

Modelagem Baseada em Agentes: uma Terceira Maneira de se Fazer Ciência?

Autoria: Rubens de Almeida Zimbres

Resumo. Pouca atenção tem sido dada pela literatura a novos métodos de pesquisa e tratamento dos dados. Devido ao dinamismo e complexidade existentes na realidade, resultado de interações entre os componentes da mesma, há que se considerar o contexto relacional dos atores, sua história e a emergência de fenômenos, muitas vezes imprevisíveis e incontroláveis. Diante disso, questiona-se a eficácia dos métodos atuais de condução de pesquisa e análise de dados e seus pressupostos, muitos deles herdados da economia e que limitam sobremaneira as possibilidades de entendimento da realidade. O uso de modelos baseados em agentes como opção aos tradicionais métodos de análise de dados oferece novas perspectivas de se fazer pesquisa em ciências sociais. Uma metáfora genética é apresentada para justificar o uso de tais modelos, uma vez que a dinâmica desses modelos se assemelha àquela encontrada nos sistemas naturais.

Introdução

As interações entre os indivíduos podem gerar similaridades que podem levá-los a formar redes sociais e alianças entre si (GRANOVETTER, 1973). Contudo, segundo Das e Teng (2002, p. 726), a maioria dos pesquisadores tem prestado “pouca atenção ao processo de desenvolvimento de alianças”, i.e., *como* “as alianças são negociadas, formadas, operacionalizadas, reformuladas e finalizadas”. Evidencia-se uma falta de foco no *processo* de desenvolvimento das alianças, concentrando-se os estudos existentes nos requisitos e condições iniciais e no resultado final, não se levando em consideração os processos envolvidos entre os indivíduos, pela dificuldade de se realizar estudos longitudinais nessa área.

O estudo dos processos envolvidos nas relações entre parceiros numa aliança permite entender a formação de redes de negócio em seu aspecto dinâmico, verificando a maneira pela qual as opiniões e o consenso se formam e como o sistema evolui no tempo. A estrutura de pensamento e posicionamento do indivíduo numa rede de negócios pode afetar a maneira como as suas decisões são tomadas, ocasionando diferentes resultados para cada postura específica na rede. O entendimento dos processos interativos poderá dar aos gestores uma compreensão melhor da dinâmica da criação e evolução de redes de negócios e alianças, iniciativa freqüente na busca por melhores desempenhos na empresa (ZIMBRES, 2005).

Na tentativa de se entender esses processos relacionais, iniciou-se na década de 1970, a interdisciplinaridade da ciência cognitiva, composta pela Psicologia, Filosofia, Linguística, Antropologia, Neurociência e Ciências da Computação (MILLER, 2003). Em sua fase inicial, as simulações de processos cognitivos foram feitas por Herbert Simon (1955). Artigos recentes em simulação sociológica utilizam em geral métodos de previsão social baseados em equações (HALPIN, 1999; MACY; WILLER, 2002), podendo elas serem estruturais. Contudo, existem dois problemas notáveis. O primeiro é que tais simulações não consideram interações entre os indivíduos, interações essas que ocorrem nos processos sociais e biológicos. Segundo Silva (2004), “a modelagem por equações estruturais está na moda”, mas desconsidera a complexidade dos sistemas ao tentar “retratar uma realidade complexa por meio de alguns sistemas de equações lineares”. O segundo problema é a pretensão de prever o comportamento de um sistema. Muitas das simulações utilizadas nas ciências sociais perderam sua reputação por aclamarem

ambiciosamente suas capacidades preditivas (CEDERMAN, 2003). Essa ambição atrai críticas corretamente fundamentadas, pois tenta-se, através da manipulação de equações e métodos estatísticos, *prever* a evolução do sistema, sem se preocupar em deixá-lo atingir um eventual equilíbrio por si próprio. Segundo Halpin (1999), os métodos estatísticos abordam associações se elas existem mas são “cegos à natureza da associação [...] usando uma forma linear para simplicidade de estimativas e interpretação quando a verdadeira forma pode não ser linear”. Procura-se comprovar o ponto de vista do pesquisador, que tem suas hipóteses criadas a partir do conhecimento existente na literatura. O objeto de estudo é isolado de seu contexto, dados são coletados, aleatoriedades são eliminadas e a evolução do sistema é dada pela mente do pesquisador, baseado nos conhecimentos adquiridos na literatura. Não há a criação de um ambiente natural contendo uma rede de relações nem é permitido ao sistema criar sua própria história. Ou seja, a ciência é compartimentalizada. Sendo assim, o pesquisador acaba sendo influenciado por um viés cognitivo, que parte do pressuposto que tudo pode ser medido e controlado, fazendo assim juízos analíticos *a priori e a posteriori*, o que acaba por provar o ponto de vista dos autores e cria um aforismo da adequação de métodos de mensuração aplicados, contudo, a problemas e contextos distintos. Ou seja, o objeto do conhecimento traz consigo as marcas do sujeito que o pesquisa (MORIN, 1997). Além disso, muitas vezes parte-se do pressuposto que tudo pode ser medido por fórmulas matemáticas e métodos estatísticos, o que se trata de uma perspectiva reducionista, conforme propõe Descartes (2005). Ainda, as teorias são vistas como meios de “aumentar o entendimento científico através de uma estrutura sistematizada capaz de explicar e prever fenômenos” (HUNT *apud* PRIEM; BUTLER, 2001, p. 26). Ora, prever fenômenos não seria uma assertiva carregada de imensa responsabilidade? Não seria melhor dizer “estimar fenômenos”? Para que se possa prever fenômenos, seria necessário uma objetividade nas observações e fenômenos, o que pressupõe a não existência de ambigüidade causal, um não-relativismo lingüístico, uma mensurabilidade de paradigmas, observações e percepções confiáveis e livres da teoria, i.e., neutras, o que o próprio Hunt, dois anos depois, admite não existir (HUNT, 1993). Dadas essas limitações dos métodos de pesquisa atuais, há que se considerar a complexidade inerente ao objeto de estudo (GEPHART, 1999) e as limitações das ferramentas atualmente utilizadas para se fazer pesquisa.

O fenômeno de difusão em sistemas sociais tem sido intensamente estudado por cientistas sociais, economistas e acadêmicos de administração nos últimos 30 anos. A inteligência artificial (IA), utilizada em fenômenos de difusão como estudo de aspectos evolucionários de sistemas sociais, distribuição populacional, rebeliões, sistemas econômicos, sistema imune, tráfego automobilístico e determinação da estrutura espacial de proteínas possibilitou modelar processos de interação entre indivíduos e com isso aprofundar o conhecimento na teoria social. Sua aplicação se estende ao estudo de formação de alianças entre profissionais de modo a compartilhar custos ou minimizar riscos (ZIMBRES, 2005), simulações em finanças (WOLFRAM, 2002) e estudo da cooperação (AXELROD, 1997).

A disseminação e o uso de informações num determinado sistema social podem ser comparados a um sistema adaptativo complexo, um sistema com grande número de indivíduos que interagem gerando um comportamento coletivo visível (BONNICI; WENSLEY, 2002; GOLDENBERG; LIBAI; MULLER, 2001; GRANOVETTER, 1976; HEGSELMANN; FLACHE, 1998; MACY; WILLER, 2002; NAGPAL, 1999; TESHATIONS, 2005), algumas vezes imprevisível. Um sistema complexo é caracterizado por poder ser configurado em um número extremamente grande de maneiras, adaptativo por responder a estímulos ambientais e auto-organizador por apresentar uma forte tendência a se estabilizar em padrões em sua configuração (FOLEY, 2003; MORIN, 1997).

Em sistemas adaptativos complexos, a computação é utilizada para simular a geração de macrofenômenos globais com base no comportamento e em processos cognitivos individuais de seus agentes no nível micro, ou seja, no nível dos indivíduos. Esses interagem ao longo do processo de convivência no mesmo ambiente, de modo que a configuração final do ambiente se modela de acordo com a qualidade e quantidade de interações individuais, ou seja, é gerado um macro-fenômeno ambiental com base em interações locais simples, em que cada indivíduo interage com seus pares, sem a existência de um controle central a mediar as interações.

A IA tem sido utilizada para entender melhor a dinâmica de tais sistemas complexos. Nesses sistemas, a computação é utilizada para simular a geração de macro-fenômenos globais com base no comportamento e em processos cognitivos individuais de seus agentes no nível micro, ou seja, no nível dos indivíduos. Esses interagem ao longo do processo de convivência no mesmo ambiente, de modo que a configuração final do ambiente se modela de acordo com a qualidade e quantidade de interações individuais, ou seja, é gerado um macro-fenômeno ambiental com base em interações locais simples, em que cada indivíduo interage com seus pares, sem a existência de um controle central a mediar as interações. O ambiente é simultaneamente causa e efeito das interações, ou seja, num ambiente (macro) de intensa competitividade, indivíduos (micro) procurarão o estabelecimento de alianças entre si, de modo a reagir à demanda ambiental ocasionando um novo posicionamento espacial e/ou estratégico, que criará novas condições ambientais para si, para seus aliados e para seus concorrentes. O novo ambiente então gerará novas demandas sobre os participantes, retro-alimentando o processo.

O objetivo social da IA não é o de prever a evolução do sistema, mas o de manipular os processos envolvidos de modo que a partir de interações individuais simples haja a emergência de fenômenos coletivos complexos. Na IA há um foco no *processo* dinâmico, contrariamente às análises estatísticas que consideram as condições iniciais e finais de um determinado sistema.

A *modelagem baseada em agentes* (MBA) é uma ferramenta da IA que permite ao pesquisador criar, analisar e experimentar sociedades artificiais compostas por agentes que interagem de maneira não trivial e local, constituindo seu próprio ambiente de maneira emergente (AXELROD; TEFATSION, 2004; CEDERMAN, 2003; EPSTEIN; AXTELL, 1996; GANGULY *et al.*, 2004; MACY; WILLER, 2002; MITCHELL, 1998; NAGPAL, 1999; SAWYER, 2002 e 2003). Os parâmetros da modelagem que foi realizada devem ser cuidadosamente estabelecidos seguindo o referencial teórico para que a modelagem seja representativa da realidade e do que já foi estudado sobre o assunto. No processo de construção e individualização de parâmetros existe a possibilidade de se verificarem lacunas na teoria. A modelagem é, portanto, uma estruturação em linguagem matemática do referencial teórico, sem contudo partir de uma perspectiva reducionista. A MBA é considerada por Axelrod (1997) uma terceira possibilidade de se fazer ciência, além da dedução e indução, e abre caminho para a descoberta de um novo estatuto epistêmico para as ciências sociais, que poderá permitir um estudo mais apropriado da nova realidade em que vivemos, uma realidade complexa, dinâmica, com sociedades em rede (CASTELLS, 2003), onde as soluções estratégicas não surgem de maneira deliberada, mas sim de modo emergente (MINTZBERG, 1987; WHITTINGTON, 2002). Uma realidade em se que observa um fato que sempre existiu, mas que não havia sido notado: que o todo é maior do que a simples soma das partes (AXELROD; TEFATSION, 2004), ou seja, os esforços de pesquisa, cuja atual perspectiva é a simples soma das partes, deveriam considerar aspectos relacionais que, atuando conjuntamente, originam fenômenos emergentes, na maioria das vezes incontroláveis e algumas vezes aleatórios. E ainda que se disponha de novas ferramentas que possam simular mais adequadamente a realidade, deve-se procurar uma nova

alternativa para lidar com os pressupostos limitadores que atualmente permeiam atualmente as ciências sociais

Pressupostos limitadores

A economia foi logicamente fundamentada em pressupostos limitadores, como competição perfeita, indivíduos perfeitamente informados, com capacidade cognitiva capaz de avaliar todas possíveis resultados de uma escolha, dotados de racionalidade plena e sempre dispostos a agir de má fé, conforme argumenta a Teoria da Agência (BROMILEY, 2005). E são esses conceitos que a economia empresta para as outras ciências sociais e especificamente, para a Administração (LIPPMAN; RUMELT, 2003). Segundo Simon (1978), o homem racional da economia é um maximizador, que objetiva nada mais que o melhor. Pressupostos de racionalidade são comuns nas teorias psicológicas, antropológicas, políticas e sociológicas. O que a economia possui, no entanto, é um tipo especial de racionalidade, a do maximizador da utilidade. A visão do homem como um ser racional não é peculiar à economia, mas é endêmica ao longo das ciências sociais, nas quais as diferenças estão mais no âmbito do vocabulário do que na substância. A racionalidade limitada sai da perspectiva do homem maximizador para entrar na do homem racional, que toma decisões com base em sua capacidade limitada de processamento e de dar atenção somente àquilo que é relevante para sua tomada de decisão. O ser humano, ao contrário da premissa de que parte a economia, não possui conhecimento de todas as opções disponíveis. Não se pode receber e processar todo o conhecimento disponível e se está sujeito a benefícios e objetivos sociais e afetivos. Simon (1955) já considerava a dependência da escolha racional em relação aos efeitos do ambiente de escolha e limitações cognitivas do decisor. Em seu artigo de 1978, parte do pressuposto de que todo o comportamento humano possui um grande componente racional e que a economia se preocupa largamente com os resultados da escolha racional, em vez de se preocupar com o processo de escolha em si. Contudo um ator racional, um indivíduo perfeitamente informado com capacidade cognitiva infinita que maximiza uma utilidade fixa, não evolucionária, tem pouca relação com o ser humano (EPSTEIN; AXTELL, 1996). Essa dialética das perspectivas econômica e comportamental abre caminho para a existência de uma terceira perspectiva, que seja capaz de associar as forças de cada uma delas, iluminando as áreas obscuras existentes em ambas (JOHNSON; RUSSO, 1997).

Segundo Lippman e Rumelt (2003), o problema dos pressupostos econômicos “está no coração da teoria de formação de preços, por ela mesma”. Essa outra premissa equivocada da economia neoclássica se baseia no equilíbrio entre oferta e demanda. O equilíbrio implica numa visão estática do processo desconsiderando interações entre os participantes e mudanças tecnológicas que eventualmente possam ocorrer (DOSI, 1984). Isso tem como consequência a mudança da estrutura do mercado. O equilíbrio é imposto como restrição ao modelo, ou seja, o modelo é orientado para satisfazer o objetivo do equilíbrio. Tal equilíbrio não surge de maneira espontânea e emergente, como se vê na realidade. Portanto, o mecanismo de formação de preços sob a ótica da teoria econômica neoclássica é incompleto, focando-se na satisfação das premissas e não no real desenvolvimento do mercado (NELSON; WINTER, 1982). Metcalfe e Saviotti (1989) argumentam que o acesso equalitário e ideal ao conhecimento é uma característica de teorias de competição que se baseiam no equilíbrio. Contudo, a imperfeição no acesso ao conhecimento é a base da performance competitiva da empresa. Ou seja, as diferenças interfirmas no que diz respeito ao conhecimento determinam a sua assimetria e, portanto, seu grau de competitividade. Essas deficiências da economia neoclássica podem ser superadas por uma visão dinâmica e evolucionária da realidade econômica. Schumpeter (1984) propõe a destruição criativa, uma

alternativa dinâmica à visão estática da economia tradicional, onde o processo de mudança tecnológica transforma o sistema econômico. Metcalfe e Saviotti (1989) abordam tendências da economia evolucionária valendo-se de conceitos originalmente oriundos de outras áreas do conhecimento, como a evolução e seleção natural existentes na biologia e a complexidade dos sistemas existentes na física. Há uma maior atenção aos processos dinâmicos causados pelas mudanças tecnológicas (DOSI, 1984) e inovação (CHRISTENSEN; RAYNOR, 2003), com maior foco nas mudanças do que em estados de equilíbrio, superando os vieses encontrados na economia neoclássica, como as premissas de racionalidade, competição perfeita, equilíbrio e sistemas fechados. Pensa-se atualmente em sistemas abertos, onde ocorrem trocas com o ambiente e outros indivíduos. Toda essa complexidade é muito difícil de ser operacionalizada com os métodos de análise de dados tradicionais. A MBA é, portanto, uma tentativa de se adequar os métodos de análise às teorias evolucionárias.

Modelagem baseada em agentes

A percepção humana ignora certos detalhes devido à sua inerente limitação cognitiva e entende as coisas através de reconhecimentos de padrões. Para que tais padrões sejam reconhecidos, é necessária a ausência de eventos aleatórios, que podem inserir complexidade no sistema sob observação, dificultando o reconhecimento. Considerando-se a Figura 1a, pode-se facilmente observar o padrão formado, ao passo que a Figura 1b ilustra um padrão complexo, de difícil identificação. Para se construir o padrão de triângulos pode-se facilmente desenvolver um algoritmo, através de um sistema de pensamento de causa e efeito perfeitamente controláveis. Contudo, qual o algoritmo para se chegar à configuração complexa à direita?

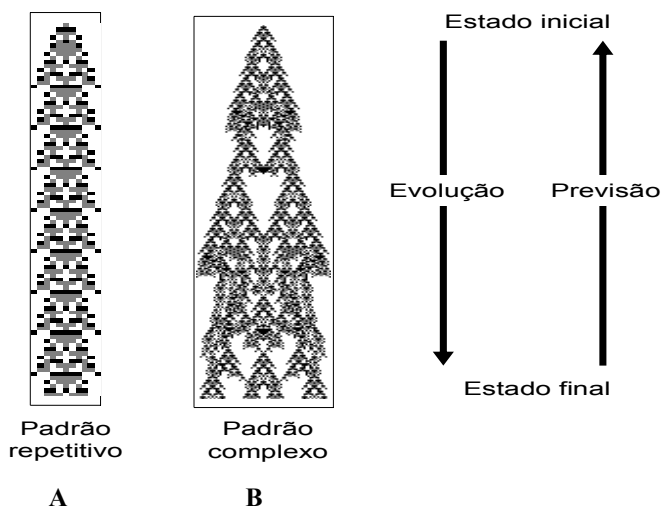


Figura 1 – Padrões facilmente identificável (A) e complexo (B).

Fonte: Os autores.

Fato similar ocorre na pesquisa acadêmica. A Figura 1a poderia representar um problema de otimização logístico, de limitação da produção, maximização da lucratividade ou do melhor trajeto para uma determinada entrega. Ou seja, um método matemático baseado na satisfação de restrições, como um simplex com minimização e maximização. Tais problemas podem ser facilmente solucionados com programação linear, pois existem causa, efeito e variáveis discretas perfeitamente controláveis e manipuláveis. Nesse caso o sistema não apresenta aleatoriedade e é fácil prever o estado inicial a partir do estado final através de, por exemplo, regressão linear.

Além disso, a programação linear parte de pressupostos de aditividade ($a+b = c = a+b$) e proporcionalidade ($3a + b = d = 3a + b$), ambos reversíveis. Mas o que dizer de sistemas complexos como o ilustrado na Figura 1b? Como se pode controlar e manipular causa, efeito e variáveis ou ainda, prever o estado inicial através da observação do estado final, dado que no processo há a inclusão de aleatoriedade? Como mensurar competitividade ou desempenho, sendo que ambos construtos são tão complexos e dependentes de tantas variáveis? Ou ainda, como controlar os efeitos da liderança e competências na estratégia? Afinal, se existissem regularidades facilmente reconhecíveis, seria fácil obter o sucesso e mantê-lo. Sendo assim, todas as empresas alcançariam o sucesso e não existiria mais vantagem competitiva. Contudo, sabe-se que a fonte da vantagem competitiva é a assimetria de recursos e o grau de complexidade na utilização desses recursos. Logo, o cerne da questão está na ambigüidade causal existente. Tais situações não podem ser analisadas através de um padrão de reconhecimento como o da Figura 1a, pois apresentam padrões emergentes onde suas causas interagem entre si, muitas vezes aleatoriamente, gerando fenômenos emergentes e irreversíveis, onde $a+b = c \neq a+b$. Ou seja, a adição dos elementos gera um resultado que não é reversível nem proporcional às condições iniciais, por incluir elementos interativos e aleatórios em seu processo de formação. Esse é o motivo pelo qual muitos estudos que se baseiam em regressão linear contém coeficientes de erro muito grandes e não explicam uma grande parte da variância do modelo. Os pesquisadores chegam a conclusões insatisfatórias percebidas algumas vezes por eles mesmos. Pode-se citar o artigo de Miller e Page (2004, p.13), sobre o problema da ovação em pé, onde os autores consideram o resultado obtido por sua pesquisa como “desapontador” pois “a premissa cronológica mais realista [...] desempenhou pior em ambas as mensurações”. Henderson e Cockburn (1994, p. 74), em seu artigo sobre efeitos da competência sobre a pesquisa farmacêutica, partem de uma perspectiva evolucionária que considera as dinâmicas das relações e interações existentes na firma, o que é bastante adequado, não fosse a aplicação de regressão *linear*, que representa uma simplificação inadequada da realidade estudada. Fato esse comprovado pela percepção dos autores de que duas de suas mensurações apresentaram “não apenas sinal ‘errado’, mas também são significantes”, o que leva os autores a considerarem os resultados “confusos”.

No que diz respeito à mensuração do desempenho, os resultados são ainda mais alarmantes. Há mais de vinte anos, desde o trabalho de Schmalensee em 1985 vem-se procurando obter um método adequado de mensuração do desempenho sem sucesso. Os estudos e técnicas estatísticas utilizados permitem uma explicação de pouco mais de 50% da variância do modelo. Em seu artigo, Rumelt (1991) desenvolve inúmeras fórmulas num modelo complexo, numa tentativa de simular a realidade. McGahan e Porter (1997) se aproximam de uma percepção mais realista ao sugerirem que Rumelt se baseia na premissa que cada efeito é independentemente gerado, o que significa uma perspectiva estática do problema, sem considerar seus inter-relacionamentos e sua dinâmica. McGahan e Porter sugerem que o erro de Rumelt talvez esteja relacionado à mensuração de aspectos referentes aos intangíveis do negócio. Contudo, McGahan e Porter se valem das mesmas técnicas estatísticas de Rumelt e seu modelo explica apenas 51,60% da variância. Ou seja, percebe-se que o objeto de estudo é dinâmico e complexo, mas não se dispõe ou não se tem conhecimento de ferramentas mais adequadas para análise.

A MBA, desenvolvida nos anos 90, atingiu um nível de maturidade onde se tornou uma útil ferramenta para os sociólogos. MBAs permitem a criação de sociedades artificiais que “são um conjunto de agentes autônomos que operam em paralelo e que se comunicam entre si” (SAWYER, 2003) ou ainda sistemas onde:

estruturas sociais fundamentais e comportamentos de grupo emergem a partir da interação de agentes individuais operando em ambientes artificiais que colocam apenas

regras limitadas sobre a informação e capacidade computacional de cada agente (EPSTEIN; AXTELL, 1996).

A MBA é um conjunto de agentes computacionais que operam em paralelo, operacionalizada pelo desenho do modelo do agente (estados internos e regras de comportamento), das especificações do ambiente, usualmente em reticulados, da elaboração da linguagem de comunicação por meio de regras agente-agente, agente-ambiente ou ambiente-ambiente, especificando uma rede de conectividade e então ativando os agentes e observando os macro-comportamentos emergentes (EPSTEIN; AXTELL, 1996; SAWYER, 2003). A abordagem tradicional baseada nas leis fenomenológicas explica a combinação entre as condições anteriores e o resultado do fenômeno. Na última década os filósofos das ciências sociais começaram a desenvolver uma diferente abordagem para a explicação, baseada em *mecanismos* causais do processo em vez de leis (AXELROD; TEFATSION, 2004; BEED; BEED, 2000; CEDERMAN, 2003; EPSTEIN; AXTELL, 1996; MACY; WILLER, 2002; SAWYER, 2002, 2004).

Segundo Epstein e Axtell (1996) poucas tentativas têm sido observadas para trazer às ciências sociais os conceitos de cibernética, autômatos celulares, inteligência artificial distribuída, algoritmos genéticos e vida artificial. Alguns sociólogos não apreciam completamente o uso de métodos computacionais e modelagem relacional como ferramentas para a pesquisa teórica. Para Macy e Willer (2002), a “modelagem baseada em agentes difere fundamentalmente do uso prévio de simulação computadorizada na sociologia”, pois considera interações em vez de simplesmente propor algoritmos e equações para representar processos comportamentais.

A MBA facilita a modelagem de processos cognitivos com capacidades de aprendizado mais realistas. Essas capacidades incluem: habilidades de comunicação social, habilidade em aprender sobre o ambiente a partir de várias fontes, como obtenção de informação e experiências passadas, habilidade de formar e manter padrões de interação social, habilidade de desenvolver percepções compartilhadas, habilidade de alterar crenças e preferências como resultado do aprendizado e a habilidade de exercer controle sobre a cronologia e tipos de ações adotadas no mundo como uma tentativa de satisfazer necessidades e objetivos individuais. A MBA possui as vantagens de não focar o equilíbrio, mas entender como o equilíbrio se desenvolve com o tempo, facilitando a comunicação social flexível entre os agentes e o desenvolvimento de agentes com maior autonomia. Como desvantagens, a MBA requer especificações iniciais detalhadas para os dados do agente e métodos de determinação dos atributos estruturais, disposições comportamentais e arranjos institucionais (TEFATSION, 2005).

Para que caracterize a MBA, é necessário que se defina o que é vida artificial e computação evolutiva. Vida artificial é o estudo da vida através do uso de análogos de sistemas vivos feitos pelo homem, ao passo que computação evolutiva é um sub-campo da inteligência artificial (mais particularmente inteligência computacional) envolvendo problemas de otimização combinatória e que é caracterizado por processos populacionais iterativos randômicos e freqüentemente inspirados na biologia.

As MBAs, Sistemas Multi Agentes ou Sociedades Artificiais, se baseiam em quatro premissas:

- a) agentes são autônomos, não vinculados a uma entidade global centralizadora. O sistema é tratado por interações locais e se auto-organiza. Toma-se como exemplo pássaros que inicialmente voam em posições aleatórias, que reagem a diferenças locais de velocidade e distância e geram num momento seguinte uma formação global relativamente coesa e estruturada;
- b) agentes são interdependentes, o que envolve persuasão, sanção, imitação e aprendizado, de modo que agentes reagem de acordo com o estímulo recebido;

c) agentes seguem regras simples, a complexidade global não reflete obrigatoriamente a complexidade cognitiva dos indivíduos;

d) agentes são adaptativos e consideram o passado. Agentes adaptam-se pela imitação, aprendizado, movimento, não pelo cálculo da ação mais eficiente (HOLLAND, 2001) e têm suas decisões influenciadas pela história passada (OLIVER, 1980; SAWYER, 2004). Tais condições permitem a superação de restrições impostas pela racionalidade limitada, pois os agentes não procuram um comportamento ótimo, mas sim contingencial, dependendo do ambiente no qual se situam e de sua história passada. Permitem também contornar os vieses das pesquisas que desconsideram a historicidade do objeto de estudo.

A MBA possui quatro objetivos específicos, que são: entendimento empírico, pois busca explicações causais baseadas nas repetidas interações de agentes que operam em ambientes específicos (AXELROD; TEFATSION, 2004; SAWYER, 2004). Modelos não são teorias e não são cópias de dados, mas mediadores entre eles; entendimento normativo para avaliar novas configurações propostas para as políticas sociais, instituições e processos (AXELROD; TEFATSION, 2004); objetivo heurístico, pois por meio de comportamentos simples no nível micro são gerados complexos fenômenos no nível macro (AXELROD; TEFATSION, 2004; EPSTEIN; AXTELL, 1996; SAWYER, 1996, 2003 e 2004); avanço metodológico para se exigir do pesquisador rigorosa determinação das variáveis e dos processos de interação, o que aprofunda o conhecimento no assunto em questão. O ato de traduzir uma teoria em simulação exige explicitação, rapidamente demonstra inconsistências e lacunas internas e modela o sistema simultaneamente numa maneira que seria impossível na teorização usando-se linguagem natural (AXELROD e TEFATSION, 2004; HALPIN, 1999; SAWYER, 2004). O aprendizado a partir dos modelos acontece na sua construção e manipulação, e não pela simples observação.

As primeiras tentativas de se criar uma computação baseada em agentes nas ciências sociais ocorreram no final da década de 1960 com Thomas Schelling, que, com recursos computacionais limitados, desenvolveu um modelo espacial simples da composição de vizinhanças, no qual os agentes comportavam-se como autômatos (SCHELLING, 1978).

O efeito da MBA normalmente não possui correlação estatística significativa com as condições iniciais e tampouco os agentes têm consciência de que uma determinada configuração social exista, permitindo inferir que não há uma evidente causa vertical “para baixo”, mas que se deve considerar o processo “horizontal” de interação entre os agentes.

Epistemologia da MBA

Reagindo ao positivismo do final do século 19, Georg Simmel concebeu que a realidade social não consiste de entidades individuais ou coletivas fixas, mas de processos interativos entre entidades que geram formas sociais num *continuum* espaço-temporal. Linguagens, estruturas sociais e normas são criadas através da emergência de fenômenos pela interação humana. Simmel acreditava ser impossível explicar formas sociais sem descrever como elas são geradas por meio de um método genético, o que pressupõe interações. Simmel também fazia uso de analogias e metáforas diante do desafio de analisar fenômenos complexos de maneira simplificada, o que inevitavelmente requer a inovação teórica.

A grande maioria das pesquisas em ciência social posiciona-se numa categoria baseada em variáveis, seguindo quatro passos:

- (1) assume uma unidade social coerente, durável e auto-propulsora;
- (2) atribui uma condição ou processo geral àquela unidade;
- (3) invoca ou inventa um modelo variante daquela condição ou processo;
- (4) explica o comportamento da unidade com base em sua conformidade com o modelo não variante (TILLY, 1995).

Mas conforme argumenta Tilly (1995), esta prática faz pouco sentido, pois “unidades sociais coerentes, duráveis e auto-propulsoras – indivisíveis – ocupam um grande papel na teoria política mas nenhum na realidade política” e, mais seriamente, o paradigma baseado em variáveis “ignora a mudança da entidade através do nascimento, morte, condensação e divisão”.

Caso se considerem apenas os indivíduos, os fenômenos sociais parecem não possuir um *status* ontológico e, nesse caso, a sociologia poderia ser reduzida a apenas fatos sobre tais indivíduos. Perspectiva semelhante ocorreria caso se analisassem os fenômenos psicológicos para reduzi-los a simples interações neurais. Ao assumir o papel das interações, porém, muitos filósofos do século XIX propuseram um dualismo metafísico. Durkheim propõe uma terceira trajetória, que Sawyer (2002) interpreta como *emergência social*, onde o indivíduo cria o social e vice-versa, se posicionando entre o atomismo neurofísico e o dualismo metafísico. Tal fenômeno de emergência é comumente visto nos congestionamentos de tráfego, colônias de insetos e formações de pássaros. Axelrod e Tesfatsion (2004) também propõem uma terceira maneira de fazer ciência com o uso da MBA, além da dedução e indução.

Sawyer (2002) reinterpreta Durkheim à luz de teorias emergentes e esclarece pendências contraditórias na interpretação dele pelos sociólogos modernos que, segundo o primeiro, resultam de uma falha no entendimento da teoria do último. A perspectiva emergente surgiu no início da década de 1960, seguindo a rejeição cognitivista do *behaviorismo*. Para Durkheim, “não pode haver sociologia a menos que as sociedades existam, e [...] sociedades não podem existir se houver somente indivíduos”. Tal assertiva, *avant la lettre*, permite concluir que possam existir mecanismos ligados aos indivíduos que façam com que o todo seja maior do que a simples soma das partes (AXELROD; TEFATSION, 2004) e que o resultado social seja fruto da atividade humana.

As interações entre os indivíduos ocupam importante papel na análise sociológica, criando sistemas emergentes complexos e dinâmicos que apresentam comportamento global que não pode ser previsto por uma descrição completa dos componentes do sistema, que se aplica não somente ao nível social, mas também ao químico, biológico e mental. Tal complexidade se mostra particularmente sensível às condições iniciais do sistema, de modo que uma pequena alteração pode causar fenômenos tão grandes a ponto de não poderem ser explicados pelas leis de que se tem conhecimento.

Durkheim tratou da emergência de fenômenos por meio da propriedade *sui generis* do sistema social, prestando especial atenção às redes de pessoas e suas interações. Tais interações dependem da constituição interna dos indivíduos e sua densidade dinâmica ou grau de concentração, o “substrato social”. O substrato social somente leva à emergência de fenômenos quando há suficiente número de unidades e uma densidade dinâmica que permita interconexões. O sistema emergente então criado não possui muitas das características dos sistemas reducionistas, como linearidade, independência física e funcional das unidades e localização direta. Tal fato isenta as MBAs de qualquer tentativa de reduzir a sociologia a fórmulas e equações matemáticas, dado que são sistemas não lineares e interconectados.

Sistemas complexos são caracterizados por emergência de fenômenos e alta dependência do meio no qual estão inseridos, considerando interações entre os componentes desse sistema. A ordem é vista como emergente e não é imposta ao sistema conforme faz a economia neoclássica. Essa emergência de fenômenos é muitas vezes imprevisível e independente das condições iniciais impostas ao processo de interação.

Um sistema contém eventos simultâneos, como desordem, interações, organização e ordem. Tais eventos são complementares e ao mesmo tempo antagônicos e criam sua dinâmica. Tal percepção da dinâmica do sistema depende do ponto de vista do observador, dado que o sistema é permeado

pela complexidade e relatividade. A Figura 2 ilustra o processo de formação da ordem e dinâmica de um sistema aberto qualquer.

A desordem, conforme argumenta a Teoria do Caos, surge de condições aleatórias iniciais e carrega consigo a diversidade e uma energia intrínseca, fonte de tensões. Através das interações entre seus componentes, as quais muitas vezes são aleatórias, pode surgir a ordem, ou seja, a organização e formação de um sistema. Segundo Morin (1997, p. 53), interações são “ações recíprocas que modificam o comportamento ou a natureza dos elementos, corpos, objetos ou fenômenos que estão presentes ou se influenciam” e supõem “elementos, [...] condições de encontro, determinações [...] que dependem da natureza dos elementos e dão origem aos fenômenos de organização”. A organização normalmente é emergente e representa um equilíbrio dinâmico e coesão entre as partes, contendo em si também uma tensão intrínseca, proveniente da energia de seus componentes. A emergência do fenômeno caracteriza o fenômeno resultante como irreduzível, indedutível e muitas vezes imprevisível. Cada componente possui sua energia e coeficiente de participação, i.e. sua peculiaridade e peso no sistema, que lhe atribui valor e significado, assim como num método estatístico de regressão linear simples cada variável possui seu coeficiente. Contudo, diferentemente de uma regressão linear, a emergência não é a simples soma das partes, pois as regras do sistema não são aditivas, mas sim transformadoras. Os pacotes individuais de energia se relacionam, e das interações surgem a mudança e a organização, através de um salto quântico, característico de um sistema em constante movimento. Contudo, à medida que as regras são transformadoras e não necessariamente aditivas, tal salto quântico não implica necessariamente na evolução do sistema, podendo levá-lo a uma involução, uma dissipação de energia, uma perda de eficiência. Nessa co-evolução, o sistema se auto-organiza em torno de bacias de atração, para as quais elementos similares convergem.

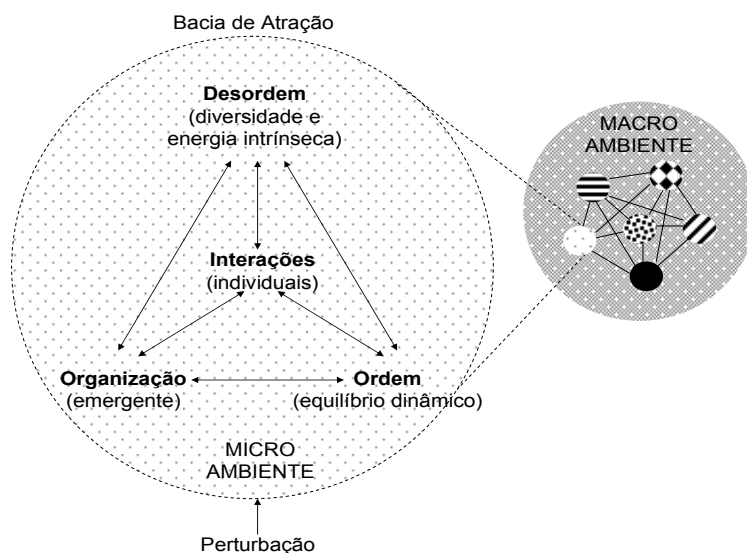


Figura 2 – Dinâmica dos sistemas (em destaque, uma bacia de atração)

Fonte: Os autores.

O equilíbrio instável atingido resiste até certo ponto a perturbações externas, entenda-se energia proveniente do ambiente, interno ou externo. Ambiente interno é o micro-ambiente no qual os elementos estão localizados, a bacia de atração, e ambiente externo é o ambiente no qual esse conjunto de elementos, ou seja, o sistema, está inserido, junto a outros sistemas. É importante ressaltar que apesar dos elementos poderem estar localizados cada qual em seu respectivo

sistema, é possível a migração de elementos inter-sistemas. Quanto maior o número de componentes do sistema, menor será a sensibilidade do mesmo às referidas perturbações. Ou seja, num sistema com grande número de componentes, para que um único elemento altere o equilíbrio dinâmico do sistema é necessário que tal elemento possua uma grande energia, capaz de romper as relações existentes naquele sistema. A partir de um certo limite, tais perturbações desorganizam o sistema rompendo as eventuais frágeis ligações entre seus componentes e gerando uma retro-alimentação do processo. Há portanto uma dinâmica do sistema, com constante migração de estados e elementos. Tal sistema está inserido em um macro-ambiente junto a outros sistemas, de modo que tal perturbação pode advir internamente ou a partir de um outro sistema. A desordem que então ressurgir pode afetar não somente o sistema-alvo, mas também todos aqueles com o qual o sistema perturbado mantém relações.

Contudo, num sistema fechado não há troca de energia com o ambiente, o que faz com que o mesmo tenda à entropia e à não organização, conforme argumenta a Segunda Lei da Termodinâmica. Tal fato explica a importância das redes de relacionamento para as empresas, seja através de laços fracos ou fortes (GRANOVETTER, 1973), como meio de adquirir recursos do ambiente externo que possam beneficiar a empresa (AHUJA, 2000).

A metáfora genética

Com a finalidade de facilitar o entendimento das interações, ou seja, as trocas de opiniões entre indivíduos e como tal fenômeno pode ser simulado pela MBA, apresentaremos a metáfora genética. Numa célula qualquer, o DNA é constituído de duas moléculas de RNA. A informação que vem do ambiente, seja ela a necessidade de proteína para uma determinada função, ativa o DNA localizado no interior da célula, que transcreve a informação pelo RNA mensageiro (RNA_m) que, por sua vez, informa os ribossomos. Nessas estruturas, a informação é traduzida e transportada pelo RNA transportador (RNA_t) às mitocôndrias que com enzimas e energia, elabora a síntese protéica que satisfará a falta da substância no ambiente, modificando-o. Há, portanto, uma retro-alimentação do sistema, que interromperá a síntese protéica. A célula funciona como um autômato, com rotinas definidas e dependente do meio no qual se situa, sendo caracterizada por unidades interdependentes, autônomas, adaptativas e que seguem regras simples (Figura 3). Comparativamente, no processo cognitivo, a informação do ambiente, seja ela obtida por meio de um ou mais dos cinco sentidos, sensibiliza o SNC que transcreve a informação e a transporta ao sistema límbico e córtex cerebral, onde vai ser traduzida, avaliada em sua compatibilidade com as crenças e valores existentes no indivíduo e estabelecida a necessidade de ação ou não. O resultado de tal avaliação, a ação, está sujeita a componentes não reducionistas, entenda-se emoções, podendo ser visível ou não, à medida que pode assumir uma perspectiva mental ou física. O resultado da ação poderá modificar o ambiente, gerando um novo *input* informacional para o indivíduo.

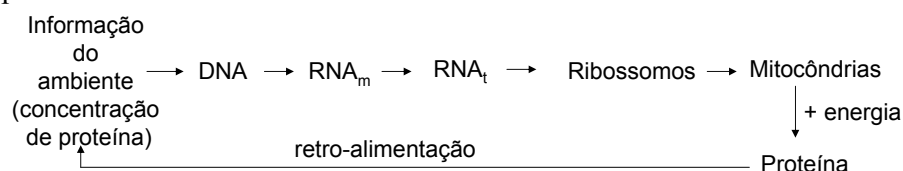


Figura 3 – Metabolismo celular como um autômato.

Fonte: Os autores.

Esse autômato contém características holográficas, não em seu conteúdo, mas em sua essência. Tal caráter holográfico foi utilizado por Morgan (1996) em sua metáfora sobre as organizações. Ele viu organizações como organismos, adaptáveis ao ambiente, com propriedades de homeostase e inter-relacionamento de subsistemas, nos quais a concorrência modifica a estrutura interna da organização e a evolução dá-se globalmente e não apenas individualmente. Tal perspectiva orgânica é caracterizada por ajuste contínuo e mútuo, descentralização e informação disseminada.

Na reprodução dos seres vivos, o filho de um casal é resultado do *crossover*, i.e., troca de material genéticos entre os pais, com a conseqüente formação de um indivíduo híbrido. No processo cognitivo acontece processo semelhante. Suponha que o indivíduo X possua sua crença sobre determinada decisão gerencial, representada por X_1 . Ao mesmo tempo, o indivíduo Y possui uma crença diferente acerca do mesmo assunto (Y_1). Quando os indivíduos entram em contato, através da conversa e interação, há a troca de opiniões, podendo chegar a um consenso, XY_1 , pois cada indivíduo adquire para si a opinião do outro, de modo que ambos passam a pensar da mesma maneira. Ainda que na realidade tal fato possa não ocorrer, tal metáfora oferece possibilidades de entender o processo de troca de informação entre indivíduos e a formação do consenso numa rede de relações, bem como a convergência de objetivos num empreendimento.

A troca de informações tem especial utilidade na formação de indivíduos híbridos e pode ser tratada como a incorporação de características decisórias alheias às características do próprio indivíduo. Na organização pode ser feita uma comparação com a técnica de *benchmarking*, em que uma organização adquire para si características de seus concorrentes que possam aprimorar o próprio negócio. Através da metáfora genética pode-se então compreender como o processo de trocas de informação entre indivíduos e como as rotinas de comportamento desses indivíduos podem ser operacionalizadas pela MBA

Autômatos celulares

Autômatos celulares (AC) são um tipo específico de MBA e foram inicialmente concebidos na década de 1940 por Stanislaw Ulam e John von Neumann. São máquinas de estado finito que se valem de um método de estudo abstrato para analisar a execução simultânea de regras locais com as quais surge um padrão emergente global (HEGSELMANN; FLACHE, 1998; WOLFRAM, 2002). ACs possuem três características notáveis: paralelismo maciço, interações locais e simplicidade dos componentes básicos (SIPPER, 2004). Devido à sua simplicidade e enorme potencial em modelar sistemas complexos, são largamente utilizados. ACs podem ser vistos como um modelo simples de um sistema espacialmente descentralizado constituído de componentes individuais, as células.

A comunicação entre as células constituintes é limitada pela interação local. Cada célula que constitui o AC possui um estado específico que varia de acordo com os estados da vizinhança local. Cada nodo se chama célula e se comunicará com um número finito de outras células, a vizinhança, geometricamente uniforme e que compõe o reticulado. Tal comunicação é local, uniforme, determinística e sincrônica, determinando a evolução global do sistema, ao longo de passos discretos de tempo. A evolução é determinada pelo estado anterior da célula, sua vizinhança e a função de transição aplicada, ou seja, a regra (GANGULY et al., 2004; SIPPER, 2004). O estado refere-se ao valor de uma única célula, ao passo que a configuração refere-se aos estados presentes no reticulado num momento t (GANGULY et al., 2004). No caso de uma vizinhança, tais regras, de acordo com a classificação lexicográfica, originarão os futuros estados da célula (Figura 4). Na Figura 5 observa-se um reticulado com $N = 12$ células, raio $r = 1$ e $k = 2$

estados, onde a célula $X = 0$, numa vizinhança $1\ 0\ 1$, torna-se $X'=1$ no seu estado seguinte. Para a última célula à direita considera-se como vizinha à primeira da esquerda, formando uma condição periódica de contorno (WOLFRAM, 2002), ilustrada na Figura 6. Para cada vizinho, existem dois estados, 0 e 1 e oito possibilidades de vizinhanças h ou transições de estado, criando-se 2^8 regras possíveis no espaço em que se definem, o chamado espaço elementar.

Estado inicial	1 1 1	1 1 0	1 0 1	1 0 0	0 1 1	0 1 0	0 0 1	0 0 0
Estado final	0	0	1	1	0	1	0	1

Figura 4 – Tabela de transição para a regra 53 em AC com raio $r = 1$ e $k = 2$ estados.

Fonte: Os autores.

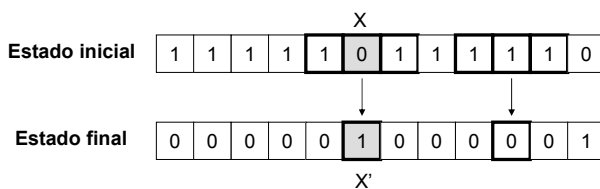


Figura 5 - Evolução do reticulado com a aplicação da regra 53.

Fonte: Os autores.

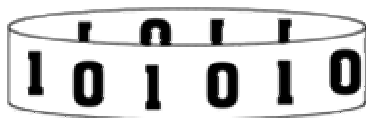


Figura 6 - Condição periódica de contorno.

Fonte: Os autores.

A execução simultânea de uma regra simples em todas células do reticulado em sucessivos passos pode fazer emergir um comportamento global complexo (GANGULY et al., 2004), o que é interessante, pois cada indivíduo tem acesso apenas a uma vizinhança local imediata e, no entanto, engaja-se na comunicação e integração de longa distância para realizar sua tarefa (KOZA et al., 1999) num princípio de transitividade também proposto por Granovetter (1973) e que caracteriza um sistema conexonista.

CONCLUSÕES

O dinamismo e complexidade existentes na realidade, resultado de interações entre os componentes da mesma, torna difícil a análise da fenômenos, muitas vezes emergentes, imprevisíveis e incontroláveis. Além disso, muitos pressupostos a partir dos quais se baseiam os métodos tradicionais de condução de pesquisa e análise de dados em Administração comprometem sua eficácia. O foco nas interações individuais e contexto relacional, associado a novos pressupostos, evolucionários, permite uma nova abordagem dos problemas através de uma metáfora orgânica e sugere a existência de uma terceira maneira de se fazer ciência, além da dedução e indução. Modelos baseados em agentes, caracterizados por unidades autônomas, interdependentes, que se comportam seguindo regras de comportamento simples, adaptativo e considerando o passado é uma opção aos tradicionais métodos de análise de dados. Tais modelos

oferecem novas perspectivas de se fazer pesquisa em ciências sociais pois reproduzem a dinâmica dos sistemas naturais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHUJA, G. Collaboration networks, structural holes and innovation: A longitudinal study. **Administrative Science Quarterly**, v. 45, n.3, p. 425-455, Sep. 2000.

AXELROD, R. **The complexity of cooperation: Agent-based models of competition and cooperation**. New Jersey: Princeton University Press, 1997.

AXELROD, R.; TEFATSION, L. **On-line guide for newcomers to agent-based modeling in the social sciences**. Disponível em <<http://www.econ.iastate.edu/tesfatsi/abmread.htm>>. Acesso em 12 de dezembro de 2004.

BONNICI, T.S.; WENSLEY, R. Darwinism, probability and complexity: Market-based organizational transformation and change explained through the theories of evolution. **International Journal of Management Reviews**, v. 4, n. 3, 2002.

BROMILEY, Philip. **The behavioral foundations of strategic management**. Oxford: Blackwell Publishing, 2005.

BURT, R.S. The contingent value of social capital. **Administrative Science Quarterly**, v. 42, p. 339-365, 1997.

CASTELLS, M. **A sociedade em rede**. São Paulo: Paz e Terra, 2003.

CEDERMAN, L.E. **Computational models of social forms: Advancing generative macro theory**. Paper prepared for presentation at the 8th. Annual Methodology Meeting of the American Sociology Association, University of Washington, Seattle, May 2003. Disponível em <<http://csde.washington.edu/~handcock/simuw/SocialFromsUWash.doc>>. Acesso em 10 de dezembro de 2004.

CHRISTENSEN, C.M.; RAYNOR, M.E. **O crescimento pela inovação**. Rio de Janeiro: Campus, 2003.

DESCARTES, R. **O discurso do método**. Porto Alegre: L&PM Editores, 2005.

DOSI, G. **Technical Change and Industrial Transformation - The Theory and an Application to the Semiconductor Industry**. London: Macmillan, 1984.

EPSTEIN, J.M.; AXTELL, R. **Growing artificial societies: Social science from the bottom up**. Cambridge: MIT Press, 1996.

FOLEY, D.K. Complexity, self-organization, and political economy. *In: Unholy Trinity – Labor, capital, and land in the new economy*. London: Routledge, 2003.

FRENZEN, J.; NAKAMOTO, K. Structure, cooperation, and the flow of market information. **Journal of Consumer Research**, v. 20, p. 360-375, Dec 1993.

GANGULY, N.; SIKDAR, B.K.; DEUTCH, A.; CANRIGHT, G.; CHAUDHURI, P.P. **A survey on cellular automata**. Disponível em: <www.cs.unibo.it/bison/publications/CAsurvey.pdf>. Acesso em 15 de janeiro de 2004.

GOLDENBERG, J.; LIBAI, B.; MULLER, E. Talk of the network: A complex systems look at the underlying process of word-of-mouth. **Marketing Letters**, v. 12, n. 3, Aug 2001.

- GRANOVETTER, M.S. The strength of weak ties. **American Journal of Sociology**, v. 78, May 1973.
- GULATI, R. Alliances and networks. **Strategic Management Journal**. v. 19, n. 4, Apr 1998.
- GEPHART, R. Paradigms and Research Methods. **Academy of Management, Research Methods Division Research Methods Forum**, v. 4, Summer 1999.
- HALPIN. Simulation in Sociology. **The American Behavioral Scientist**, v. 42, n. 10, Aug 1999.
- HEGSELMANN, R.; FLACHE, A. Understanding complex social dynamics: A plea for cellular automata based modeling. **Journal of Artificial Societies and Social Simulation**, v. 1, n. 3, 1998. Disponível em: <<http://www.soc.surrey.ac.uk/JASSS/1/3/1.html>>. Acesso em 16 de janeiro de 2004.
- HOLLAND, J.H. **Adaptation in natural and artificial systems: An introductory analysis with applications to biology, control, and artificial intelligence**. USA: MIT Press, 2001.
- HUNT, S.D. Objectivity in marketing theory and research. **Journal of Marketing**, v. 57, Apr. 1993.
- JOHNSON, E.J.; RUSSO, J.E. Coevolution: Toward a third frame for analyzing competitive decision making. *In* **Wharton on dynamic competitive strategy**. USA: John Wiley & Sons, 1997.
- KOZA, J.R.; BENNETT III, F.H.; ANDRE, D.; KEANE, M.A. **Genetic Programming III: Darwinian invention and problem solving**. San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers, 1999.
- MACY, M.W.; WILLER, R. From factors to actors: Computational sociology and agent-based modeling. **Annual Review of Sociology**, v. 28, 2002.
- MCGAHAN, Anita; PORTER, Michael E. How much does industry matter, really? **Strategic Management Journal**. v. 18, Special issue: Organizational and competitive interactions, p.15-30, Jul 1997.
- METCALFE, S.; SAVIOTTI, P. **Present development and trends in evolutionary economics**. Working Paper, 1989.
- MILLER, G.A. The cognitive revolution: A historical perspective. **Trends in cognitive sciences**, v. 7, n.3, 2003.
- MORIN, E. **O método I: A natureza da natureza**. Portugal: Europa-América, 1997.
- _____. **O método III: O conhecimento do conhecimento/1**. Portugal: Europa-América, 1997.
- NAGPAL, R. **Organizing a global coordinate system from local information on an Amorphous Computer**. MIT Artificial Intelligence Laboratory. A.I. Memo n. 1666, Aug 1999.
- MILLER, J.H.; PAGE, S.E. The standing ovation problem. **Complexity**, v. 9, p. 8-16, 2004..
- MINTZBERG, H. Crafting strategy. **Harvard Business Review**, v. 65, n. 4, 1987.
- MITCHELL, M. Computation in cellular automata: A selected review. In GRAMB, T.; GORNHOLDT, S.; GROB, M.; MITCHELL, M; PELLIZARI, T. **Non-Standard computation**. New York: Wiley-VCH, 1998.
- MORGAN, G. **Imagens da organização**. São Paulo: Atlas, 1996.

NELSON, R., WINTER, S. **An evolutionary theory of economic change**. Cambridge: Harvard University Press, 1982.

OLIVER, R.L. A cognitive model of the antecedents and consequences of satisfaction decisions. **Journal of Marketing Research**, v. 17, Nov 1980.

PRIEM, Richard L.; BUTLER, John E. Is the Resource-based “view” a useful perspective for strategic management research? **Academy of Management Review**, v. 26, n.1, p.22-40, 2001.

RUMELT, Richard P. How much does industry matter? **Strategic management Journal**. v.12, n.3, p. 167-185, March 1991.

SAWYER, R.K. Durkheim’s dilemma: toward a sociology of emergence. **Sociological Theory**, v. 20, n. 2, July 2002.

_____. Artificial societies: Multiagent systems and the micro-macro link in sociological theory. **Sociological Methods and Research**, v. 31, n. 3, Feb 2003.

SILVA, J.F. **Métodos quantitativos na pesquisa em administração: Usos e abusos**. Disponível em <http://www.anpad.org.br/opiniao_jorge_site_main.html>. Acesso em 6 de dezembro de 2004.

SCHELLING, T. **Micromotives and macrobehavior**. New York: W.N. Norton & Company, 1978.

SCHUMPETER, Joseph A. **Capitalismo, Socialismo e Democracia**. Rio de Janeiro: Zahar, 1984.

SIMON, H. A behavioral model of rational choice. **Quarterly Journal of Economics**, v. 69, 1955.

_____. Rationality as process and as product of thought. **The American Economic Review**, v. 68, n. 2, May 1978.

SIPPER, M. **Evolution of parallel cellular machines: The cellular programming approach**. Heidelberg: Springer, 1997. Disponível em <<http://www.cs.bgu.ac.il/~sipper/papabs/epcm.pdf>>. Acesso em 12 de janeiro de 2005.

TESFATSION, L. Agent-based computational economics: A constructive approach to economic theory. Forthcoming in JUDD, K.L. TESHATSION, L. **Handbook of Computational Economics**. North-Holland, 2005.

TILLY, C. To explain political processes. **American Journal of Sociology**, v. 100, n. 6, May 1995.

WHITTINGTON, R. **O que é estratégia**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2002.

WOLFRAM, S. **A new kind of science**. Canada: Wolfram Media Inc., 2002.

ZIMBRES, R.A. **A dinâmica da formação e da evolução de redes de negócio em Odontologia**, 2005. 140 p. Dissertação (Mestrado em Administração de Empresas). Programa de Pós-Graduação em Administração de Empresas. Universidade Presbiteriana Mackenzie. São Paulo, 2005.