um método de solução geral para a maioria delas. Tais sistemas não possuem a propriedade aditiva simples. Pode-se dizer que eles demonstram sinergia, na medida em que a sua totalidade representa mais que a soma de suas partes. Por essa razão não é possível entender totalmente um sistema não-linear utilizando-se o método reducionista; não é possível decomporlo em partes e recompor tudo de novo. A compreensão de seu comportamento só é possível através de uma abordagem sistêmica, isto é, observando-se os padrões de comportamento que resulta do funcionamento do todo.

A ciência quando recorre a aproximações lineares para sistemas não-lineares utiliza-se da teoria da probabilidade e da estatística, mas é preciso que a sinergia gerada seja relativamente sem importância. Ainda assim faz-se necessário supor que todas as relações em estudo sejam estocásticas, possuindo termos capazes de expressar os erros possíveis, desde choques randômicos até falhas ou omissões quando do estabelecimento das relações consideradas no sistema. Um método capaz de levar em consideração a sinergia, por menor que seja, e os vários efeitos que cada causa pode provocar também deve ser concebido. Todo esse aparato está fundamentado em certos pressupostos sobre a distribuição de erros e na concepção de variâncias finitas. Nessas condições, em que pequenos erros não provoquem alterações capazes de afetar significativamente o sistema, este ferramental tem sido considerado como satisfatório. Os cientistas, segundo os autores, têm usado há séculos premissas desse gênero, tanto nas ciências naturais como nas sociais, na maior parte das vezes sem qualquer sem qualquer questionamento.

A mudança provocada pela teoria do caos afirma que as premissas anteriormente citadas não são válidas na maioria das vezes. Isto ocorre devido ao fato dos sistemas não-lineares realimentados apresentarem alta sensibilidade às condições iniciais (SCI), conforme a manifestação de vários estudiosos já registradas anteriormente neste trabalho. Não se pode, portanto, concluir pela insignificância dos pequenos erros. Segundo Parker e Stacey (1995), os erros não são distribuídos como presumido pela teoria estatística; ao invés disso as variâncias são infinitas, o que desmonta as técnicas padronizadas de estimação.

2.4.2 Realimentação positiva e negativa

Os sistemas não-lineares realimentados funcionam segundo dois modos de realimentação: a positiva e a negativa. Parker e Stacey (1995) explicam porque todo sistema planejado é baseado na realimentação negativa. Planejar resultados, ou, ainda que seja, escolher alguma direção a ser trilhada, é uma escolha antecipada. Os resultados são então acompanhados para que se possa identificar a diferença entre o real e o almejado. O passo seguinte é agir para, pelo menos, diminuir a diferença, realimentando o sistema de forma que se alcance a convergência do real com o planejado. Para tornar claro este conceito os pesquisadores recorrem a dois exemplos, sendo um deles oriundo das ciências naturais, fazendo analogia com outro utilizado na economia.

1º - Sistemas de aquecimento central doméstico são controlados por realimentação negativa. Passa-se assim porque uma temperatura desejada é estabelecida e um sensor mede a temperatura ambiente efetiva, comparando-a com o nível desejado. O desvio é então informado ao sistema de controle para ligá-lo se a temperatura estiver muito abaixo, ou desligá-lo se estiver muito acima do nível especificado. Denominam essa realimentação de negativa no sentido de que a ação leva a conseqüências que compensam ou cancelam o desvio original.

2º - Afirmam que o método Keynesiano³ de administração da demanda é essencialmente a mesma coisa. Sua política fiscal é conduzida de forma a amortecer as flutuações da economia através de seus efeitos sobre a demanda agregada, de modo semelhante ao do sistema de aquecimento. Já a realimentação positiva, como o próprio nome revela quando comparada com a negativa, é o seu oposto. Ao invés de atuar no sentido de reduzir a diferença entre o resultado real e o desejado ela aumenta progressivamente essa discrepância. Se usarmos o exemplo anterior dos autores para realimentação negativa, o do sistema de aquecimento central doméstico, toda vez que a temperatura excedesse o nível estabelecido, o sistema de controle quando informado bombearia mais calor, fazendo com que a temperatura se elevasse ainda mais, e assim sucessivamente. A realimentação positiva não age no sentido de compensar desvios, pelo contrário, ela os reforça. Resumindo, pode-se dizer que a realimentação negativa tenta amortecer os efeitos dos desvios, procura a estabilização, e a positiva amplia as respostas, desestabiliza. Quando Parker e Stacey (1995, p. 29) estabelecem analogia com uma economia, declaram que "políticas de administração da demanda mal aplicadas ou ingênuas podem ter efeitos semelhantes". Recorrem a DOW (1970) para quem muitas vezes o resultado dessas políticas aumentam a instabilidade econômica ao invés de reduzi-la. E, é claro, as empresas que competem nessa economia são impactadas por tais decisões.

Após declararem-se inclinados a admitir a generalizada disseminação da realimentação positiva na economia e nos negócios, apontam a possibilidade de crescimento auto-estimulado que este tipo de realimentação pode provocar. Alguns dos exemplos citados são: fortalecimento a reboque de outros, reações em cadeia, profecias auto-realizáveis e círculos virtuosos ou viciosos. Munidos destes dois conceitos de realimentação, os autores propõem que as organizações, sejam elas públicas ou privadas, possam experimentar dois tipos de aprendizado de acordo com o tipo de realimentação que as orienta.

2.4.2.1 Aprendizado de circuito único e aprendizado de circuito duplo

O aprendizado de circuito único pode ser ilustrado pela figura 4.

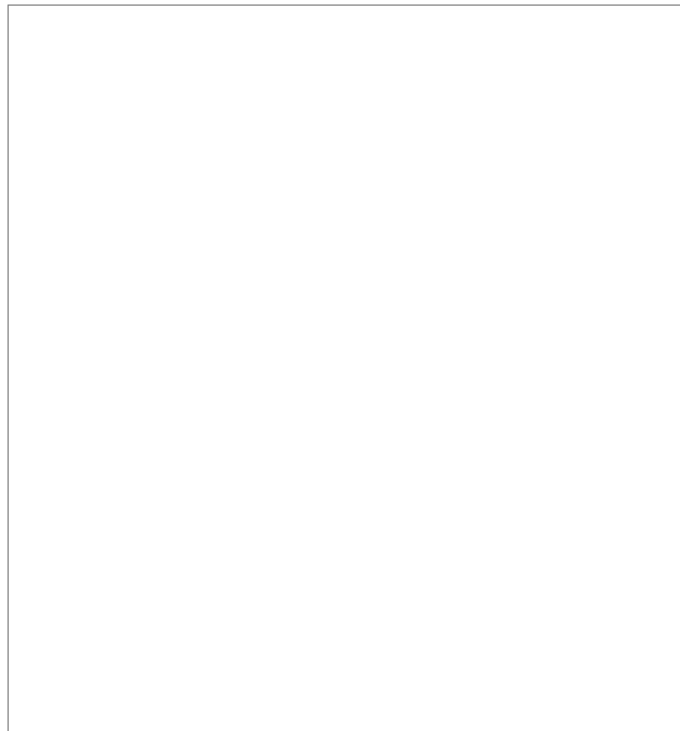


Figura 4 - Aprendizado de Circuito Único
Fonte: Parker e Stacey (1995)

A figura 4 representa administradores públicos ou privados trabalhando segundo um determinado circuito de realimentação. Suas ações e decisões interagem com o mundo descobrindo como ele funciona. Este esquema supõe que um mesmo modelo mental, vale dizer, um mesmo paradigma, é compartilhado por todos os atores. Quando o tipo de aprendizado não questiona o modelo, isto é, ao conhecer as conseqüências de seu comportamento, os atores simplesmente o ajustam de acordo com o paradigma comum, sem questionar a moldura de referência dentro da qual se dá o aprendizado, Parker e Stacey utilizam a expressão aprendizado de circuito único cunhada por Argyris e Schön (1970) para esta situação. Fica assim caracterizado o processo de realimentação negativa relacionado ao aprendizado de circuito único, devido ao comportamento estabilizador que demonstra.

O aprendizado de circuito duplo é representado pela figura 5.

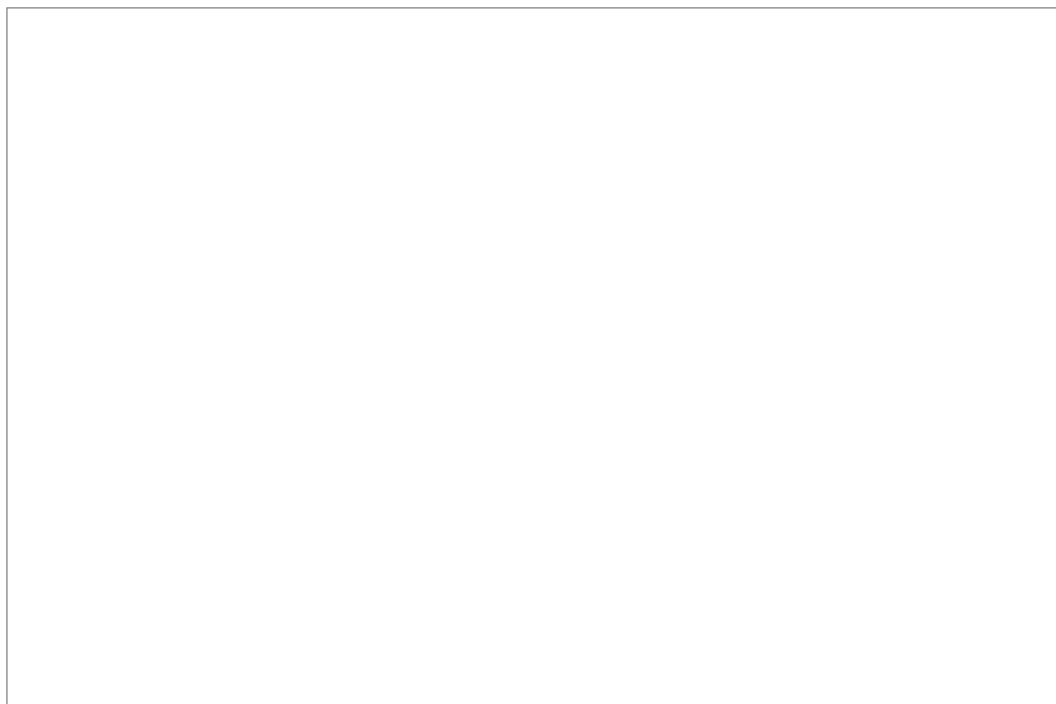


Figura.5 - Aprendizado de Circuito Duplo.

Fonte: Parker e Stacey (1995)

O modelo representado pela figura 5 procura esclarecer o que ocorre quando o nível de incerteza e turbulência aumentam significativamente. Nessa situação o modelo mental anterior, da figura 4, é ineficaz para operar em condições que sofreram profundas modificações. A diferença em relação ao anterior é evidente; o paradigma antigo precisa ser questionado e alterado. O aprendizado de circuito duplo é dito de realimentação positiva dada a sua capacidade de conviver com as contradições geradas pela nova realidade e as expectativas que foram estabelecidas pelo modelo anterior (circuito único) agora ultrapassadas. O processo continua funcionando com o novo paradigma até que novas condições se apresentem forçando nova transformação do modelo mental vigente. Parker e Stacey argumentam que o aprendizado de circuito duplo tem um aspecto destrutivo e outro criativo. É destrutivo porque possibilita perceber as antigas percepções como redundâncias. Já a criatividade é devida a emergência de um novo paradigma. Estes pesquisadores afirmam que o aprendizado de circuito duplo acompanha o desenvolvimento da humanidade desde tempos imemoriais. Em suas palavras: "Ele é essencialmente desestabilizador porque desafia o status quo".

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao refletir sobre o planejamento através da perspectiva dos sistemas dinâmicos não-lineares, que são fundamentados na teoria da complexidade, ou simplesmente na teoria do caos, pode-se perceber que o planejamento de resultados específicos a longo prazo provocará, forçosamente, muitas decepções. Isto acontece devido à constatação de que sistemas caóticos são orientados por complexos processos de realimentação, cuja preditibilidade a longo prazo não é possível dadas às condições intrínsecas de sistemas dessa natureza. A sensibilidade às condições iniciais (SCI), por outros chamada de dependência sensível às condições iniciais, não permite a previsão linear mesmo lançando mão de relações estocásticas. A maneira de tais sistemas aprenderem a sobreviver é realizada através de um complexo processo de adaptação (sistemas adaptativos complexos). A expressão longo prazo utilizada no texto é de suma importância para todos os que desejem refletir sobre esta maneira de administrar, sejam empresas privadas, órgão de governo, ou quaisquer outras formas de organização. A questão do tempo necessário para que pequenas mudanças provoquem grandes conseqüências é muito específica para cada situação. Não há uma maneira de se determinar claramente para os diversos processos o que seja curto ou longo prazo. Quando, porém, um sistema se aproxima de um estado caótico dá sinais bastante identificáveis. Assim sendo o planejamento a curto prazo de um determinado sistema é razoável dado o seu grau de previsibilidade neste intervalo. O texto também não nega a atividade de elaboração de cenários futuros, onde se procura respostas adequadas para cada um deles; apenas não admite que isso seja planejamento. A argumentação desenvolvida não concorda que se possa determinar resultados a longo prazo, uma vez que os vínculos entre causas e efeitos desaparecem.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GELL-MANN, Murray. O quark e o jaguar: aventuras no simples e no complexo. Trad. Alexandre Tort. Rio de Janeiro: Rocco, 1996. 395p.

GLEICK, James. Caos: a criação de uma nova ciência. Trad. Waltensir Dutra. 4.ed. Rio de Janeiro, Campus, 1991. 310p.

BERGÉ, Pierre; POMEAU, Yves; DUBOIS-GANGE, Monique. Dos ritmos ao caos. Trad. Roberto Leal Ferreira. São Paulo: Universidade Estadual paulista, 1996. 301p.

KUHN, Thomas S. A estrutura das revoluções científicas. Trad. Beatriz Vianna Boeira e Nelson Boeira. 3.ed. São Paulo: Perspectiva, 1989. 257p.

PARKER, David; STACEY, Ralph. Caos, administração e economia: as implicações do pensamento não-

linear. Trad. Fabiano J. H. Pegurier. Rio de Janeiro: Instituto Liberal, 1995. 128p.

5. NOTAS

1Grifo nosso

2 ex post: posteriormente, depois dos fatos ocorridos

3John Maynard Keynes, economista inglês (1883-1946) influenciou profundamente o pensamento econômico. Da sua vasta obra pode-se destacar a teoria geral do juro, do emprego e do dinheiro e as conseqüências econômicas da paz