

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/260189053>

Teoria da complexidade e paisagens de adaptação: aplicações em estratégia

Article · September 2010

DOI: 10.1016/S0080-2107(16)30478-2

CITATIONS

2

READS

77

3 authors:



Herbert Kimura

University of Brasília

140 PUBLICATIONS 851 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



PERERA, L. C. J.

Universidade Presbiteriana Mackenzie

65 PUBLICATIONS 66 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Fabiano Guasti Lima

University of São Paulo

38 PUBLICATIONS 54 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



1-Exchange rate theories: Keynesian model (mark-up theory); Neoclassical model (Balassa- Samuelson); Marxist model(about productivity) ;The microstructure approach (agent based models); Purchasing power parity ;Covered Interest Rate Parity [View project](#)



Novas Métricas para Previsão de Falências [View project](#)

Teoria da complexidade e paisagens de adaptação: aplicações em estratégia

*Herbert Kimura
Luiz Carlos Jacob Perera
Fabiano Guasti Lima*

RESUMO

Neste artigo, tem-se por objetivo investigar a dinâmica do posicionamento estratégico de empresas, segundo a ótica da teoria da complexidade. Por meio da aplicação do conceito de paisagens de adaptação, é desenvolvido um algoritmo baseado no modelo NK(C) de Kauffman, que possibilita, a partir de uma analogia com a evolução em biologia, avaliar como elementos associados às complexidades organizacionais podem afetar a estrutura competitiva de uma indústria. No estudo, são simuladas várias combinações de cenários, nos quais variáveis relevantes das organizações são interdependentes internamente, assim como dependentes de variáveis externas. Os resultados sugerem que: quando há alta complexidade interna, vantagens competitivas sustentáveis podem formar-se, em função da habilidade de gestão de competências e recursos; quando há complexidade externa, a dificuldade de otimização em uma paisagem de adaptação acidentada pode implicar a necessidade de adoção de estratégia de integração vertical; quando as barreiras de entrada são altas, a indústria é caracterizada por carga genética elevada, implicando alta diversidade estratégica e baixa eficiência; a possibilidade de reestruturação pode evitar inércia, fazendo com que, em ambientes complexos, pontos de maior desempenho sejam atingidos.

Palavras-chave: estratégia, complexidade, paisagem de Kauffman.

1. INTRODUÇÃO

McKelvey (1999) estabelece que as organizações têm sido qualificadas, já há algum tempo, como complexas (ETZIONI, 1961; PERROW, 1961), uma vez que possuem não somente vários objetivos e níveis hierárquicos formais e informais, mas também diversos departamentos, fronteiras, tecnologias e atividades (HALL, 1977; ALDRICH, 1979). De fato, a complexidade tem sido um construto central no vocabulário dos cientistas organizacionais, desde que a visão de sistemas abertos começou a ser difundida na década de 1960 (ANDERSON, 1999).

Recebido em 24/fevereiro/2009
Aprovado em 27/outubro/2009

Sistema de Avaliação: *Double Blind Review*
Editor Científico: Nicolau Reinhard

Herbert Kimura, Engenheiro de Eletrônica pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica, Mestre em Estatística pelo Instituto de Matemática e Estatística da Universidade de São Paulo (USP), Doutor em Administração pela Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da USP, é Professor da Universidade Presbiteriana Mackenzie (CEP 01302-090 – São Paulo/SP, Brasil).
E-mail: herbertk@terra.com.br
Endereço:
Universidade Presbiteriana Mackenzie
Rua da Consolação, 896
01302-090 – São Paulo – SP

Luiz Carlos Jacob Perera, Oficial do Exército, Pós-Graduado em Sociologia, Mestre em Aplicações Militares, Doutor em Administração pela Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo, com Pós-Doutorado pela *Université Pierre Mendès France* (Grenoble, França), é Professor do Programa de Pós-Graduação em Ciências Contábeis da Universidade Presbiteriana Mackenzie (CEP 01302-090 – São Paulo/SP, Brasil).
E-mail: jperera@terra.com.br

Fabiano Guasti Lima, Graduado em Matemática pela Universidade Federal de São Carlos, Mestre em Ciências pela Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo (USP), Doutor em Administração pela Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da USP, é Professor do Programa de Pós-Graduação em Controladoria e Contabilidade do Departamento de Contabilidade da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto da USP (CEP 14040-900 – Ribeirão Preto/SP, Brasil) e Pesquisador da Área de Métodos Quantitativos em Finanças.
E-mail: f2545008@usp.br

Para Simon (1962), um sistema complexo é formado por grande número de partes que possuem diversas interações. Assim, uma organização complexa é resultado de um conjunto de partes interdependentes que, juntas, formam um todo que, por sua vez, é interdependente de um ambiente mais amplo (THOMPSON, 1967). Dentro desse contexto, a aplicação da teoria da complexidade para o estudo de organizações possibilita novas alternativas de investigação dos fenômenos organizacionais, uma vez que a visão de sistemas complexos procura compreender as interações entre os elementos do sistema e as interações entre o sistema como um todo e o meio ambiente (McCARTHY, 2004).

Neste artigo, tem-se por objetivo a modelagem e a aplicação de uma ferramenta associada à teoria da complexidade que, embora tenha origem na física estatística e na computação (McKELVEY, 1999), vem sendo explorada em vários estudos sobre organizações. Em particular, o problema de pesquisa deste trabalho envolve a análise da influência da complexidade na distribuição do posicionamento estratégico de organizações dentro de uma indústria. Por meio de analogias com a biologia, são estudadas as paisagens de adaptação do modelo NK(C), proposto por Kauffman (1993), que têm tido especial aplicabilidade em estudos em estratégia como os discutidos por Levinthal (1997), Levinthal e Warglien (1999), McKelvey (1999), Rivkin (2000), Ghemawat e Levinthal (2005), Rivkin e Siggelkow (2005).

A partir da elaboração de um algoritmo computacional, são simuladas várias combinações de cenários, nos quais variáveis relevantes das organizações são interdependentes internamente bem como também dependentes de variáveis externas. Diversas implicações para o estudo de estratégia podem ser obtidas a partir da investigação dos resultados da simulação, principalmente considerando-se a complexidade das organizações. Os resultados da pesquisa sugerem que:

- quando há alta complexidade interna, vantagens competitivas sustentáveis podem formar-se, em função da habilidade da empresa na integração e gestão de competências e recursos;
- quando há alta complexidade externa, a dificuldade de otimização em uma paisagem de adaptação acidentada pode implicar a necessidade de adoção de estratégia de integração vertical;
- quando as barreiras de entrada são altas, a indústria é caracterizada por carga genética elevada, implicando alta diversidade estratégica e baixa eficiência;
- a possibilidade de reestruturação pode evitar inércia, permitindo que, em ambientes complexos, pontos de maior desempenho sejam atingidos.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Teoria da complexidade

Anderson (1999) sustenta que a teoria da complexidade apresentou três ondas de desenvolvimento que, segundo Simon

(1996), envolveram as seguintes etapas: o forte aumento do interesse em teorias de *gestalt* e holismo logo após a Primeira Guerra Mundial; a emergência da cibernética e da teoria geral de sistemas após a Segunda Guerra Mundial; o estabelecimento de novas formas de modelagem do equilíbrio, desenvolvidas no fim a década de 1960.

Dado que o desenvolvimento da visão de sistemas complexos envolve diversas teorias, modelos e ambientes, torna-se relevante contextualizar alguns elementos. Por exemplo, com relação à primeira onda, a teoria de *gestalt* (WERTHEIMER, 1938) fundamenta-se, a partir de experiências cognitivas, na ideia de que os indivíduos percebem objetos como um todo, sendo o todo maior do que a soma das partes. De modo semelhante, o holismo estabelece que as propriedades de um sistema não podem ser determinadas ou explicadas somente pela soma das partes que o compõem, pois, segundo Smuts (1926), a natureza possui uma tendência de construir todos que são maiores do que a soma das partes, por meio da evolução criativa.

Com relação à segunda onda de desenvolvimento, a teoria da complexidade apoia-se em elementos enfatizados pela cibernética, como a coordenação, a regulação e os mecanismos de retroalimentação (ASHBY, 1956), e também em elementos da teoria de sistemas gerais (VON BERTALANFFY, 1968), cujo foco envolve os arranjos e as relações entre as partes do sistema que se conectam ao todo e que implicam novas propriedades resultantes de uma evolução contínua.

Portanto, a aplicação de conceitos de sistemas complexos em estudos organizacionais é compatível com a ideia de McCarthy (2004), segundo a qual as interações ao nível das organizações são de difícil representação e entendimento por meio de abordagens mecanicistas e reducionistas, pois envolvem não somente interações não lineares e auto-organizadas como também a emergência de manifestações de novos resultados decorrentes de um comportamento coletivo.

Considerando a terceira onda associada à teoria da complexidade, podem ser relacionados os mecanismos de análise evolutiva, nos quais a busca por equilíbrio pode implicar dinâmicas e situações finais distintas. Por exemplo, a teoria da catástrofe (THOM, 1975) representa um campo da matemática, mais especificamente da teoria da bifurcação, que estuda alterações significativas de comportamento e o equilíbrio em sistemas dinâmicos, em função de variações de determinados parâmetros.

Adicionalmente, diversas ferramentas para estudo de complexidade são obtidas a partir da teoria do caos (LORENZ, 1963), que estabelece a possibilidade de sistemas dinâmicos determinísticos aparentarem ser aleatórios devido a pequenas alterações nas condições iniciais. Dessa forma, a teoria da catástrofe e a teoria do caos podem apresentar fundamentação relevante para o estudo de organizações, cuja complexidade de elementos e interações pode implicar equilíbrios bastante distintos, mesmo quando gerados a partir de parâmetros ou condições iniciais muito semelhantes.

Ainda dentro do contexto da teoria da complexidade, podem ser incluídos elementos associados, por exemplo,

- aos algoritmos genéticos (HOLLAND, 1975), que permitem a análise da evolução e adaptação ao ambiente a partir de alterações de genes;
- às paisagens de adaptação de Kauffman (1993), que estabelecem um modelo por meio do qual a organização interna de genes representa um fator relevante no processo evolutivo, complementando o mecanismo darwiniano de seleção imposto pelo ambiente;
- aos autômatos celulares (WOLFRAM, 1983), que representam coleções de células em uma grade que evoluem de acordo com regras relacionadas aos estados das células vizinhas;
- aos sistemas adaptativos complexos (GELL-MANN, 1994; HOLLAND, 1995), que possibilitam o estudo de redes dinâmicas, formadas por diversos agentes que constantemente agem e reagem às ações dos outros agentes.

2.2. Paisagens de adaptação

De acordo com McKelvey (1999), o conceito da seleção darwiniana aplicado à análise organizacional implica a eliminação de empresas menos adaptadas ao ambiente competitivo e o estabelecimento de uma **ordem** na natureza, resultante da sobrevivência das empresas mais adaptadas. O conceito de seleção natural das empresas encontra suporte em diversas linhas de pesquisas associadas às estratégias empresariais, como as áreas de economia (ALCHIAN, 1950; FRIEDMAN, 1953; NELSON e WINTER, 1982), evolução organizacional (ALDRICH, 1979; BAUM e SINGH, 1994) e ecologia organizacional (HANNAN e FREEMAN, 1977).

Assim, do ponto de vista econômico, Friedman (1953) argumentava que a hipótese científica relevante a ser investigada estaria ligada à maximização do lucro (WINTER, 2005). De fato, segundo Friedman (1953), o processo de seleção natural ajudaria a validar a hipótese de maximização do lucro, uma vez que sua aceitação poderia sumarizar apropriadamente as condições para a sobrevivência de uma empresa.

Seguindo uma abordagem heterodoxa, Nelson e Winter (1982) sugerem, por meio de elementos dos trabalhos de Schumpeter (1950), Simon (1957) e Penrose (1959), como as mudanças progressivas, a racionalidade limitada e o crescimento das firmas podem constituir um mecanismo evolutivo baseado em processos que transformam a economia. Assim, contrastando com a economia tradicional, baseada em maximização de lucros pelas empresas, em maximização de utilidade de agentes e em equilíbrio de resultados, a economia evolucionária tem como foco a dinâmica do processo de competição que, nesta abordagem, possibilita a heterogeneidade de firmas, no que diz respeito a seu tamanho e ao modo de conduzir negócios (WINTER, 2005). Ressalta-se que a *dynamics capabilities view* (DCV) é especialmente relevante em um mundo schumpeteriano de competição baseada na inovação, rivalida-

de de preço e desempenho, retornos crescentes e destruição criativa de competências existentes (TEECE, PISANO e SHUEN, 1997).

Considerando ainda uma perspectiva evolucionária, porém com maior ênfase nos aspectos de gestão, Aldrich (1979) procura trazer à discussão as condições sob as quais as organizações mudam. Buscando complementar a visão de gestão cuja tradição se iniciou na administração científica com Frederick Taylor e Elton Mayo, Aldrich (1979) defendia a relevância não somente da estrutura interna das organizações, mas também das forças ambientais que limitam a atuação das empresas. Assim, para Aldrich (1999), a evolução é resultado de quatro processos genéricos necessários e suficientes: variação, seleção, retenção e disputa por recursos escassos (CAMPBELL, 1969). Nesse contexto, portanto, tanto a seleção interna quanto a externa afetam as rotinas e as competências da organização (ALDRICH, 1999).

Deve-se destacar que, conforme Betton e Dess (1985) sugerem, a publicação do trabalho de Aldrich em 1979 e o debate subsequente desenvolvido em Van de Ven (1979), Astley e Van de Ven (1983) e McKelvey e Aldrich (1983) evidenciaram diversos aspectos da analogia de seleção natural aplicada às organizações. Em particular, McKelvey e Aldrich (1983) estendem a analogia, construindo uma estrutura para explicar a origem e a manutenção de diferenças nas organizações fundamentada em três elementos: classificação, na qual se identificam diferentes formas organizacionais; taxonomia, a partir da qual é estabelecida uma teoria de diferenças e evolução, na qual se analisa o desenvolvimento das formas organizacionais (BETTON e DESS, 1985). Para McKelvey e Aldrich (1983), a abordagem da seleção natural para o estudo de organizações é útil, pois o modelo biológico possui diversos conceitos essenciais e aspectos teóricos já definidos.

Finalmente, a ecologia organizacional também explora a questão da seleção natural, porém a partir de elementos que enfatizam o papel da inércia como mecanismo que restringe a adaptação; a classificação de espécies organizacionais e a relevância do meio ambiente na determinação da sobrevivência da organização (BETTON e DESS, 1985). Hannan e Freeman (1977) estabelecem, no contexto da ecologia organizacional, que a força de pressões inerciais na estrutura de uma empresa torna propícia a aplicação de modelos que levam em consideração a competição e a seleção. Ressalta-se que, de maneira semelhante a Aldrich (1979), Hannan e Freeman (1977) sugerem que a pressão inercial decorre de arranjos estruturais internos e de restrições ambientais. Dentre os fatores internos para a inércia, podem ser citados os custos incorridos, as estruturas de comunicação, as políticas internas, a dominância de normas institucionais e, dentre os fatores ambientais, as barreiras de entrada e saída, a racionalidade limitada e a legitimidade social (BETTON e DESS, 1985).

Assim, da discussão anterior pode-se identificar que o fundamento da seleção natural, típica de modelos evolucionários,

tem aplicações no estudo de organizações, a partir de diversas linhas de investigação. Kauffman (1993), porém, inova a análise de adaptação, ao questionar a teoria da seleção natural, advogando que, sob determinadas circunstâncias, a complexidade poderia interferir e implicar a formação de novos ordenamentos biológicos (McKELVEY, 1999). Assim, interações entre características dos organismos poderiam, em paralelo à adaptação ao ambiente, direcionar a evolução.

A ideia central de Kauffman (1993) baseia-se na dinâmica da evolução de organismos, dentro do contexto biológico, ou de organizações e empresas, dentro do contexto administrativo, em uma paisagem de adaptação. De acordo com Wright (1932), a paisagem de adaptação é formada por um relevo, no qual uma população de organismos deveria evoluir, buscando atingir picos ou pontos de máximo denotando maiores níveis de adaptabilidade e, portanto, maior probabilidade de sobrevivência.

Trazendo elementos da física estatística, em especial dos vidros de *spin* (STEIN, 1992; FISCHER e HERTZ, 1993) e de autômatos celulares (WEISBUSH, 1991), Kauffman (1993) desenvolve um mecanismo com forte analogia com a biologia para estudar tipos específicos de paisagens de adaptação que podem ser definidos por um pequeno número de parâmetros. Um vidro de *spin* é um sistema magnético desordenado com uma temperatura de congelamento bem definida (BINDER e YOUNG, 1986), formado por uma liga de impurezas, diluído em um metal não magnético e que possui picos de susceptibilidade magnética sob algumas temperaturas, indicando transição de fase (BARAHONA *et al.*, 1988).

Apesar de ainda não completamente compreendidos, os vidros de *spin* implicaram o desenvolvimento de técnicas de análise com aplicação em diversas áreas do conhecimento como biologia, ciências da computação, economia e medicina (DE SANCTIS, 2005). Para a área de matemática, Talagrand (2003) sugere que os vidros de *spin* representam o **céu dos matemáticos**, uma vez que seu estudo é ao mesmo tempo difícil e estimulante. Eles possuem dois ingredientes que, considerando uma analogia apropriada, podem estar presentes no âmbito das organizações: aleatoriedade e frustração (DE SANCTIS, 2005). A frustração representa a origem de metaestabilidade e degeneração (TOULOUSE, DEHAENE e CHANGEUX, 1986) e está associada à incapacidade de um sistema permanecer em um único estado de mínima energia. De acordo com Olivieri e Vares (2005), a metaestabilidade é um fenômeno relevante em sistemas termodinâmicos e ocorre quando um parâmetro como temperatura, pressão ou campo magnético tem seu valor alterado, implicando o surgimento de um estado estável com uma fase única, porém no qual pelo menos parte do sistema deveria estar em uma fase de equilíbrio diferente. A característica distinta da metaestabilidade é que, através de uma perturbação externa ou de uma flutuação espontânea, um núcleo da nova fase surge conduzindo a um processo irreversível no qual um novo estado de equilíbrio estável é atingido (OLIVIERI e VARES, 2005). Assim, metaestabilidade constitui um conceito

genérico de equilíbrio, no qual pequenas perturbações podem implicar a passagem de um estado a outro de energia inferior.

O modelo básico proposto por Kauffman (1993), comumente chamado de paisagem ou modelo NK de adaptação, busca, em vez de avaliar estados de energia mínima, identificar evoluções até estados de adaptação máxima, usando analogias com elementos da biologia. No modelo, o parâmetro N representa o número de genes cuja combinação implica um determinado genótipo. O parâmetro K, por sua vez, representa uma medida de coevolução interna, referente ao número de interdependências entre os genes (McKELVEY, 1999) no cromossomo. Em biologia, de acordo com Smith (1989), a dependência da contribuição de um gene em relação ao estado dos outros é definida como epistasia.

Em estudos de organizações, N e K podem constituir parâmetros que governam a complexidade do problema de tomada de decisão de uma empresa (RIVKIN, 2000), sendo N o número de atributos relevantes e K o número de interações entre os atributos. Por exemplo, cada genótipo representa um conjunto de atributos que caracterizam a adaptação de indivíduos ou empresas, podendo constituir um posicionamento tático ou estratégico específico. Em um modelo binário, cada gene pode assumir um valor 0 ou 1, totalizando uma paisagem com 2^N possíveis configurações ou combinações de genes, referente a diferentes posicionamentos.

Dada a flexibilidade do modelo para problemas em administração, os N genes ou atributos associados à paisagem NK podem corresponder a diferentes departamentos e áreas de uma organização (departamento comercial, departamento de recursos humanos, área financeira, área administrativa, departamento de produção, departamento legal etc.) ou a diferentes recursos e capacitações possuídas pelas empresas (recursos financeiros, nível tecnológico, qualificação da mão de obra, acesso à matéria-prima, coordenação da cadeia de valor, informação, conhecimento tácito etc.).

O parâmetro K indica o número de interligações ou de interdependências entre os atributos. Assim, quanto maior K, maior a complexidade do sistema, pois a contribuição de cada atributo para a adaptação da organização depende do relacionamento com um número maior de atributos. Quando $K = 0$, a contribuição de um determinado gene independe do estado dos outros genes. Porém, à medida que K aumenta, $K \leq N - 1$, o sistema torna-se mais complexo, pois, por exemplo, a contribuição do nível tecnológico para a adaptação da empresa pode passar a depender da qualificação da mão de obra e do conhecimento tácito.

Em outras palavras, quando $K > 1$, evidencia-se a complexidade, pois o resultado da implantação de uma nova tecnologia depende não só do gene referente à tecnologia em si, mas também dos genes referentes ao nível de conhecimento e à força de trabalho. Deve-se ressaltar que a dependência entre genes não é estritamente recíproca, isto é, se a contribuição da tecnologia para a adaptação depende do nível de conheci-

mento acumulado por uma empresa, não necessariamente o nível de conhecimento depende da tecnologia.

Considerando um exemplo simplificado, a figura 1 permite uma visualização do conceito do modelo NK, evidenciando duas situações distintas: a parte A mostra o caso em que a complexidade da organização é baixa com $K = 0$ e a parte B mostra o caso em que a complexidade é alta.

Nas partes A e B da figura 1, a base do gráfico tridimensional representa todas as possíveis combinações de valores ou alelos dos N genes, e o relevo, o grau de adaptação dessa combinação ao ambiente competitivo, levando-se em consideração a complexidade interna. Quando $K = 0$, ou seja, quando os elementos do sistema são independentes, ocorre a geração de uma paisagem de adaptação, na qual se pode chegar de maneira suave, a partir de qualquer ponto da superfície, ao único ponto de máximo (LEVINTHAL e WARGLIEN, 1999). É importante observar que, dentro do ponto de vista de estratégia, o objetivo de uma empresa seria atingir o ponto de máxima adaptação, que poderia representar o posicionamento estratégico que gera maior resultado possível.

Apesar de simples, a paisagem da parte A da figura 1 pode ter aplicações, por exemplo:

- em economia, em que condições de convexidade e independência entre agentes (ARROW e HAHN, 1971) possibilitam a existência de paisagens com um único pico;
- em finanças, considerando que, dentro das premissas impostas pelo *Capital Asset Pricing Model* (CAPM), agentes são avessos ao risco e possuem expectativas homogêneas (SHARPE, 1964), implicando a importância de uma única carteira ótima formada por ativos com risco.

Em estratégia, dada a complexidade das interações entre os diversos elementos de uma organização, é provável que a

paisagem seja acidentada e irregular, semelhante à da parte B da figura 1, na qual os diversos picos representam máximos locais e o máximo global seria de difícil acesso, pois resultaria de uma combinação de genes de difícil alcance, dadas as complexas interdependências. Essa combinação específica, que maximiza globalmente o resultado, dificilmente seria obtida por pequenas adaptações nos genes, em função da grande probabilidade de esse processo de evolução marginal convergir a um ponto de máximo local.

Em um modelo binário, a contribuição de cada atributo específico para a adaptação da organização pode assumir 2^{K+1} valores, pois um determinado gene, que pode apresentar dois valores distintos, depende da combinação dos outros K genes. Esses outros K genes podem assumir valores 0 ou 1 e, portanto, gerar novas 2^K combinações. Matematicamente, o modelo NK representa um método estocástico para gerar funções de adaptação $F: \{0,1\}^N \rightarrow \mathfrak{R}^+$, a partir de uma cadeia binária $x \in \{0,1\}^N$, no qual o genótipo x consiste de N loci, ou seja, N posições no cromossomo, com dois possíveis alelos em cada locus x_i (ALTENBERG, 1997). Sendo K um parâmetro de dependência interna, a contribuição F_i de cada gene i é determinada pelo próprio alelo de x_i e pelos K x_{i_k} alelos dos quais x_i é dependente. Assim, a função de adaptação de um genótipo é dada por (ALTENBERG, 1997):

$$F(x) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N F_i(x_i; x_{i_1}, \dots, x_{i_K}), \quad [1]$$

com $\{i_1, \dots, i_K\} \subset \{1, \dots, i-1, i+1, \dots, N\}$

Para fins de cálculo do valor da adaptação, no modelo tradicional de Kauffman (1993), as 2^{K+1} contribuições F_i de com-

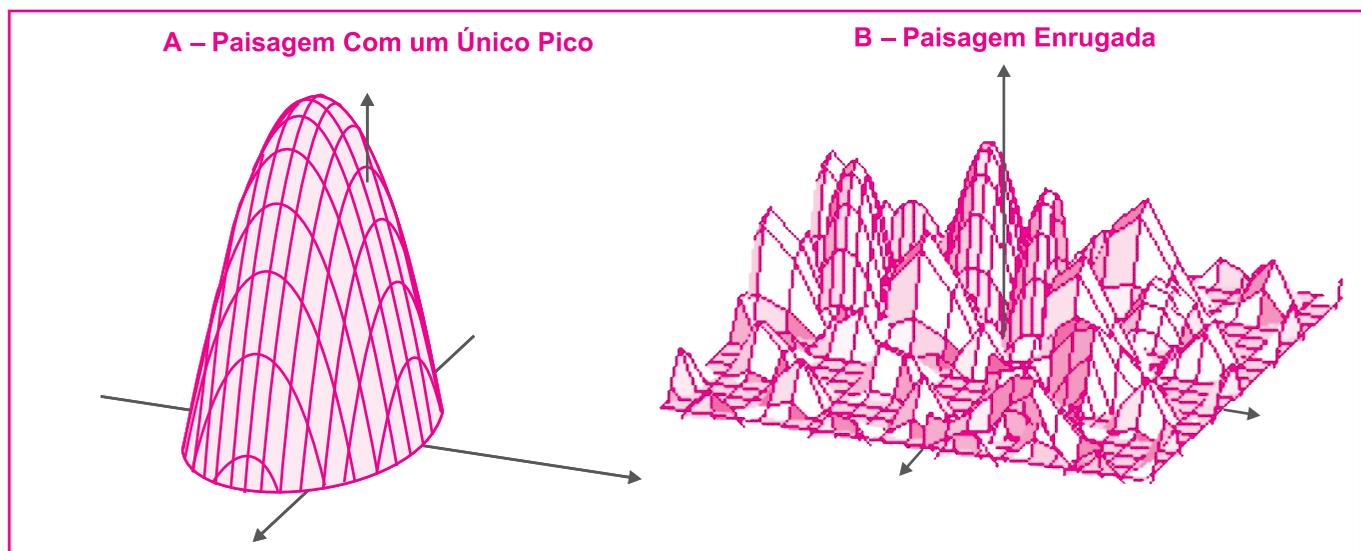


Figura 1: Paisagens de Adaptação do Modelo NK de Kauffman Com e Sem Complexidade

binação de genes dependentes são extraídas de uma distribuição uniforme, conferindo um caráter aleatório da paisagem NK. A figura 2 exemplifica o mecanismo de atribuição de um valor de adaptação de um determinado genoma, com $N = 10$ e $K = 2$.

Deve-se observar que a adaptação de uma organização ao ambiente competitivo depende de sua configuração genética, dada pelos estados ou alelos dos N genes ou atributos. A complexidade que envolve as organizações é dada, internamente, pelo parâmetro K , representativo da epistasia ou do grau de dependência de um gene em relação ao outro. A contribuição de cada gene para a adaptação da organização é função, conforme a equação [1] indica, da combinação e da dependência interna dos genes.

Ampliando, porém, o conceito de interdependência, Kauffman (1993) descreve um modelo mais genérico, $NK(C)$, no qual o parâmetro C está associado à conjugação de paisagens. Esse parâmetro representa o número de características externas ou ambientais, sob as quais um indivíduo ou uma organização não tem controle, mas cuja influência pode sofrer. Na analogia com a biologia, C está ligado a genes externos, isto é, a genes que definem características ou estados de outros competidores ou do mercado. Assim, C refere-se ao número de elementos no genoma que estão conectados entre entidades, em contraste com o parâmetro K , que indica o grau de relacionamento intraentidades. Para a área de organizações, C pode estar associado à dependência do posicionamento estratégico de um produto em relação à estratégia da concorrência ou à dependência da ação de um agente em função de ações de outros agentes (LEVINTHAL e WARGLIEN, 1999).

Em outras palavras, enquanto os N genes internos podem ser alterados pela organização, buscando-se uma combinação que leve a maior adaptação na paisagem, os C genes externos são pouco controláveis, uma vez que sua influência depende das características externas às empresas, como uma situação macroeconômica favorável ou desfavorável ou movimentações da concorrência. Portanto, pode haver a dependência de um atributo de uma indústria em relação ao ambiente como um todo ou a atributos de outra indústria na cadeia produtiva. Ressalta-se que o valor dos genes externos afeta a paisagem de adaptação e, conseqüentemente, os pontos de máximo a serem perseguidos. Exemplificando, a adoção de uma nova tecnologia pelos clientes, que representa um novo valor ao gene externo, pode implicar alterações nas contribuições de cada gene interno da organização, pois o ambiente sofreu modificação e determinados posicionamentos podem agora conduzir a diferentes resultados. É importante ressaltar, portanto, que, enquanto um gene interno pode ser alterado pela organização na busca de melhor adaptação dentro de uma paisagem, o gene externo não está sob controle da empresa e uma alteração em seu valor modifica a paisagem de adaptação. Essa dinâmica é razoável, principalmente quando se analisam setores dinâmicos nos quais uma alteração ambiental, como um novo marco regulatório ou uma nova tecnologia, muda substancialmente o mercado em que se compete.

Portanto, o nível de adaptação de uma empresa pode depender de genes externos e a complexidade dessa dependência é dada por C . Quanto maior C , maior a complexidade de uma organização em relação a alterações de estados em genes externos. As paisagens conjugadas, susceptíveis, portanto, à in-

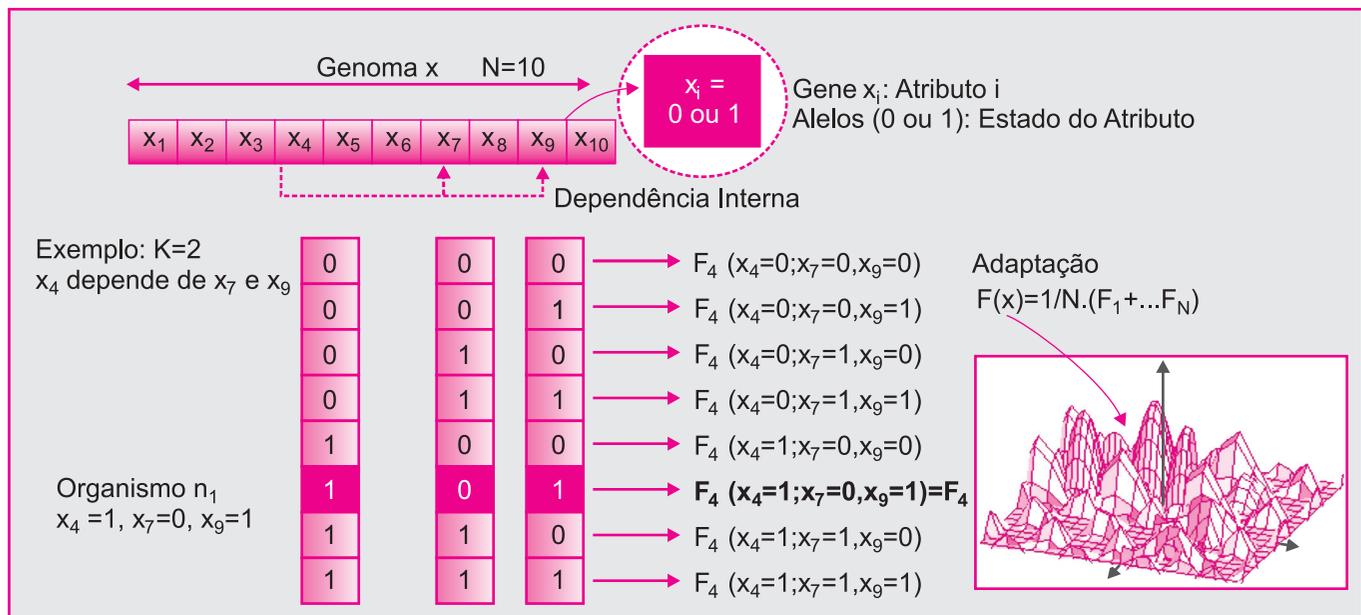


Figura 2: Exemplo de Estrutura Geral do Modelo NK de Kauffman

fluência de estados de genes externos, produzem uma dinâmica complexa, uma vez que o comportamento de um agente altera a topografia da paisagem para os outros agentes (LEVIN-THAL e WARGLIEN, 1999) e, dessa forma, o processo de busca por picos, isto é, por posicionamentos que conduzam a um maior resultado, torna-se mais complicado. Em termos de estrutura do modelo, os C genes em relação aos quais o gene de uma organização possui dependência externa geram 2^C possíveis paisagens. Assim, se $C = 1$, existe uma paisagem para quando o alelo do gene externo y é igual a 0 e outra paisagem para quando o alelo vale 1. Observe-se que, neste modelo NK(C), a empresa possui pouco controle sobre os genes externos. Em outras palavras, a empresa pode, por meio de ajustes ou reestruturações nos genes internos, aprimorar sua adaptabilidade, porém condições externas impõem maiores limites para a adaptação.

É importante ressaltar que esse modelo, guardadas as devidas restrições, apresenta elementos tanto das forças competitivas de Porter (1981), que se baseiam na organização industrial, fundamentada na relevância da indústria para desempenho da empresa (MASON, 1949; BAIN, 1959), como também da *resource-based view* ou RBV (PENROSE, 1959; WERNERFELT, 1984; BARNEY, 1991) e a *dynamic capabilities view* (TEECE, PISANO e SHUEN, 1997), que defendem a possibilidade de geração de vantagens competitivas por meio da diferenciação de recursos ou da formação de *capabilities*. No modelo NK(C), a dependência de genes externos estaria ligada à influência da indústria ou do mercado no resultado empresarial, enquanto os ajustes internos dos genes em busca de pontos de máximo na paisagem estariam ligados à formação de recursos específicos da empresa que permitiriam a obtenção de resultados acima do normal.

O modelo tem ligação com a RBV, uma vez que estabelece a relevância de combinações específicas de genes para um posicionamento estratégico que possibilite ganhos acima da média do mercado. Segundo Chmielewski e Paladino (2007), a RBV possibilita que a companhia identifique e desenvolva seus recursos valiosos por meio da avaliação de inter-relações pertinentes nos negócios que servem de base para a formulação da estratégia (BARNEY e ZAJAC, 1994; HITT, IRELAND e HOSKISSON, 1995). Além disso, a heterogeneidade de firmas, que se reflete em diferentes composições de genes ou posicionamentos estratégicos e resulta de competências distintas (ANSOFF, 1965), é um componente fundamental da RBV (MAHONEY e PANDIAN, 1992). Finalmente, a obtenção de vantagens competitivas sustentáveis estaria ligada a composições específicas de genes que representam recursos associados às características de valor, raridade, imitabilidade e organização, propostas por Barney (1991).

Portanto, no modelo NK de Kauffman, o parâmetro N está associado ao número de decisões que podem ser tomadas e o parâmetro K representa o grau de conexão entre as decisões (GANCO e HOETKER, 2009). Para Rivkin (2001), as decisões

podem envolver questões como produzir um insumo internamente ou comprá-lo de terceiros, instalar equipamentos de produção flexível ou usar maquinário específico. Portanto, as decisões podem estar atreladas às escolhas pela configuração ou pelo uso de recursos ou *capabilities*. De fato, McKelvey (1999) estabelece, de forma genérica, que N está associado ao número de competências na cadeia de valor, agregando sob o conceito de **competência**, os diversos termos da *resource-based view*, como *resources*, *capabilities* e *core-competences*, além do termo *activities* de Porter (1985).

Dessa forma, os números de genes podem representar partes de uma organização (RIVKIN, 2000), descritas na forma de recursos, *capabilities*, competências ou atividades, que, tanto isoladamente quanto em função de suas interações, influenciam o desempenho de uma empresa. McKelvey (1999) exemplifica os genes no caso de uma empresa que produz *notebooks*, associando-os a competências, como uso de *chip*, tecnologia de disco rígido, tecnologia de bateria, dissipação de calor, flexibilidade de *upgrade*, placa-mãe, minimização de peso, serviço de assistência técnica, experiência do funcionário, capacidade em pesquisa e desenvolvimento, gestão de garantia do produto, estrutura de gestão e governança, etc. Observa-se, portanto, que os genes têm uma conceituação ampla que, em particular, envolve escolhas sobre uso de recursos e *capabilities*. Para reforçar o argumento, enquanto Gill (2008) avalia os genes como atributos – por exemplo, motivação, conhecimento prévio e preferências cognitivas –, McCarthy (2004) associa N , para o caso de da indústria manufatureira, ao número de *capabilities* que viabilizam a estratégia da empresa, incluindo flexibilidade, localização da planta, gestão da tecnologia, grau de padronização, estrutura de processo, gestão da qualidade etc.

3. MODELAGEM MATEMÁTICA

A seguir são descritos os diversos passos para estudar a dinâmica de evolução do posicionamento estratégico em ambientes complexos, nos quais há interdependências entre atributos das organizações e dependências entre atributos internos e condições externas.

3.1. Estudo da complexidade interna

3.1.1. Inicialização da paisagem e das organizações

No modelo base, constrói-se uma paisagem na qual as organizações podem posicionar-se estrategicamente, considerando-se inicialmente a existência de complexidade interna e a inexistência de complexidade externa. Assim, dada a existência de uma única paisagem, tem-se que $C = 0$, ou seja, não existe dependência das organizações em relação a fatores externos. No nível interno, são definidas as contribuições $F_i(x)$, $i = 1, \dots, N$, de cada um dos N genes, em função de sua dependência em

relação aos K outros genes da organização, como ilustrado na figura 2. O valor total da adaptabilidade de determinado genoma x é dado por $F(x)$, obtido conforme a equação [1]. Dessa forma, a paisagem de adaptação pode ser gerada para todas as possíveis combinações de valores para os genes.

A seguir, um conjunto de M empresas é inicializado na paisagem. Cada empresa tem uma combinação aleatória dos N genes. Assim, no modelo binário, o alelo de cada gene x_i de cada empresa é sorteado a partir de uma distribuição de Bernoulli com parâmetro $p = 0,50$. Em função da combinação e das dependências internas dos genes, cada empresa j possui um nível de adaptação $F^{(j)}(x_j)$, com $j = 1, \dots, M$. A distribuição do grau de adaptação da indústria pode ser caracterizada, pelo menos em relação aos dois primeiros momentos, pela média μ_F e pelo desvio padrão σ_F das adaptabilidades das M organizações presentes no cenário competitivo.

$$\mu_F = \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M F^{(j)}(x_j) \text{ e } \sigma_F = \sqrt{\frac{1}{M-1} \sum_{j=1}^M (F^{(j)}(x_j) - \mu_F)^2} \quad [2]$$

A partir da média μ_F , pode-se definir uma medida relativa à carga genética λ da indústria, conforme sugerem Wilson e Bossert (1971):

$$\lambda = 1 - \frac{\mu_F}{\text{Max}(F^j(x_j))} \quad [3]$$

Quando a carga genética é próxima de 0, as empresas tendem a apresentar um mesmo valor de adaptação, indicando um posicionamento semelhante das empresas na indústria, com alta probabilidade de convergência em uma estratégia ótima local ou global. Em contrapartida, quando a carga genética é próxima da unidade, as organizações apresentam posicionamentos estratégicos bem distintos, havendo uma diferença grande entre a adaptabilidade média das empresas em relação à empresa de maior adaptabilidade. Nesse caso, há bastante espaço para evoluções que aprimorem a adaptabilidade da indústria.

3.1.2. Dinâmica da mortalidade das organizações

No modelo, assim como no mundo real, empresas de pior desempenho podem ser substituídas por entrantes. A modelagem estabelece, simplificada, que: o número de empresas na indústria permanece constante; as empresas elegíveis para serem substituídas são aquelas de desempenho recente ou nível de adaptação $F^{(j)}(x_j) < \mu_F - k \cdot \sigma_F$, sendo $k \geq 0$ arbitrário; a empresa elegível possui uma taxa de fatalidade compatível com uma probabilidade P_F de ser eliminada. Portanto, o modelo prevê que, de acordo com a seleção natural, empresas de menor adaptabilidade, que estão a certo número K de desvios padrões da adaptabilidade média, correm o risco de ser elimi-

nadas, porém existe uma probabilidade $1 - P_F$ de que se mantenham no mercado.

Assim, quanto maior K e quanto menor P_F , menores são as taxas de renovação da indústria. Considerando uma analogia limitada, dentro de um contexto das forças competitivas de Porter (1985), valores altos para K implicam maiores barreiras de entrada, que previnem o surgimento de entrantes, enquanto valores baixos de P_F correspondem a menor pressão da concorrência, uma vez que a indústria não penaliza tão fortemente empresas de desempenho ruim.

As empresas que eventualmente não sobrevivam são substituídas por novas, cujo posicionamento estratégico inicial é decorrente de dois mecanismos aleatórios: existe uma probabilidade $P_R = \lambda$ de que a nova empresa tenha uma combinação aleatória de genes e uma probabilidade $P_I = 1 - P_R = 1 - \lambda$ de que a nova empresa imite o posicionamento de outra já existente.

O primeiro mecanismo implica que, em um mercado com maior carga genética, ou seja, menor nível de adaptabilidade, as empresas entrantes tendem a assumir, com maior probabilidade, um posicionamento aleatório, uma vez que a imitação de outras estratégias já existentes não conduziria a graus de adaptabilidade elevados. De forma oposta, quando a carga genética é baixa, as empresas existentes devem ser fonte de inspiração, pois a indústria está mais próxima da convergência no ponto ótimo, privilegiando uma estratégia de imitação, de acordo como segundo mecanismo de surgimento de entrantes.

Dentro do segundo mecanismo, uma entrante tem mais probabilidade de imitar uma empresa que possui maior nível de adaptação. Criando uma distribuição de probabilidades ajustada em função do grau de adaptação de cada uma das M empresas, tem-se que a probabilidade P_{ij} de que uma entrante imite o posicionamento da empresa j é dada por:

$$P_{ij} = \frac{F^{(j)}(x_j)}{\sum_{j=1}^M F^{(j)}(x_j)} \quad [4]$$

3.1.3. Dinâmica da evolução dos posicionamentos estratégicos

As empresas que permanecem no mercado passam por um processo de evolução, em busca de melhores posicionamentos na paisagem de adaptação. Seguindo Levinthal (1997), dois processos possibilitam o aumento no nível de adaptação: a evolução local e os longos saltos. Deve-se ter em mente que as organizações têm uma visão limitada da paisagem de adaptação. Caso tivessem total conhecimento do relevo da paisagem, seu processo evolutivo seria simples, pois bastaria identificar a combinação de genes associada ao pico máximo e ajustar ou reestruturar a empresa para chegar a essa combinação específica. O desafio seria, portanto, realizar as mudanças necessárias para chegar a um determinado posicionamento estratégico.

Porém a realidade é diferente, pois dificilmente se pode ter noção, *a priori*, dos resultados de todos os possíveis posicionamentos estratégicos. No modelo proposto, agentes ou organizações têm uma visão apenas local da paisagem de adaptação. Dessa forma, racionalmente, através do processo de evolução local, buscam identificar estratégias que possibilitem uma escalada marginal a partir da posição em que se encontram, evidenciando uma compatibilidade com o aspecto comportamental de busca local inteligente (MARCH e SIMON, 1958; CYERT e MARCH, 1963).

No modelo, a adaptação local é feita por uma pequena alteração do genoma da empresa, trocando-se o alelo de um único gene x_i , escolhido aleatoriamente. Em outras palavras, uma organização j avalia uma adaptação local, comparando seu nível de adaptação atual $F^{(j,0)}$ com o nível de adaptação alternativo $F^{(j,1)}$ que obteria caso o alelo do gene x_i fosse trocado. Se $F^{(j,1)} > F^{(j,0)}$, então a organização decide alterar seu posicionamento, refletindo na mudança do valor do alelo em x_i . Tendo em vista que a alteração envolve apenas um gene, espera-se que, apesar das K interligações entre os genes, a empresa não apresente uma movimentação acentuada na paisagem de adaptação.

Além disso, tendo em vista que os agentes têm consciência de que a adaptação local pode não conduzir a um ponto de máximo global, dado que alterações marginais podem aprisionar a organização em um máximo local, é racional que sejam consideradas mudanças substanciais na estratégia, configurando-se os longos saltos. Esse aprisionamento em máximos locais pode ser associado a uma inércia decorrente das características da própria empresa. Como exemplifica Christensen (1997), uma empresa com diferencial em *marketing* com um conhecimento específico de seus clientes tende a desenvolver tecnologias que sejam mais atraentes a seus clientes atuais do que a um grupo novo de clientes. Com isso, a empresa pode deixar de perseguir outros mercados e limitar seu desempenho.

Assim, mecanismos de melhoria de adaptação em paisagens acidentadas devem prever a possibilidade de grandes alterações no posicionamento, para que as estratégias não fiquem restritas a máximos locais. Contemplando um aspecto de racionalidade limitada (SIMON, 1957), o modelo estabelece que as organizações avaliam, com probabilidade P_L , um posicionamento estratégico alternativo diferente, fruto de uma reestruturação advinda de uma combinação aleatória dos genes. Quanto maior P_L , menor a inércia da indústria, pois as organizações estariam mais propensas a avaliar mudanças radicais em suas estratégias.

Novamente, supõe-se que, embora não consiga identificar todo o relevo da paisagem de adaptação, a empresa consegue identificar o resultado a ser gerado por esta estratégia alternativa. A estratégia atual só é abandonada em detrimento da estratégia alternativa, se seu nível de adaptação atual for menor. Na modelagem, o processo de mortalidade de empresa, substituição por entrantes e evolução por meio de adaptações locais e de longos saltos é repetido de maneira iterativa, pos-

sibilitando o estudo da evolução da indústria dentro da paisagem de adaptação.

3.2. Incorporação da complexidade externa

No item anterior, foi apresentado o modelo NK, no qual as interligações internas entre os genes têm influência na contribuição de cada gene para a adaptabilidade da organização. Porém, em situações mais complexas, as contribuições para a adaptabilidade podem depender também do estado de variáveis ou genes externos à indústria, implicando a necessidade de estudo da evolução de estratégias através de um modelo mais abrangente, no caso, o modelo NK(C), também proposto por Kauffman (1993). Conforme destacado anteriormente, os genes externos representam características do mercado que mudam a paisagem de adaptação, ou seja, que alteram o ambiente competitivo. A dependência do resultado de um posicionamento estratégico em relação a mudanças ambientais torna a formulação de estratégias mais difícil, envolvendo um maior dinamismo. Por exemplo, em um mercado estático, no qual o desempenho corporativo depende apenas de seus próprios atributos, a calibração gradual do valor dos genes internos poderia conduzir a uma adaptação maior ao ambiente competitivo. Todavia, quando há dependência do mercado, alterações do ambiente podem tornar obsoletos posicionamentos, anteriormente bem adaptados.

Quando existe uma complexidade externa, $C > 0$, é necessária a definição de 2^C paisagens, denotando os possíveis valores de adaptação para as diversas configurações genéticas de uma organização, em cada uma das diferentes combinações de genes externos. Por exemplo, inovações tecnológicas que surgem em um segmento externo a uma determinada indústria podem alterar o cenário de adaptação das empresas. Em um modelo binário, genes externos y_1, \dots, y_C podem assumir valores 0 ou 1 e, portanto, cada uma das combinações de diferentes alelos implica a formação de 2^C paisagens de adaptação distintas para empresas com genótipo x .

Assim, os genes externos estão associados à coevolução entre diferentes espécies, na qual se associam, a cada gene de uma espécie, influências externas advindas de C genes de outra espécie (HORDJIK e KAUFFMAN, 2005). Considerando que o ambiente é influenciado pelas interações entre diversos concorrentes, a inclusão de genes externos no modelo possibilita estudar como características ambientais podem afetar o processo de adaptação e busca por maior desempenho. Com a inclusão de C genes externos, a complexidade do modelo aumenta uma vez que o resultado de cada conjunto de decisões referentes aos N genes internos de um agente é impactado não somente pelas K interações internas como também pelas decisões dos outros agentes externos que definem um ambiente competitivo (GANCO e HOETKER, 2009). Apesar da maior complexidade, posicionamentos estratégicos dos competidores são relevantes, pois alteram a paisagem NK de Kauffman, forçando novas configurações de genes internos.

O modelo proposto neste artigo modifica o mecanismo do NK(C), ao segregar dois tipos de vínculos com genes externos: uma dependência genérica em função da movimentação do mercado como um todo; dependências específicas baseadas na complexidade externa. As dependências específicas foram comentadas no parágrafo anterior. Já a dependência genérica tem fundamentação no relacionamento, em geral, positivo, entre o resultado do mercado e o resultado de empresas específicas. Fazendo uma analogia com finanças, o CAPM estabelece a existência de um parâmetro de risco sistemático que ajusta o resultado esperado de uma empresa, a partir do resultado do mercado (FAMA, 1970). Em outras palavras, as empresas tendem a obter um desempenho compatível com o do mercado, corrigido por um fator relativo ao risco sistemático da empresa. Assim, é de se esperar que um gene externo com influência na paisagem de adaptação deva depender do comportamento do mercado como um todo.

É importante destacar que essa análise tem fundamentação na teoria moderna de finanças. Sob algumas premissas restritivas – como captação e aplicação de recursos a uma mesma taxa de juros livre de risco, simetria informacional e expectativas homogêneas dos indivíduos –, Sharpe (1964) e Lintner (1965) derivam a fórmula do CAPM, amplamente usada nos mercados para estimar taxas de retorno, avaliar custo de capital e precificar ativos (DAMODARAN, 2001). Segundo o CAPM, os ativos devem ter um desempenho esperado positiva e linearmente relacionado com o desempenho do mercado como um todo. A medida de sensibilidade desse relacionamento é dada pelo parâmetro beta que representa o risco sistemático do ativo, estimado por meio da razão entre a covariância dos retornos do ativo com os retornos do mercado e a variância dos retornos do mercado (BREALEY e MYERS, 2008).

Voltando ao modelo, existe um gene z , associado ao mercado, que pode assumir dois valores: o valor 0 indica um cenário desfavorável do mercado e o valor 1 indica um cenário favorável para o mercado. Em particular, para uma mesma combinação de genes da organização existe uma probabilidade P_M de que o nível de adaptação no cenário favorável seja maior do que o nível de adaptação no cenário desfavorável. Obviamente, em casos em que cenários de mercado favoráveis fossem sempre melhores para a adaptação de uma indústria do que cenários desfavoráveis, P_M seria igual à unidade.

Assim, a inclusão do gene de mercado z e de genes externos y possibilita o estudo de ambientes mais complexos, em que a adaptação é função não somente de interações internas entre atributos da empresa como também de cenários de mercado e de outras interligações com variáveis externas às organizações. Na modelagem, o cenário de mercado, associado ao gene z , em uma iteração tem uma probabilidade P_{PM} de persistir na outra iteração. Além disso, uma dada combinação de genes externos y tem uma probabilidade P_{PE} de persistir entre iterações, ou seja, quanto menores P_{PM} e P_{PE} , maior a instabilidade das paisagens de uma indústria em relação a eventos de mercado e a parâmetros externos.

4. RESULTADOS DA SIMULAÇÃO

O modelo discutido foi traduzido em um algoritmo e implementado computacionalmente. Na configuração básica, são analisados os posicionamentos estratégicos de $M = 200$ empresas, com $N = 20$ atributos relevantes. A média de resultados das simulações para diferentes configurações de parâmetros são discutidos a seguir.

No gráfico 1, mostram-se os resultados médios de simulações com diferentes combinações de parâmetros associados à

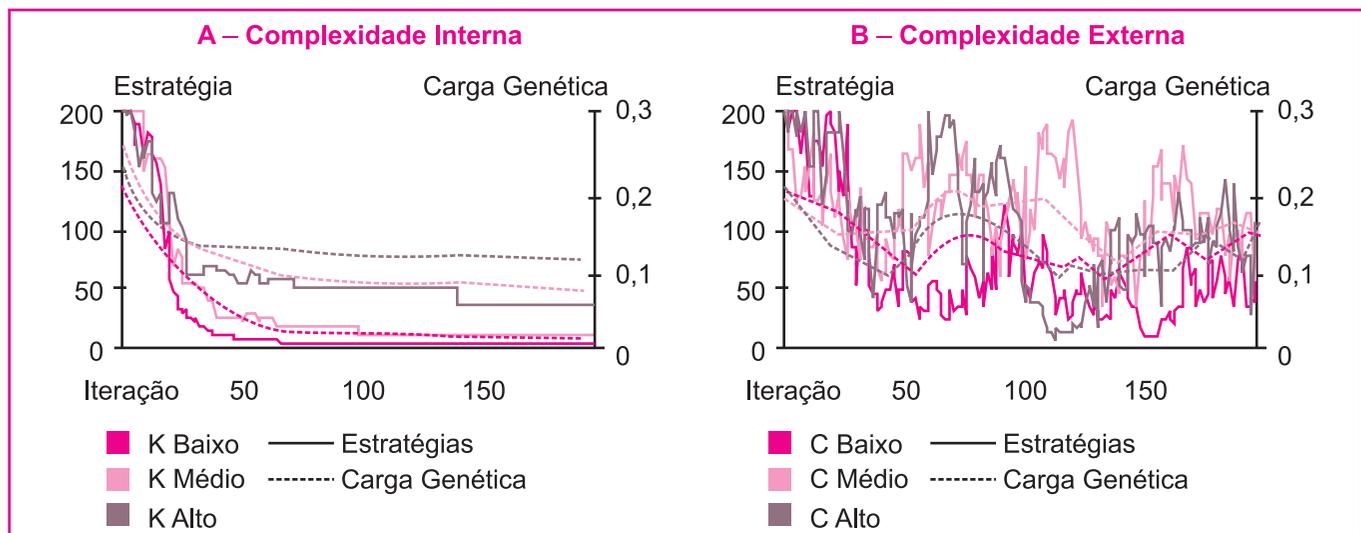


Gráfico 1: Posicionamento Estratégico e Carga Genética versus Complexidades Interna e Externa

complexidade. Assim, a primeira análise a ser realizada envolve o problema de pesquisa específico, que busca identificar relações entre complexidade e posicionamento estratégico em uma indústria.

Com relação à complexidade interna, representada pelo parâmetro K , na parte A do gráfico 1 pode-se identificar que, quanto mais independentes são os elementos de uma organização, como departamentos, recursos e capacitações, maior a probabilidade de a indústria convergir para um número bastante reduzido de posicionamentos estratégicos, apresentando maior semelhança genética.

Em contrapartida, quanto maior K , ou seja, quanto maior a complexidade interna, as iterações do modelo conduzem a um número maior de posicionamentos estratégicos, indicando que diversas organizações ficam aprisionadas em pontos de máximo local. Dessa forma, há certa inércia ou acomodação da indústria, implicando maior diversidade de estratégias e menor desempenho da indústria como um todo. De fato, em paisagens complexas, o efeito da racionalidade limitada (SIMON, 1955) e de rotinas, procedimentos e capacidade de processamento de informação (ARROW, 1974; TEECE, PISANO e SHUEN, 1997) na restrição da inteligência adaptativa das empresas (TRIPSAS e GAVETTI, 2000) é mais saliente. Além disso, a inércia das organizações pode também ser explicada pela história da empresa. March e Simon (1958) e Teece (1988), por exemplo, sugerem que a história de uma organização restringe seu comportamento futuro, fazendo com que o aprendizado seja limitado por um processo local de busca (TRIPSAS e GAVETTI, 2000).

Quando a complexidade interna é baixa, a estratégia de ótimo global é mais fácil de ser identificada, uma vez que a gestão do ambiente interno é simples. O equilíbrio de longo prazo das empresas implica resultados iguais e, portanto, não haveria desempenho anormal sustentável. Por outro lado, em um contexto de alta complexidade interna das organizações, tendo em vista a possibilidade de equilíbrio em diversos pontos de máximo local, empresas que se situam no máximo global podem obter constantemente desempenho superior à média, caracterizando a existência de vantagens competitivas sustentáveis. No contexto de complexidade do modelo, a vantagem competitiva poderia ser justificada pela habilidade de a empresa integrar, construir e reconfigurar suas competências, conforme estabelecido na DCV (TEECE, PISANO e SHUEN, 1997).

É importante ressaltar que, na prática, a racionalidade limitada pode impedir que as empresas encontrem o ótimo global, mesmo em situações nas quais a complexidade é baixa. Além disso, as empresas, pelas próprias limitações, podem não conseguir alterar seus genes para o posicionamento de ótimo global. Incompatibilidade de genes ou inexistência de determinados recursos podem prevenir a obtenção de resultados máximos. No entanto, no modelo de simulação, não se impõem restrições para o número de períodos analisados, eventualmente as empresas convergiriam para máximo global.

Como pode ser observada na parte B do gráfico 1, a incorporação de complexidade externa torna o processo de busca pelo máximo global mais difícil. De fato, conforme Cavusgil, Seggie e Talay (2007), a RBV não trata adequadamente a questão de construção de vantagens competitivas em ambientes turbulentos. Em contrapartida, no contexto da DCV, as capacidades dinâmicas possibilitam a criação de novos produtos e processos, permitindo à empresa responder a mudanças nas condições externas (LÓPEZ, 2005). De fato, Teece, Pisano e Shuen (1997) estabelecem a DCV como uma estrutura que permite a análise de origens, fontes e métodos de criação e captura de valor em firmas que operam em ambientes de rápida transformação tecnológica.

Com relação às interdependências externas, refletidas pelas influências dos genes y , a parte B do gráfico 1 ilustra os resultados das simulações. Independentemente do grau de complexidade externa, dado por diferentes valores de C , os resultados implicam uma alta divergência de posicionamentos estratégicos. Mesmo que a persistência P_{PE} dos alelos dos genes externos y seja alta, isto é, mesmo que a volatilidade de mudança dos estados de outras indústrias que influenciam as organizações em análise seja baixa, não existe uma convergência em poucas estratégias.

Assim, quando uma determinada indústria é influenciada por alterações em outros segmentos – por exemplo, quando uma indústria é vulnerável ao surgimento de nova tecnologia que altera as forças competitivas –, dificilmente consegue-se implementar uma estratégia de maximização. Em uma gestão proativa, obviamente, empresas que antecipam o comportamento de variáveis externas podem posicionar-se melhor, aproveitando a volatilidade do ambiente. Com isso, se há uma dependência forte de uma indústria com relação a outra indústria, uma estratégia específica de uma organização seria a integração vertical (HARRIGAN, 1986). Dessa forma, as C variáveis externas poderiam ser internalizadas, transformando-se em um incremento de K que, conforme ilustrado na parte A do gráfico 1, implica uma forma organizacional mais fácil de ser gerenciada, no sentido de identificação de estratégias ótimas.

Pela parte A do gráfico 2, pode-se analisar a influência de um gene externo z , associado a um fator de mercado. Esse gene afeta, favorável ou desfavoravelmente, a economia como um todo. Quando o mercado é favorável, as empresas devem avaliar suas alternativas estratégicas em uma paisagem na qual os resultados de adaptação tendem a ser maiores do que os resultados da paisagem referente ao mercado desfavorável. A parte A do gráfico 2 ilustra mais uma vez que, em um contexto de maior complexidade, isto é, maior K , as empresas convergem para um número maior de posicionamentos estratégicos, em situações de persistência tanto alta ou quanto baixa do mercado.

É importante identificar que, independentemente da volatilidade do mercado, que é relacionada inversamente com seu grau de persistência P_{PM} , iterações das simulações mostram

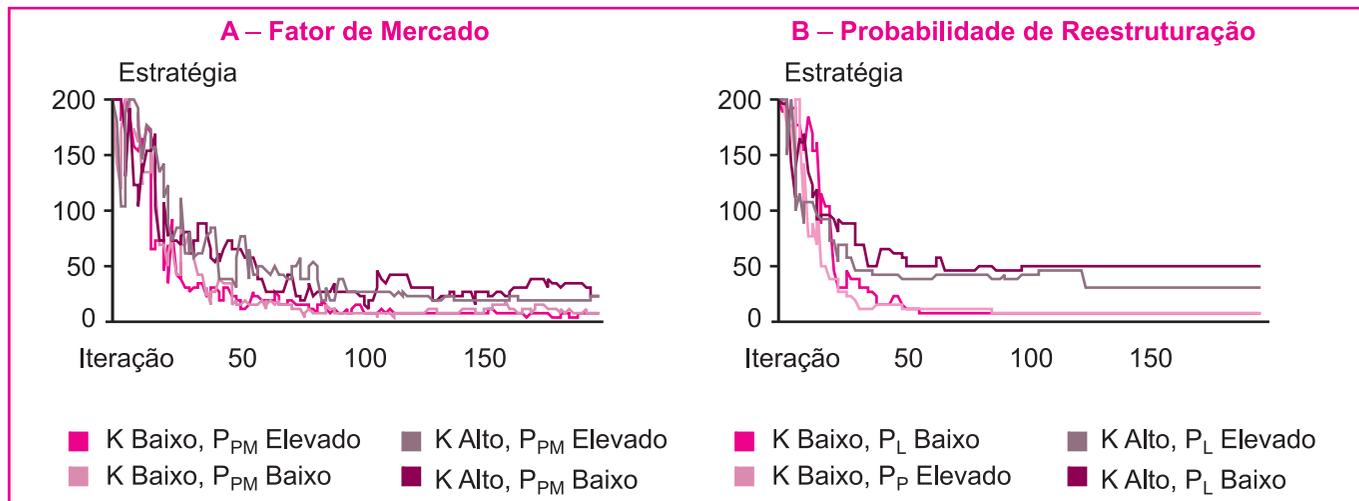


Gráfico 2: Número de Estratégias versus Fator de Mercado e Probabilidade de Reestruturação

uma alta convergência de posicionamentos estratégicos, evidenciando que fatores de mercado, apesar de relevantes, não dificultam uma escalada a um número limitado de pontos ótimos. Em outras palavras, os resultados sugerem maior probabilidade de as empresas estarem explorando estratégias próximas ao ótimo global, não importando se a persistência de situações de mercado favoráveis ou desfavoráveis seja alta ou baixa. Assim, o mecanismo de evolução do modelo implica que o processo de busca por melhor posicionamento estratégico é mais influenciado pela complexidade interna das empresas do que pela persistência do mercado. De fato, considerando que o mercado não é dependente das ações ou estratégias de empresas específicas, às organizações restaria adaptar seus genes internos à situação atual sem necessariamente se preocupar com o comportamento futuro do mercado. Esse resultado do modelo pressupõe um planejamento estratégico voltado à empresa e não à estimação do comportamento de mercado ao longo do tempo.

Resalta-se que mercados mais persistentes seriam mais estáveis e, portanto, a adaptação das empresas poderia ser facilitada. A pouca relevância da persistência do mercado sugere a necessidade de incorporação de novos elementos na modelagem. Por exemplo, o modelo poderia envolver a premissa de busca da maximização de um somatório de desempenho ao longo de diversos períodos. Dessa forma, as empresas poderiam apresentar um número maior de posicionamentos diferentes, pois uma convergência de estratégias no curto prazo não implicaria necessariamente um ganho total em um horizonte de tempo mais longo. Uma dada estratégia ou um dado conjunto de valores de genes que conduz a um resultado atrativo em uma situação de mercado pode não ser viável em outra situação de mercado. Uma investigação mais detalhada sobre dinâmica do mercado, no entanto, seria árdua. Eisenhardt e Martin (2000) sugerem que, em ambientes instáveis, além de a

duração da vantagem competitiva ser imprevisível, as capacidades dinâmicas que direcionam essas vantagens são processos instáveis, difíceis de ser sustentadas.

Pode-se também analisar, a influência da probabilidade P_L de longos saltos no posicionamento estratégico das empresas, em função da complexidade interna. Quanto maior P_L , maior a probabilidade de reestruturação significativa das empresas. Os resultados da parte B do gráfico 2 sugerem que a possibilidade de reestruturação implica uma aproximação mais rápida dos melhores pontos ótimos, tanto no caso de alta quanto de baixa complexidade interna, haja vista a acentuada redução no número de estratégias nas primeiras iterações do modelo. Nesse contexto, a reengenharia (HAMMER e CHAMPY, 1993), apesar de criticada por Davenport e Stoddard (1994), por exemplo, pode ser relevante em situações complexas, pois permite que estratégias totalmente novas sejam vislumbradas, diminuindo a probabilidade de as empresas ficarem presas a pontos de máximo locais de baixa adaptabilidade.

Finalmente, os resultados mostrados nas partes A e B do gráfico 3 sugerem que, quando barreiras de entrada são baixas, refletidas por um baixo valor de K , a evolução para estratégias de maior desempenho é rápida, independentemente do grau de complexidade interna. Nesse caso, empresas de menor desempenho são substituídas por entrantes que rapidamente identificam, pelo processo de imitação, as melhores estratégias. Assim, a complexidade interna isoladamente não é garantia de vantagem competitiva, sendo necessárias, portanto, barreiras de entrada altas. Em contrapartida, em indústrias com altas barreiras de entrada, a inércia das organizações e a eventual acomodação em pontos de ótimo locais podem impedir uma maior eficiência na forma de maiores níveis de adaptação. Deve-se destacar que, pela parte B do gráfico 3, uma forte pressão da concorrência, refletida, de maneira pouco rigorosa, em um parâmetro P_P alto, não conduz necessariamente a in-

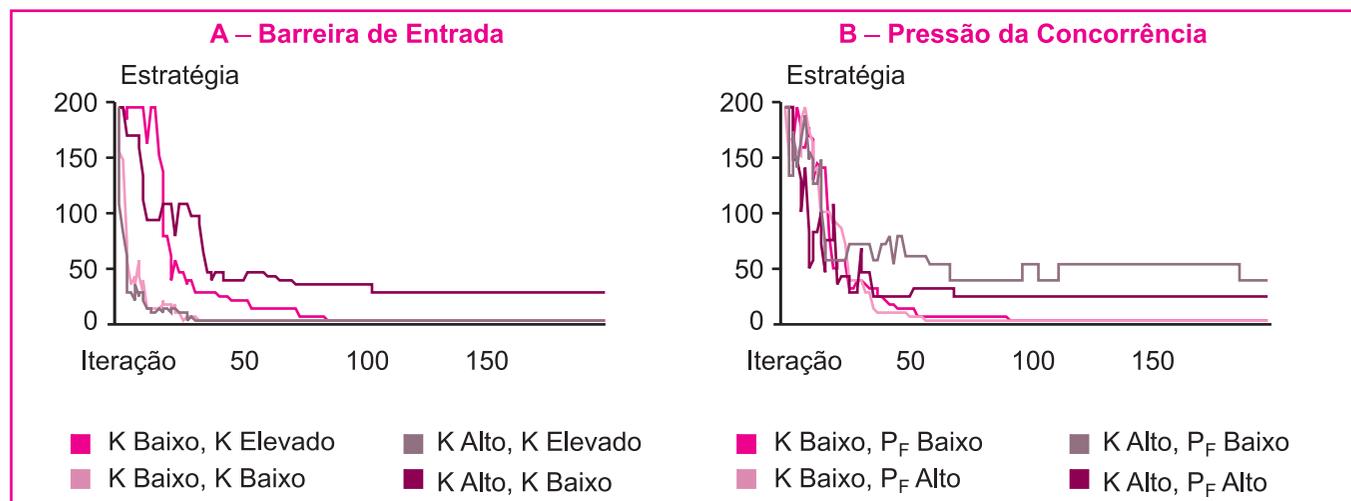


Gráfico 3: Posicionamento Estratégico versus Barreiras de Entrada e Pressão da Concorrência

dústria a um ponto de máximo global, quando a complexidade interna é alta.

5. COMENTÁRIOS FINAIS

Assim, o estudo do modelo NK de Kauffman propicia diversas análises sobre o posicionamento competitivo das empresas em condições de complexidade, nas quais elementos de uma organização são interdependentes entre si e dependentes de variáveis externas. Tendo em vista que usam um conceito abrangente de evolução, as paisagens de Kauffman possuem aplicação em diversas áreas, como na biologia, no estudo de adaptação e imunização (HOLLAND, 1975; KAUFFMAN, WEINBERGER e PERELSON, 1988); na química, na catalisação de reações (KAUFFMAN e WEINBERGER, 1989); na física, no mapeamento de energia em ligas magnéticas (WEINBERGER, 1991) e na computação e pesquisa operacional, em problemas de otimização (KIRKPATRICK, GELATT e VECCHI, 1983).

Os resultados da modelagem sugerem que:

- quando há alta complexidade interna, vantagens competitivas sustentáveis podem formar-se, em função da habilidade de gestão de competências e recursos;
- quando há complexidade externa, a dificuldade de otimização em uma paisagem de adaptação acidentada pode implicar a necessidade de adoção de estratégia de integração vertical;
- quando as barreiras de entrada são altas, a indústria é caracterizada por carga genética elevada, implicando alta diversidade estratégica e baixa eficiência;
- a possibilidade de reestruturação pode evitar inércia, fazendo com que, em ambientes complexos, pontos de maior desempenho sejam atingidos.

É importante salientar a relevância de mecanismos de modelagem e simulação para estudos de organizações e, mais

particularmente, para pesquisas em estratégia. A modelagem teórica é uma representação simplificada da realidade e, de acordo com Burton e Obel (1995), o grau de sofisticação e detalhamento de um modelo deve decorrer inicialmente do problema de pesquisa, para posteriormente definir-se o nível adequado de realismo, caracterizado pelas variáveis e pela dinâmica de suas interações. Conforme destaca Makadok (2006), maior riqueza de detalhes na modelagem de uma realidade pode implicar maior compreensão da natureza de um fenômeno, porém às custas de menor tratabilidade do modelo.

Limitações do estudo estão ligadas às premissas do modelo. Em particular, o modelo NK(C) implementado possui um número baixo de genes e interações, comparativamente à quantidade de decisões e interações que existem no ambiente competitivo das organizações. Adicionalmente, o uso do CAPM também impõe restrições relevantes. Por exemplo, o CAPM pressupõe que todos os ativos sejam líquidos e perfeitamente subdivisíveis, ou seja, negociáveis e sem custos de transação significantes (NAYLOR e TAPON, 1982). Apesar de não ser exigido que os ativos sejam negociados no mercado de bolsa, é imprescindível que possuam preços formados a partir de intensa competição entre os agentes. No entanto, é importante destacar que recursos ou *capabilities* específicos que promovam vantagens competitivas sustentáveis podem não ter um valor estabelecido por uma pressão acirrada entre compradores e vendedores. De fato, conforme sugerem Chatterjee, Lubatkin e Schulze (1999), o CAPM impõe um grande desafio ao campo de estratégia, ao estabelecer que o retorno esperado é função somente do risco sistemático de um ativo e não de suas características idiossincráticas.

Embora as premissas utilizadas possam ser simplistas, o desenvolvimento de modelos computacionais permite que teorias possam ser desenvolvidas e testadas. Deve-se destacar que, mais recentemente, a simulação, justamente por possibi-

litar a avaliação da complexidade, tem sido usada em estudos que envolvem organizações, permitindo o desenvolvimento de teorias (DAVIS, BINGHAM e EISENHARDT, 2007), por meio de investigação de relações complexas entre construtos, quando dados empíricos são limitados (ZOTT, 2003) e de formulação matemática rigorosa que especifica as premissas e a lógica de teorias, comumente descritas apenas verbalmente (CARROLL e HARRISON, 1998) nas ciências sociais.

Mesmo quando há dados empíricos disponíveis, a simulação ainda é útil, pois a maioria das técnicas tradicionais de análise estatística empregadas em pesquisas em estratégia não leva em consideração aspectos decorrentes da complexidade, como a existência de relações não lineares. De fato, análises estatísticas que envolvem correlação, como análise fatorial, equações estruturais, regressão múltipla e análise discriminante, preveem um relacionamento linear. Além disso, Davis, Bingham e Eisenhardt (2007) citam como pontos fortes da simulação: a ga-

rantia da validade de construto, uma vez que os algoritmos exigem especificação precisa dos construtos e de suas medidas, evitando ruído de mensuração comum às pesquisas empíricas; a desnecessidade de validade convergente e discriminante, pois a simulação elimina erros de mensuração associados aos dados empíricos (CAMPBELL e FISKE, 1959); a flexibilidade no ajuste de construtos, por meio da alteração do algoritmo, em contraposição à dificuldade de alterações de medidas em pesquisas empíricas, particularmente após a coleta de dados.

É conveniente citar que diversos estudos suportam e justificam o uso de modelagem em estudos de organizações e estratégia, como Sterman (1991) e Ashworth e Carley (2007). Finalmente, conforme destacam Davis, Bingham e Eisenhardt (2007), a simulação é especialmente útil para investigar o **doce ponto** que fica entre a pesquisa que cria teorias, como os estudos de caso indutivos e a modelagem formal, e a pesquisa que testa a teoria por meio de análises multivariadas. ◆

REFERÊNCIAS

- ALCHIAN, A.A. Uncertainty, evolution and economic theory. *Journal of Political Economy*, v.58, n.3, p.211-221, 1950.
- ALDRICH, H. *Organizations and environments*. New Jersey: Prentice-Hall, 1979.
- _____. *Organizations evolving*, Thousand Oaks: Sage, 1999. Chapter 2, p.20-40.
- ALTENBERG, L. NK fitness landscapes. In: BACK, T.; FOGEL, D.; MICHALEWICZ, Z. (Ed.). *The handbook of evolutionary computation*. New York: Oxford University Press, 1997.
- ANDERSON, P. Complexity theory and organization science. *Organization Science*, v.10, n.3, p.216-232, 1999.
- ANSOFF, H.I. *Corporate strategy: an analytical approach to business policy for growth and expansion*. New York: McGraw Hill, 1965.
- ARROW, K. *The limits of organizations*. New York: Norton, 1974.
- ARROW, K.; HANH, F. *General competitive analysis*. San Francisco: Holden-Day, 1971.
- ASHBY, R. *An introduction to cybernetics*. London: Chapman and Hall, 1956.
- ASHWORTH, M.J.; CARLEY, K.M. Can tools help unify organization theory? Perspectives on the state of computational modeling. *Computational & Mathematical Organization Theory*, v.13, n.1, p.89-111, 2007.
- ASTLEY, W.; VAN DE VEN, A. Central perspectives and debates in organization theory. *Administrative Science Quarterly*, v.28, p.245-273, 1983.
- BAIN, J.B. *Industrial organization*. New York: John Wiley & Sons, 1959.
- BARAHONA, F.; GROTSCHER, M.; JUNGER, M.; REINELT, G. An application of combinatorial optimization to statistical physics and circuit layout design. *Operations Research*, v.36, n.3, p.493-513, 1988.
- BARNEY, J. Firm resources and sustained competitive advantage. *Journal of Management*, v.17, n.1, p.99-120, 1991.
- BARNEY, J.; ZAJAC, E.J. Competitive organizational behavior: toward an organizationally-based theory of competitive advantage. *Strategic Management Journal*, v.15, n.1, p.5-9, 1994.
- BAUM, J.A.C.; SINGH, J.V. (Ed.) *Evolutionary dynamics of organizations*. New York: Oxford University Press, 1994.
- BETTON, J.; DESS, G.G. The application of population ecology models to the study of organizations. *Academy of Management Review*, v.10, n.4, p.750-757, 1985.
- BINDER, K.; YOUNG, A.P. Spin glasses: experimental facts, theoretical concepts, and open questions. *Reviews of Modern Physics*, v.58, n.4, p.801-976, 1986.
- BREALEY, R.A.; MYERS, S.C. *Principles of corporate finance*. 9th ed. New York: McGraw Hill, 2008.
- BURTON, R.; OBEL, B. The validity of computational models in organization science: from model realism to purpose of the model. *Computational & Mathematical Organization Theory*, v.1, n.1, p.57-71, 1995.
- CAMPBELL, D.T. Variation and selective retention in socio-cultural evolution. *General Systems*, v.14, p.69-85, 1969.
- CAMPBELL, D.T.; FISKE, D.W. Convergent and discriminant validation by the multitrait-multimethod matrix. *Psychological Bulletin*, v.56, n.2, p.81-105, 1959.
- CARROLL, G.; HARRISON, J.R. Organizational demography and culture: insights from a formal model and simulation. *Administrative Science Quarterly*, v.43, n.3, p.637-667, 1998.

- CAVUSGIL, E.; SEGGIE, S.H.; TALAY, M.B. Dynamic capabilities view: foundations and research agenda. *Journal of Marketing Theory and Practice*, v.15, n.2, p.159-166, 2007.
- CHATTERJEE, S.; LUBATKIN, M.H.; SCHULZE, W.S. Toward a strategic theory of risk premium: moving beyond CAPM. *Academy of Management Review*, v.24, n.3, p.556-567, 1999.
- CHMIELEWSKI, D.A.; PALADINO, A. Driving a resource orientation: reviewing the role of resource and capability characteristics. *Management Decision*, v.45, n.3, p.462-483, 2007.
- CHRISTENSEN, C. *The innovator's dilemma*. Boston: Harvard Business School Press, 1997.
- CYERT, R.M.; MARCH, J.G. *A behavioral theory of the firm*. New Jersey: Prentice-Hall, 1963.
- DAMODARAN, A. *Corporate finance: theory and practice*. New York: Wiley, 2001.
- DAVENPORT, T.H.; STODDARD, D.B. Reengineering: business change of mythic proportions? *MIS Quarterly*, v.18, n.2, p.121-127, 1994.
- DAVIS, J.P.; BINGHAM, C.B.; EISENHARDT, K.M. Developing theory through simulation methods. *Academy of Management Review*, v.32, n.2, p.480-499, 2007.
- DE SANCTIS, L. *Structural approaches to spin glasses and optimization problems*. 2005. PhD (Thesis) – Department of Mathematics, Princeton University, USA, 2005.
- EISENHARDT, K.M.; MARTIN, J.A. Dynamic capabilities: what are they? *Strategic Management Journal*, v.21, n.10-11, p.1105-1121, 2000.
- ETZIONI, A. *A comparative analysis of complex organizations*. New York: Free Press, 1961.
- FAMA, E.F. Efficient capital markets: a review of theory and empirical work. *Journal of Finance*, v.25, n.2, p.383-417, 1970.
- FISCHER, K.H.; HERTZ, J.A. *Spin glasses*. Cambridge: Cambridge University Press, 1993.
- FRIEDMAN, M. *Essays in positive economics*. Chicago: University of Chicago Press, 1953.
- GANCO, M.; HOETKER, G. NK modeling methodology in the strategy literature: bounded search on a rugged landscape. In: BERGH, D.D.; KETCHEN, D.J. *Research methodology in strategy and management*. 5thed. London: Emerald Press, 2009. p.237-268.
- GELL-MANN, M. *The quark and the jaguar*. New York: Freeman, 1994.
- GHEMAWAT, P.; LEVINTHAL, D.A. *Choice structures, business strategy and performance: a generalized NK-simulation approach*. Working paper WP 00-05. Pennsylvania: Wharton School, University of Pennsylvania, 2005.
- GILL, T.G. Reflections on researching the rugged fitness landscape. *Informing Science*, v.11, p.165-196, 2008.
- HALL, R.H. *Organizations: structure and process*. 2nd ed. New Jersey: Prentice-Hall, 1977.
- HAMMER, M.; CHAMPY, J. *Reengineering the corporation*. New York: Harper Business, 1993.
- HANNAN, M.T.; FREEMAN, J. The population ecology of organizations. *American Journal of Sociology*, v.82, n.5, p.929-984, 1977.
- HARRIGAN, K.R. Matching vertical integration strategies to competitive conditions. *Strategic Management Journal*, v.7, n.6, p.535-555, 1986.
- HITT, M.A.; IRELAND, R.D.; HOSKISSON, R.E. *Strategic management: competitiveness and globalization*. Minneapolis: West Publishing, 1995.
- HOLLAND, J.H. *Adaptation in natural and artificial systems*. Ann-Arbor: University of Michigan Press, 1975.
- _____. *Hidden order*. Reading: Addison-Wesley, 1995.
- HORDJIK, W.; KAUFFMAN, S. Correlation analysis of coupled fitness landscapes. *Complexity*, v.10, n.6, p.41-49, 2005.
- KAUFFMAN, S. *The origins of order: self-organization and selection in evolution*. New York: Oxford University Press, 1993.
- KAUFFMAN, S.; WEINBERGER, E. The NK model of rugged fitness landscapes and its application to maturation of the immune response. *Journal of Theoretical Biology*, v.141, n.2, p.211-245, 1989.
- KAUFFMAN, S.; WEINBERGER, E.; PERELSON, A. Maturation of the immune response via adaptive walks on affinity landscapes. In: PERELSON, A.S. (Ed.). *Theoretical immunology*. Santa Fe: Institute Studies in the Sciences of Complexity. New York: Addison-Wesley, 1988. Part I.
- KIRKPATRICK, S.; GELATT, C.; VECCHI, M. Optimization by simulated annealing. *Science*, v.220, n.4598, p.671-680, 1983.
- LEVINTHAL, D.A. Adaptation of rugged landscapes. *Management Science*, v.43, n.7, p.934-950, 1997.
- LEVINTHAL, D.A.; WARGLIEN, M. Landscape design: designing for local action in complex worlds. *Organization Science*, v.10, n.3, p.342-357, 1999.
- LINTNER, J. The valuation of risk assets and the selection of risky investments in stock portfolios and capital budgets. *Review of Economics and Statistics*, v.47, n.1, p.13-37, 1965.
- LÓPEZ, S.V. Competitive advantage and strategy formulation: the key role of dynamic capabilities. *Management Decision*, v.43, n.5/6, p.661-669, 2005.
- LORENZ, E.N. Deterministic non-periodic flow. *Journal of the Atmospheric Sciences*, v.20, n.2, p.130-141, 1963.

- MAHONEY, J.T.; PANDIAN, J.R. The resource-based view within the conversation of strategic management. *Strategic Management Journal*, v.13, n.5, p.363-380, 1992.
- MAKADOK, R. *Four theories of persistent profit under competition, and their interaction effects*. Working paper. Atlanta: Goizueta Business School, Emory University, 2006.
- MARCH, J.G.; SIMON, H.A. *Organizations*. New York: Wiley, 1958.
- MASON, F. The current state of the monopoly problem in the U.S. *Harvard Law Review*, v.62, n.8, p.1265-1285, 1949.
- McCARTHY, I.P. Manufacturing strategy. *International Journal of Operations & Production Management*, v.24, n.1/2, p.124-150, 2004.
- McKELVEY, B. Avoiding complexity catastrophe in coevolutionary pockets: strategies for rugged landscapes. *Organization Science*, v.10, n.3, p.194-321, 1999.
- McKELVEY, B.; ALDRICH, H.E. Populations, natural selection and applied organizational science. *Administrative Science Quarterly*, v.28, p.101-128, 1983.
- NAYLOR, T.H.; TAPON, F. The capital asset pricing model: an evaluation of its potential as a strategic planning tool. *Management Science*, v.28, n.10, p.1166-1173, 1982.
- NELSON, R.R.; WINTER, S.G. *An evolutionary theory of economic change*. Cambridge: Belknap/Harvard, 1982.
- OLIVIERI, E.; VARES, M.E. *Large deviations and metastability*. Cambridge: Cambridge University Press, 2005.
- PENROSE, E. *Theory of the growth of the firm*. New York: John Wiley & Sons, 1959.
- PERROW, C. The analysis of goals in complex organizations. *American Sociological Review*, v.26, n.6, p.859-866, 1961.
- PORTER, M.E. The contributions of industrial organization to strategic management. *Academy of Management Review*, v.6, n.4, p.609-620, 1981.
- PORTER, M.E. *Competitive advantage*. New York: Free Press, 1985.
- RIVKIN, J.W. Imitation of complex strategies. *Management Science*, v.46, n.6, p.824-844, 2000.
- _____. Reproducing knowledge without imitation at moderate complexity. *Organization Science*, v.12, n.3, p.274-293, 2001.
- RIVKIN, J.; SIGGELKOW, N. Designing organizations for turbulence and complexity. *Organization Science*, v.16, n.2, p.101-122, 2005.
- SCHUMPETER, A.J. *Capitalism, socialism and democracy*. New York: Harper & Row, 1950.
- SHARPE, W.F. Capital asset prices: a theory of market equilibrium under conditions of risk. *Journal of Finance*, v.19, n.3, p.425-442, 1964.
- SIMON, H.A. A behavioral model of rational choice. *Quarterly Journal of Economics*, v.69, n.1, p.99-118, 1955.
- _____. *Models of man*. New York: Wiley, 1957.
- _____. The architecture of complexity. *Proceedings of the American Philosophical Society*, v.106, n.6, p.467-482, Dec. 1962.
- _____. *The sciences of the artificial*. 3rd ed. Cambridge: MIT Press, 1996.
- SMITH, J.M. *Evolutionary genetics*. New York: Oxford University Press, 1989.
- SMUTS, J.C. *Holism and evolution*. London: Macmillan, 1926.
- STEIN, D.L. *Spin glasses and biology*. London: World Scientific, 1992.
- STERMAN, J.D. A skeptic's guide to computer models. In: BARNEY, G.O. et al. (Ed.). *Managing a nation: the microcomputer software catalog*. Boulder: Westview Press, 1991. p.209-229.
- TALAGRAND, M. *Spin glasses: a challenge for mathematicians. Cavity and mean field models*. Berlin: Springer Verlag, 2003.
- TEECE, D. Technological change and the nature of the firm. In: DOSI, G.; FREEMAN, C.; NELSON, R.; SILVERBERG, G.; SOETE, L. (Ed.). *Technical change and economic theory*. London: Pinter Publishing, 1988.
- TEECE, D.; PISANO, G.; SHUEN, A. Dynamic capabilities and strategic management. *Strategic Management Journal*, v.18, n.7, p.509-533, 1997.
- THOM, R. *Structural stability and morphogenesis: an outline of a general theory of models*. Reading: W.A. Benjamin, 1975.
- THOMPSON, D. *Organizations in action*. New York: McGraw-Hill, 1967.
- TOULOUSE, G.; DEHAENE, S.; CHANGEUX, J.P. Spin glass model of learning by selection. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, v.83, n.6, p.1695-1698, 1986.
- TRIPSAS, M.; GAVETTI, G. Capabilities, cognition, and inertia: evidence from digital imaging. *Strategic Management Journal*, v.21, n.10-11, p.1147-1161, 2000.
- VAN DE VEN, A. Review of Howard Aldrich's organizations and environments. *Administrative Science Quarterly*, v.24, p.320-326, 1979.
- VON BERTALANFFY, L. *General system theory: foundations, development, applications*. New York: G. Braziller, 1968.
- WEINBERGER, E. Local properties of Kauffman's NK model: a tunably rugged energy landscape. *Physics Review A*, v.44, n.10, p.6399-6413, 1991.
- WEISBUSH, G. *Complex systems dynamics: an introduction to automata networks*. Reading: Addison-Wesley, 1991.

REFERÊNCIAS

WERNERFELT, B. A resource-based view of the firm. *Strategic Management Journal*, v.5, n.2, p.171-180, 1984.

WERTHEIMER, M. Gestalt theory. In: ELLIS, W.D. (Ed.). *A source book of Gestalt psychology*. London: Routledge & Kegan Paul, 1938. p.1-11.

WILSON, E.; BOSSERT, W. *A primer of population biology*. Sunderland: Sinauer Associates, 1971.

WINTER, S.G. Developing evolutionary theory for economics and management. In: HITT, M.; SMITH, K.G. (Ed.). *The Oxford handbook of management theory*. Oxford: Oxford University Press, 2005.

WOLFRAM, S. Statistical mechanics of cellular automata. *Reviews of Modern Physics*, v.55, n.3, p.601-644, 1983.

WRIGHT, S. The roles of mutation, inbreeding, crossbreeding and selection in evolution. In: ANNUAL INTERNATIONAL CONGRESS OF GENETICS, 6., 1932, Ithaca, New York. *Proceedings...* New York: Cornell University, 1932. v.1, p.356-366.

ZOTT, C. Dynamic capabilities and the emergence of intra-industrial differential firm performance: insights from a simulation study. *Strategic Management Journal*, v.24, n.2, p.97-125, 2003.

ABSTRACT

Complexity theory and adaptation landscapes

This article aims to investigate the dynamics of the strategic positioning of companies from a complexity theory approach. Through the application of the concept of adaptation landscapes, the authors develop an algorithm based on Kauffman's NK(C) model. This enables them, using an analogy with biological evolution as their starting point, to evaluate how organizational complexity elements can influence the competitive structure of an industry. In this study, the authors simulate combinations of scenarios in which relevant variables of organizations are internally interdependent as well as dependent on external variables. The results suggest that: when there is high internal complexity, sustainable competitive advantages may develop, due to skills in managing capabilities and resources; when there is external complexity, the difficulty of optimization in a rugged adaptation landscape may imply a need for adopting a vertical integration strategy; when entrance barriers are too restrictive, the industry is characterized by a high genetic load, implying a high number of strategies and low performance efficiency; and the possibility of restructuring may avoid inertia and, in complex environments, industry may achieve higher performance strategies.

Keywords: strategy, complexity, Kauffman's landscape.

RESUMEN

Teoría de la complejidad y paisajes adaptativos: aplicaciones en estrategia

En este artículo, se tiene como objetivo investigar la dinámica de la posición estratégica de empresas, según el punto de vista de la teoría de la complejidad. Por medio de la aplicación del concepto de paisaje adaptativo, se desarrolla un algoritmo basado en el modelo NK(C) de Kauffman, que posibilita, a partir de una analogía con la evolución en biología, evaluar cómo elementos asociados a las complejidades organizacionales afectan la estructura competitiva de una industria. En este estudio, se simulan varias combinaciones de escenarios, en los que variables relevantes de las organizaciones son interdependientes internamente, así como dependientes de variables externas. Los resultados sugieren que: cuando hay alta complejidad interna, ventajas competitivas sustentables pueden ocurrir, en función de la habilidad de gestión de competencias y recursos; cuando hay complejidad externa, la dificultad de optimización en un paisaje adaptativo accidentado puede implicar la necesidad de adopción de una estrategia de integración vertical; cuando las barreras de entrada son altas, la industria está caracterizada por carga genética elevada, lo que implica gran diversidad estratégica y baja eficacia; y la posibilidad de reestructuración puede evitar inercia, llevando a que, en ambientes complejos, se alcancen puntos de mayor desempeño.

Palabras clave: estrategia, complejidad, paisaje de Kauffman.