

**CONTRIBUIÇÃO DA ABORDAGEM *SYSTEM DYNAMICS* NA COMPREENSÃO DA  
COMPETITIVIDADE DE *CLUSTERS* DE NEGÓCIOS**

**CONTRIBUTION OF SYSTEM DYNAMICS APPROACH IN UNDERSTANDING OF  
COMPETITIVENESS CLUSTER BUSINESS**

**CONTRIBUCIÓN DEL SISTEMA DE DINÁMICA ENFOQUE EN LA COMPRESIÓN  
DEL NEGOCIO DEL GRUPO DE COMPETITIVIDAD**

**André Alarcon de Almeida Prado**

Mestre pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – EPUSP

E-mail: [andre@atlastranslog.com.br](mailto:andre@atlastranslog.com.br) (Brasil)

**Eder Moreno Ferragi**

Mestrando em Engenharia de Produção pela Universidade Paulista – UNIP

Professor da Universidade Paulista – UNIP

E-mail: [edermf@hotmail.com](mailto:edermf@hotmail.com) (Brasil)

**João Maurício Gama Boaventura**

Doutor em Administração pela Universidade de São Paulo – USP

Professor da Universidade de São Paulo – USP

E-mail: [jboaventura@usp.br](mailto:jboaventura@usp.br) (Brasil)

**Renato Telles**

Doutor em Administração pela Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da  
Universidade de São Paulo – FEA/USP

Professor da Universidade Paulista – UNIP

E-mail: [rtelles@unip.br](mailto:rtelles@unip.br) (Brasil)

## CONTRIBUIÇÃO DA ABORDAGEM *SYSTEM DYNAMICS* NA COMPREENSÃO DA COMPETITIVIDADE DE *CLUSTERS* DE NEGÓCIOS

### RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo a constituição de um modelamento exploratório da operação de clusters de negócios por meio da abordagem *System Dynamics*, considerando, como fatores intervenientes do processo, os fundamentos da performance competitiva de clusters, proposto por Zaccarelli, Telles, Siqueira, Boaventura e Donaire (2008). Por meio da estruturação, segundo a metodologia *system dynamics*, da interação dos efeitos sistêmicos, responsáveis pelo estágio competitivo desses arranjos inter-organizacionais, segundo os autores, foram desenvolvidos diagramas causais para cada fundamento. Como principais resultados, o mapeamento das interações dinâmicas ofereceu uma nova perspectiva teórica e gerencial sobre operação e competitividade de clusters de negócios.

**Palavras-chave:** Cluster; *System Dynamics*; Competitividade de Clusters; Estratégia; Arranjos Produtivos Locais (APL).

## CONTRIBUTION OF SYSTEM DYNAMICS APPROACH IN UNDERSTANDING OF COMPETITIVENESS CLUSTER BUSINESS

### ABSTRACT

The present study aimed to set up a modeling exploratory operation of business clusters through System Dynamics approach, considering factors involved in the process, the fundamentals of competitive performance clusters proposed by Zaccarelli, Telles, Siqueira, Boaventura e Donaire (2008). By structuring, according to the system dynamics methodology, the interaction of systemic effects, responsible for the competitive stage of these inter-organizational arrangements, according to the authors, causal diagrams were developed for each foundation. As main results, mapping the dynamic interactions offered a new theoretical perspective on management and operation and competitiveness of business clusters

**Keywords:** Cluster; System Dynamics; Competitiveness Clusters; Strategy; Local Productive Arrangements (APL).

## CONTRIBUCIÓN DEL SISTEMA DE DINÁMICA ENFOQUE EN LA COMPRESIÓN DEL NEGOCIO DEL GRUPO DE COMPETITIVIDAD

### RESUMEN

Este trabajo apunta a establecer un modelado exploratorio de las agrupaciones empresariales de operación a través de enfoque de la Dinámica de Sistemas , teniendo en cuenta factores como el involucrado en el proceso , los fundamentos del desempeño competitivo de clusters propuestos por Zaccarelli , Telles , Siqueira , Boaventura y Donaire ( 2008 ) . Por estructuración , de acuerdo con la metodología de dinámica de sistemas , la interacción de los efectos sistémicos , responsables de la fase competitiva de estos acuerdos entre organizaciones , de acuerdo con los autores , los diagramas causales fueron desarrollados para cada fundación . Como principales resultados , la cartografía de las interacciones dinámicas ofreció una nueva perspectiva teórica y de gestión sobre el funcionamiento y la competitividad de los clusters empresariales.

**Palabras-clave:** Cluster; La Dinámica de Sistemas; Polos de Competitividad; Estrategia; Arreglos Productivos Locales (APL ).

## 1 INTRODUÇÃO

Embora a existência de agrupamentos de empresas de um mesmo ramo de atividades em determinada localidade geográfica não seja um fato recente, o interesse pela sua compreensão e o reconhecimento de sua importância econômica e social desenvolveu-se a partir das últimas duas décadas basicamente (Altenburg & Meyer-Stamer, 1999; Milaneze & Batalha, 2008; Schmitz & Nadvi, 1999; Knorringa, 1999; Porter, 1990).

Pode-se admitir que a publicação do livro *A Vantagem Competitiva das Nações* de Porter (1990) constituiu um marco decisivo para focalização de concentrações locais de empresas produzindo produtos correlatos como objeto de estudo. O autor, respaldado por uma extensa e abrangente pesquisa, concluiu que a vantagem competitiva em determinados produtos com liderança mundial em diferentes países estava associada a aglomerações regionais e não às respectivas nações.

Desde então, diferentes abordagens teóricas orientadas para a análise dessas concentrações, batizadas de clusters por Porter (1990), vem sendo desenvolvidas (Saxenian, 1994; Tallman, Jenkins, Henry, & Pinch, 2004; Mesquita, 2007; Zaccarelli, Telles, Siqueira, Boaventura, & Donaire, 2008). As pesquisas desenvolvidas, em particular por esses autores, indicaram que as economias externas advindas da configuração de agrupamentos dessa natureza, como acesso e posição de negociação favorecidos em relação a fornecedores, redução de custos de transporte e disponibilidade de competências especializadas, entre outros atributos associados a aglomerações de negócios correlatos, não eram suficientes para justificar a capacidade competitiva desses arranjos. Schmitz e Nadvi (1999) sugerem que clusters de negócios potencialmente tem acesso a benefícios adicionais relevantes baseados em ganhos de eficiência relacionados à construção de conhecimento coletivo, o que esses autores denominam de "busca consciente de uma ação conjunta".

A concepção de clusters de negócios proposta por Zaccarelli *et al.* (2008) baseia-se na compreensão estratégica desses agrupamentos como um sistema íntegro de nível superior às organizações componentes da concentração de negócios. Essa perspectiva entende que a competitividade diferencial demonstrada por esses arranjos deriva da manifestação de efeitos sistêmicos por esses. Ou seja, segundo esses autores, uma concentração de empresas deve ser reconhecida como um cluster de negócios se, e somente se, além dos efeitos ligados a economias externas (denominados primários por Zaccarelli *et al.* (2008)), observarem-se efeitos sistêmicos associados ao agrupamento (por exemplo, especialização de empresas, cooperação entre

organizações, presença de cultura relacionada ao cluster, entre outros). Esse construto oferece bases consistentes na compreensão dos processos gênese, evolução e involução dos clusters. De acordo com esse raciocínio, a chave do entendimento da capacidade de competir desses agrupamentos estaria relacionada aos efeitos secundários (sistêmicos), denominados por esses pesquisadores como Fundamentos da Performance Competitiva. A análise desses fundamentos oferece alternativa estruturada de avaliação diagnóstica da competitividade de clusters.

A Dinâmica de Sistemas (*System Dynamics*) é uma abordagem proposta e desenvolvida na década de 50 pelo engenheiro eletricitista Jay Forrester na escola de administração *Sloan School of Management* do *Massachusetts Institute of Technology - MIT*. Em 1961, Forrester (1961) publicou o livro *Industrial Dynamics* que se tornou o marco conceitual da disciplina. Entretanto, essa proposta teórica efetivamente assumiu o *status* de modelo de compreensão e solução de problemas a partir da publicação de dois *best sellers*, *Urban Dynamics* e *World Dynamics*, por Forrester e o ex-prefeito de Boston, John F. Collins, que trabalhava na época (1968) como professor visitante no MIT.

Para o autor, a expansão do uso dessa metodologia, desde a modelagem de concentrações urbanas nas décadas de 60 e 70 até o desenvolvimento de simuladores de voos gerenciais, passando por construção de plataformas de gestão em grandes corporações ao redor do mundo; a abordagem do System vem demonstrando sua robustez como ferramenta auxiliar em várias áreas do conhecimento, fornecendo um instrumento orientado para a compreensão do comportamento de sistemas complexos ao longo do tempo.

No Brasil, Zaccarelli *et al.* (2008) faz referência ao livro de Forrester (1961), "*Industrial Dynamics*", como um dos exemplos sobre a origem do alinhamento em sistemas supra-empresariais, processo decisivo na constituição desses sistemas inter-organizacionais complexos. A Dinâmica de Sistemas, como uma metodologia capaz de captar consistentemente efeitos de recursividade (retroalimentação e balanceamento dinâmico de fluxos e estoques, entre outros) oferece instrumentalização apropriada para uma perspectiva mais precisa da complexidade evolutiva de sistemas complexos, como clusters de negócios, segundo Zaccarelli *et al.* (2008).

Nesse sentido, o presente trabalho se propõe ao desenvolvimento de uma contribuição à compreensão da competitividade de clusters de negócios, entendidos como sistemas complexos, segundo a abordagem de *System Dynamics*, disponibilizando novas oportunidades de desenvolvimento sobre o tema. A literatura envolvendo pesquisas que conjugaram a perspectiva de dinâmica de sistemas no estudo de clusters de negócios sugere a capacidade dessa metodologia na investigação de arranjos organizacionais desse tipo (Buendía, 2005; Lin, Tung, & Huang 2006; Teeksap, 2009), ou, em outras palavras, "por meio da abordagem System Dynamics é possível

investigar os fatores que afetam os clusters” (Jan, Chan, & Teng, 2012). Deve-se reconhecer que a modelagem proporcionada pela Dinâmica de Sistemas oferece suporte, aos tomadores de decisões, para previsões sobre o desenvolvimento do cluster a partir de um mapa dinâmico (*causal loop diagram*) das relações estabelecidas entre fatores intervenientes na sua dinâmica (Lin *et al.*, 2006). Assim, como objetivo geral do presente estudo, adotou-se a constituição de um modelamento exploratório da operação de clusters de negócios por meio da abordagem *System Dynamics*, considerando, como fatores intervenientes do processo, os fundamentos da *performance* competitiva de clusters, proposto por Zaccarelli *et al.* (2008). Como objetivos secundários, foram arrolados: (i) levantamento de publicações sobre *System Dynamics* aplicado em clusters; (ii) identificação de modelos desenvolvidos nesses artigos; (iii) Modelagem dos fundamentos de competitividade de clusters de Zaccarelli *et al.* (2008), sob a abordagem do *System Dynamics*.; e (iv) avaliação da potencialidade no desenvolvimento do modelo e possibilidades de trabalhos futuros.

A organização do trabalho está estruturada em 6 seções: (1) Introdução, com a discussão sobre objeto de estudo, abordagem do estudo, contribuição, propósito e relevância; (2) Fundamentação Teórica, onde apresenta-se os resultados da pesquisa bibliográfica da utilização da abordagem *system dynamics* em clusters; (3) Modelo de Competitividade de Clusters, compreendendo a apresentação do modelo de competitividade de Zaccarelli *et al.* (2008), suas premissas e sua modelagem segundo a abordagem *System Dynamics*; e (4) Metodologia, descrevendo-se o percurso da abordagem *system dynamics* do modelo de Zaccarelli *et al.* (2008); (5) Resultados, com a exibição dos diagramas causais por fundamento; e (6) Considerações Finais, discutindo-se contribuições, limitações e possibilidades de aplicações futuras.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A revisão da literatura, como processo de partida para a construção da plataforma de conhecimento envolvendo a utilização conjugada de dinâmica de sistemas no estudo de clusters, foi desenvolvida com o uso da ferramenta de busca eletrônica *Vera Multi-Search*, que permite ao usuário pesquisar em múltiplas bases virtuais de dados de forma simultânea. Fundamentada na base de dados do *MIT Libraries* do *Massachusetts Institute of Technology*, com mais de três milhões de volumes impressos e acesso a mais de 55 mil bancos de dados e “*journals*” eletrônicos, o *Vera Multi-Search* consolida em um único resultado uma pesquisa abrangente em diferentes bases de

dados. A pesquisa foi conduzida, utilizando-se a busca combinada dos termos “**cluster**” e “*System Dynamics*”, com o propósito de identificar na literatura textos onde a abordagem de *System Dynamics* foi aplicada na análise de clusters. Os resultados, limitados a 29 textos com a referida combinação de palavras, corroboraram a afirmação Lin *et al.* (2006) de que “através de uma revisão da literatura foram encontrados poucos estudos que utilizam *System Dynamics* para investigar os fatores que afetam os clusters industriais”.

## 2.1 APLICAÇÕES DO *SYSTEM DYNAMICS* NO ESTUDO DE CLUSTERS DE NEGÓCIOS

A análise dos 29 trabalhos, levantados na busca, identificou 21 artigos, onde a presença dos termos de seleção apresentavam-se como contextuais, não constituindo a base de interesse da pesquisa, e 8 artigos relevantes para a presente investigação, onde o modelo *System Dynamics* foi utilizado para exame e avaliação de clusters. Destes 8 artigos, quatro tratam da conceituação da modelagem dos dados como abordagem apropriada a investigação de clusters de negócios, oferecendo referências efetivas para o desenvolvimento da proposta desse estudo. Outros três trabalhos constituem pesquisas empíricas aplicadas a cluster específico, considerando, portanto, etapa posterior a que se propõe o escopo do presente estudo. Um último trabalho ofereceu informação complementar pela discussão de cluster como cadeias de empresas espacialmente dispersas, não focalizando efetivamente concentrações geográficas de negócios; a abordagem alinha-se, nesse sentido, ao conceito de rede de negócios, apresentado por Zaccarelli *et al.* (2008), não oferecendo, desse modo, referência relevante para o alcance dos objetivos da presente investigação.

A relação dos oito trabalhos, cuja perspectiva, metodologia e resultados em alguma medida apresentam interesse e relação com a linha de investigação adotada nesse estudo, encontram-se listados na Figura 1, especificando-se, além de autor e título, a abordagem e o ano de publicação.

**Figura 1** - Relação dos estudos de clusters através da modelagem de *system dynamic*

ESTUDOS DE SYSTEM DYNAMICS APLICADOS A CLUSTERS			
DATA	AUTOR	TÍTULO	ABORDAGEM
2005	BUENDIA, F. 2005	Increasing returns to economic activity concentration	Conceitual
2005	DANGELICO, R. M.; GARAVELLI, A. C.; PETRUZZELLI, A. M.	A system dynamics model to analyze technology districts' evolution in a knowledge-based perspective	Aplicado - Distrito aeroespacial de Seattle - USA
2005	ARELLANO, I.; FIERRO, T.; MORALES, G.; SÁNCHEZ, C.; PÉREZ, G.	Modeling the development of a biotechnological cluster	Aplicado - Segmento de Biotecnologia - México
2006	LIN, C-H; TUNG, C-M; HUANG, C-T	Elucidating the industrial cluster effect from a system dynamics perspective	Conceitual
2008	MA, L.; HUANG, T.	System dynamics analysis on the evolution of logistics cluster	Conceitual com foco em Logística
2009	TEKSAP, P.	Cluster formation and government policy: system dynamics approach	Conceitual
2010	HUANG, H-Y; LIU, Z-X.	A system dynamics model of cross-chain inventory control for cluster supply chain with third-party logistics	Aplicado - Rede de Negócios
2012	JAN, C-G; CHAN, C-C; TENG, C-H.	The effect of clusters on the development of the software industry in Dalian, China	Aplicado - Distrito de Software de Dalian - China

Fonte: Elaborado pelos autores.

## 2.2 ABORDAGENS CONCEITUAIS DO *SYSTEM DYNAMICS* NO ESTUDO DE *CLUSTERS*

Da Figura 1, depreende-se a identificação de 4 trabalhos, classificados como abordagens conceituais do *system dynamics* no estudo de clusters. O artigo de Fernando Buendía (2005) utiliza o modelo *system dynamics* na análise da natureza de auto-organização e da estrutura espacial de clusters industriais, com fundamento nos conceitos teóricos de Porter (1990) e Krugman (1991a, 1991b, 1996a e 1996b) sobre as fontes de crescentes retornos das atividades econômicas em aglomerações. O autor aponta como principais variáveis associadas aos crescentes retornos econômicos como: (a) vantagem competitiva; (b) crescimento econômico e concentração de manufatura; (c) industrialização e urbanização; (d) clusters, conhecimento e *spillovers*; (e) clusters, inovações e empresas; (f) clusters, instituições de conhecimento e profissionais qualificados; (g) clusters e infraestrutura. Utilizando o conjunto de variáveis, através do modelo *system dynamics*, o autor conclui que a análise da emergência e evolução de um cluster industrial é resultado de um número importante de variáveis e, principalmente, das interações entre essas variáveis, ou seja, uma visão relativamente antagônica a

de Porter e Krugman, que sugeriram um limitado número de variáveis como potenciais determinantes da capacidade competitiva de concentrações de negócios correlatos, desconsiderando a dinâmica interativa entre essas variáveis como fonte geradora de expansão da competitividade.

Lin *et al.* (2006) utilizaram a perspectiva do *system dynamics* na abordagem dos fatores relacionados ao comportamento de clusters industriais, considerando o estabelecimento de vantagem competitiva. A constituição de vantagem competitiva pelo cluster é entendida como aspecto fundamental para o posicionamento no mercado de atuação e, nesse sentido, da imagem do país associada aos atributos diferenciais da oferta do cluster. Focalizando os fundamentos de competitividade das nações, propostos por Porter (1990), e no conceito de cluster como um fator de vantagem competitiva segundo Porter (1990, 1998 e 2000), os autores identificam quatro fatores interativos condicionantes da competitividade, quais sejam: (a) mão-de-obra; (b) tecnologia; (c) recursos; e (d) fluxos de mercados. Ao analisarem o efeito sistêmico dessas variáveis sobre os clusters, os autores entendem a abordagem *system dynamics* dotada de efetividade superior a outras abordagens na captação e avaliação simultânea de duas dimensões intervenientes no fenômeno: (I) condição dos quatro fatores e (II) complexidade dos relacionamentos estabelecidos entre esses quatro fatores.

Ma e Huang (2008) propuseram um modelo conceitual para análise específica de clusters de serviços logísticos, e, embora não tenham desenvolvido uma análise empírica para um caso particular, afirmam que a utilização da abordagem *system dynamics* torna mais compreensivo o sistema constituído por clusters logísticos, favorecendo sobremaneira a decisão e a adoção de políticas para o cluster. Os autores consideraram em seu trabalho as seguintes variáveis: (a) demanda; (b) inovação; (c) mão-de-obra; (d) divisão de recursos e sinergias; (e) apoio governamental; (f) atração de investimentos; e (g) efeitos negativos.

Teekasap (2009) desenvolveu um modelo conceitual com pretensões generalizantes, baseado na abordagem *system dynamics* no estudo dos efeitos de políticas governamentais na formação e desenvolvimento de clusters industriais, orientados para promoção da exportação, estabelecimento de infraestrutura de pesquisa e treinamento e formação de parque industrial (Porter, 2000). Ao utilizar uma perspectiva dinâmica de retroalimentação dos efeitos que impactam sobre os fatores que atuam na criação e desenvolvimento dos clusters, o autor inova com relação à maioria dos estudos sobre clusters, baseados em uma percepção estática de interveniência de cada um dos fatores. No desenvolvimento de sua análise, Teekasap (2009) considera as seguintes variáveis: (a) mão-de-obra; (b) empregos; (c) taxa de desemprego; (d) salário médio; (e) demanda do mercado; e (f) capacidade de produção.

### 2.3 ABORDAGENS EMPÍRICAS DO *SYSTEM DYNAMICS* NO ESTUDO DE *CLUSTERS*

Dangelico, Garavelli, & Petruzzelli (2010) examinaram a complexidade dinâmica gerada pela combinação de processos associados a conhecimento, proximidade e processos de aglomeração, segundo Porter (1998), em distritos de tecnologia por meio da abordagem *system dynamics*. Para cada uma dessas três variáveis, são definidos grupos de termos capazes de representá-las adequadamente. Simulações foram desenvolvidas, visando a avaliação da sensibilidade do compartilhamento de conhecimento e do processo de aglomeração em relação a diferentes valores de proximidade para um distrito real de alta tecnologia, representado pelo distrito aeroespacial de Seattle, USA. As conclusões do estudo apontam para a utilidade do entendimento da relação entre conhecimento, proximidade e comportamento de um distrito tecnológico, como base para a definição de políticas apropriadas para seu crescimento e desenvolvimento.

O estudo de Jan *et al.* (2012) utiliza a abordagem *system dynamics* como metodologia de compreensão dos fenômenos de formação e de evolução do cluster de Dalian, na China, operando no mercado de *software*. Os autores adotaram, como plataforma teórica, os conceitos de cluster e competitividade das abordagens de Porter (1998) e Krugman (1991b), e, com base nas variáveis talento, tecnologia e capital, avaliaram com o auxílio da perspectiva *system dynamics*, o impacto desses fatores nos processos de formação e evolução do cluster objeto do estudo. Os autores, além de enfatizarem a influência de talento, tecnologia e capital na constituição e dinâmica evolutiva do cluster, sublinham que esses fatores potencialmente estão associados a escala da produção, vantagem competitiva, rentabilidade das empresas localizadas no cluster, gargalos, restrições em termos de talentos, tecnologia e capital. Ainda, de forma destacada, o artigo indica a importância do papel do governo em prover infraestrutura capaz de suportar o desenvolvimento do referido cluster.

O trabalho de Arellano, Fierro, Morales, Sánchez e Pérez (2005) aplica a abordagem *system dynamics* na investigação do processo de desenvolvimento de um cluster de biotecnologia no México. Partindo das perspectivas de atratividade da região para investimento estrangeiro e geração de competitividade, os autores sugeriram a existência de fundamentos-chave, que potencialmente permitiram a obtenção de fundos públicos e privados necessários ao desenvolvimento de projetos e pesquisas e, nesse sentido, viabilizariam a produção de patentes e conduziriam ao aumento da competitividade.

## 2.4 ABORDAGENS EMPÍRICAS DO *SYSTEM DYNAMICS* NO ESTUDO DE REDES DE NEGÓCIOS

Huang e Liu (2010) fundamentam a abordagem de cluster no conceito de concentração geográfica de Porter (1998), todavia, os autores incorporaram à abordagem o conceito de integração, com base nos relacionamentos cliente-fornecedor e na cultura da promessa-confiança, que implica a constituição de “múltiplas cadeias paralelas no mesmo cluster”. Nesse sentido, o trabalho utiliza, como base de análise, o conceito de *cluster supply chain*, proposto por Li (2007). Pode-se admitir que a concepção embutida no construto *cluster supply chain* converge com o conceito de redes de negócios, proposta por Zaccarelli *et al.* (2008). Optou-se por relacionar o referido trabalho, pela apresentação de resultados concretos sobre a avaliação do efeito da relação entre duas cadeias presentes em um mesmo cluster, com enfoque em redução de estoques, utilizando a abordagem *system dynamics* como instrumento de análise.

## 2.5 *SYSTEM DYNAMICS* X CLUSTERS DE NEGÓCIOS: UMA SÍNTESE DO ESTADO DA ARTE

O levantamento de artigos combinando a abordagem *system dynamics* e clusters, representando efetiva relevância no estudo e avaliação crítica de concentrações regionais de negócios oferecendo produtos correlatos, segundo a perspectiva da dinâmica de sistemas, resultou em 8 trabalhos. Essas publicações, envolvendo análises conceituais (4 trabalhos) e aplicações empíricas (4 trabalhos), sugerem de forma importante a robustez e a utilidade da metodologia *system dynamics* na apreensão e no avanço da compreensão de clusters de negócios.

A utilização da metodologia *system dynamics* oferece de forma particular e diferencial a capacidade de captação da interatividade entre os efeitos (ou fatores) intervenientes no desenvolvimento de sistemas complexos e a contribuição na compreensão da dinâmica evolutiva desses sistemas. Perspectivas teóricas sobre clusters, baseadas no reconhecimento dessas concentrações espaciais de negócios como sistemas complexos, apresentam-se como objetos de estudo particularmente próprios para investigação suportada por dinâmica de sistemas. As publicações, utilizadas como plataforma de conhecimento científico sobre investigações disponíveis compondo a abordagem do *system dynamics* e clusters de negócios, trataram basicamente modelos presentes na literatura segundo uma perspectiva de interação dinâmica entre os fatores sugeridos por essas proposições. O modelo de Zaccarelli *et al.* (2008) concebe clusters como entidades supra-

empresariais, ou seja, sistemas íntegros constituídos, cujo próprio reconhecimento demanda a constatação de efeitos sistêmicos observáveis. Considerando a concepção teórica de clusters adotada e a potencialidade analítica do enfoque da dinâmica de sistemas, manifesta-se como naturalmente oportuno e indicado a conjugação da abordagem *system dynamics* e o modelo de Zaccarelli *et al.* (2008).

### 3 MODELO DE COMPETITIVIDADE DE CLUSTERS DE ZACCARELLI

A diferencial capacidade de competir atribuída pela literatura de administração a clusters não encontra, no atual estado da arte, consenso sobre as condições específicas associadas às potenciais fontes dessa vantagem. Porter (1998), Krugman (1991b), além de Schmitz (1992) e Zaccarelli *et al.* (2008) propõem diferentes fatores para a compreensão do desenvolvimento desses agrupamentos e para o entendimento de sua competitividade. O modelo proposto por Zaccarelli *et al.* (2008), entretanto, adota uma abordagem diferenciada das demais em relação às condições, que conferem vitalidade competitiva a clusters de negócios.

Partindo de uma visão sistêmica e estratégica, essas condições são entendidas como efeitos sistêmicos desenvolvidos pelo arranjo inter-organizacional. Esses efeitos, batizados como fundamentos (fundamentos da performance competitiva) conferem uma perspectiva dinâmica ao processo, ou seja, incorporam efetivamente uma compreensão dotada de recursividade e processos de feedback entre as variáveis relacionadas à operação e à evolução de clusters.

Para Zaccarelli *et al.* (2008, p.26), “o fundamento deve ser entendido como uma condição vinculada à competitividade do agrupamento, cluster ou rede, de caráter potencializador da capacidade competitiva”. O modelo dos onze fundamentos de performance competitiva de clusters proposto por Zaccarelli *et al.* (2008) considera, em particular, três concepções conceituais desenvolvidas a partir da perspectiva de clusters de negócios enquanto sistemas de nível superior às empresas componentes desse sistema, quais sejam, entidade supra-empresarial, auto-organização e governança supra-empresarial, que podem ser definidas, respectivamente, como:

Entidade supra-empresarial se constitui em um sistema instituído pela inter-relação de um conjunto de negócios relacionados a determinado produto, linha, categoria ou mercado, em que o processo de integração e a dinâmica das relações entre as organizações implicam efeitos sistêmicos de amplificação da capacidade competitiva do sistema e de seus componentes em relação a empresas situadas externas a ele (p.44);

Auto-organização supra-empresarial constitui um processo de caráter espontâneo e evolutivo resultante do conjunto de efeitos sistêmicos decorrentes das relações estabelecidas em uma entidade supra-empresarial (dos negócios entre si e com o ambiente), caracterizado pelo desenvolvimento de condições mais complexas e progressivamente mais competitivas ao longo do tempo (p.46);

Governança supra-empresarial constitui o exercício de influência orientadora de caráter estratégico de entidades supra-empresariais, voltado para a vitalidade do agrupamento, compondo competitividade e resultado agregado e afetando a totalidade das organizações componentes do sistema supra-empresarial (p.52).

Os autores, considerando a complexidade associada aos fatores relacionados à capacidade competitiva de sistemas supra-empresariais, segundo uma perspectiva sistêmica e, nesse sentido, de interações dinâmicas, apontaram elementos distintivos na avaliação de sua competitividade, associada a seu estágio evolutivo.

O resultado dessa construção conceitual, baseia-se na presença de 5 efeitos primários, “observados ao exame focalizado de cada uma das empresas componentes do agrupamento”, em alguma medida comparáveis às condições propostas por outros autores, e de 11 efeitos secundários de natureza sistêmica, “observados ao exame do agrupamento como sistema” (Zacarelli et al., 2008, p.70) (Figura 2).

**Figura 2 - Fundamentos da performance competitiva de clusters**

FUNDAMENTO		IMPACTO NA COMPETITIVIDADE	
		CAUSA	EFEITO
1º Grupo: viável por auto-organização; não demanda governança			
1	CONCENTRAÇÃO geográfica	Diferencial competitivo na atração de clientes, pela isenção de despesas específicas.	Percepção dos clientes de variedade superior, ampliação da escolha de fornecedor e garantia em preços.
2	ABRANGÊNCIA de negócios viáveis e relevantes	Diferencial competitivo no atendimento e no menor custo associado ao acesso de suprimentos.	Custos de acesso inferiores; redução da necessidade de estoques/prazos de reposição (distância de fornecedores).
3	ESPECIALIZAÇÃO das empresas	Diferencial competitivo na velocidade de desenvolvimento com investimentos e custos inferiores.	Especialização de negócios favorece redução de despesas de operação e diminuição do volume de investimento.

Contribuição da Abordagem *System Dynamics* na Compreensão da Competitividade de *Clusters* de Negócios

4	<b>EQUILÍBRIO com ausência de posições privilegiadas</b>	Diferencial competitivo no menor custo agregado do conjunto dos negócios.	Lucros equilibrados e não relativamente altos, devido à competição entre os negócios.
5	<b>COMPLEMENTARIDADE utilização de subprodutos</b>	Diferencial competitivo ligado à redução de custos decorrente da eficiência agregada.	Favorecimento da presença e estabelecimento de novos negócios e aporte de receita adicional.
6	<b>COOPERAÇÃO entre empresas do cluster</b>	Diferencial competitivo devido a transferências e desenvolvimento compartilhado de competências.	Aumento da competitividade devido à impossibilidade de contenção de troca de informações entre negócios.
7	<b>SUBSTITUIÇÃO seletiva de negócios do cluster</b>	Diferencial competitivo vinculado à presença permanente de empresas competitivas.	Extinção de negócios com baixa competitividade por fechamento da empresa ou mudança de controle.
8	<b>UNIFORMIDADE do nível tecnológico</b>	Diferencial competitivo na evolução e acesso à tecnologia na produção e oferta das empresas.	Estímulo ao desenvolvimento tecnológico e, pela proximidade geográfica, uniformização de tecnologia.
9	<b>CULTURA da comunidade adaptada ao cluster</b>	Diferencial competitivo ligado ao sentimento de inclusão e orgulho dos trabalhadores das empresas do cluster.	Aumento de motivação e satisfação com reconhecimento da comunidade em relação à posição relacionada a trabalho.
2º Grupo: inviável por auto-organização; demanda governança			
10	<b>CARÁTER EVOLUCIONÁRIO por introdução de (novas) tecnologias</b>	Movimento de intervenção, pois tendência de uniformidade tecnológica desestimula inovações.	Diferencial competitivo resultante de inovação (redução de custos, ampliação de mercado, etc.).
11	<b>ESTRATÉGIA DE RESULTADO orientada para cluster</b>	Movimento de intervenção, como adoção de estratégias de combate a clusters oponentes, por exemplo.	Gestão baseada em ampliação da capacidade de competir versus resultado/lucro agregado do cluster.

Fonte: Adaptado de Zaccarelli *et al.* (2008, p.24).

Os efeitos sistêmicos, constituindo a inovação relevante e consistentemente justificada, oferecem uma concepção de operação dinâmica em clusters de negócios. Os onze fundamentos propostos, refletindo os efeitos secundários da concentração de negócios (que lhe caracteriza-se como um sistema íntegro), são listados na Figura 2, onde se apresentam impactos na competitividade relacionados a cada fundamento.

Observa-se que os nove primeiros fundamentos independem da existência de governança supra-empresarial, estando associados ao processo de auto-organização. Os dois últimos fundamentos, por sua vez, só existirão na presença de uma governança constituída. A partir desse construto teórico, oferecendo como plataforma de investigação a operação de um sistema complexo (clusters de negócios), cujas variáveis presentes (fundamentos) fornecem uma avaliação diagnóstica de sua capacidade competitiva, a abordagem do *system dynamics* consiste em uma ferramenta de investigação particularmente oportuna no avanço da compreensão desses arranjos.

Pesquisas com mote semelhante, embora aplicado à outra concepção conceitual de clusters, como Lin, Tung e Huang (2006), disponibilizaram contribuição relevante (Figura 3). Nesse estudo, os autores lançam mão do conceito de cluster de Porter (1990, 1998 e 2000), segundo uma visão sistêmica do comportamento de clusters industriais (*industrial cluster effect*), propondo-se uma compreensão dinâmica das condições que impactam no comportamento do cluster (mão-de-obra; tecnologia; dinheiro; e fluxos de mercados). A representação dessa abordagem, segundo o tratamento com base no *system dynamics*, está apresentada na Figura 3.

Utilizando metodologia comparável, modelaram-se as relações causais associadas a cada um dos fundamentos descritos por Zaccarelli *et al.* (2008), conforme descrito na Figura 3, por meio da abordagem do *system dynamics*. Nesse processo, os fundamentos devem ser inter-relacionados, proporcionando uma visualização integrada dos efeitos dinâmicos no comportamento da competitividade de clusters.

Em outras palavras, sob uma perspectiva exploratória, mas consistente com o quadro teórico proposto pelos autores, desenvolveu-se conceitualmente uma composição de implicações de cada efeito sistêmico (gerado pela dinâmica sistêmica do cluster) sobre os demais efeitos sistêmicos, resultando num painel estruturado de interações sistêmicas, sugerindo potenciais mecanismos ou processos de desenvolvimento evolucionário de clusters de negócios.



#### 4 METODOLOGIA

A opção metodológica pela abordagem *system dynamics* demanda um processo de modelagem baseado no mapeamento analítico das interações e do inter-relacionamento entre as variáveis intervenientes do sistema complexo, sob uma perspectiva dinâmica. Para tanto, lançou-se mão de modelos causais na identificação das relações de causa e efeito entre os fundamentos propostos por Zaccarelli *et al.* (2008), preconizados pelos próprios autores de forma qualitativa (Zaccarelli *et al.*, 2008, p.90).

Desenvolveu-se, partindo-se do reconhecimento crítico das relações de causa e efeito entre os fundamentos, uma matriz onde os onze efeitos sistêmicos são cruzados entre si para identificação de interações e construção do modelo causal. Por meio dessa representação estruturada, foi possível estabelecer, de forma exploratória, as relações de causa e efeito de cada um dos onze fundamentos propostos por Zaccarelli *et al.* (2008) em relação aos outros dez fundamentos (Figura 5).

O padrão de análise adotado propõe, de forma genérica, um modelo oferecendo uma perspectiva adicional de entendimento da questão da competitividade aplicável a casos específicos, indicando contribuições positivas, negativas ou irrelevantes dos efeitos dinâmicos de inter-relacionamento entre fundamentos.

Com base no estudo desenvolvido das relações entre fundamentos, expressas na matriz de interação sistêmica da Figura 5, foram construídos mapas de inter-relacionamento (*causal loop diagram*) dos efeitos sistêmicos para cada fundamento, identificados simplificada e como diagramas causais.

Essas representações esquemáticas servem como modelagem para processamento em *softwares* dedicados na elaboração de diagramas integrados (no formato *system dynamics*), oferecendo uma visão compreensiva da dinâmica de sistemas complexos e capacidade de análise e simulações com dados quantitativos a exemplos aplicados (por exemplo, no caso de clusters). De acordo com a metodologia recomendada na abordagem *system dynamics*, foram utilizados quatro tipos de representação simbólica para identificar os efeitos sistêmicos provocados por um fundamento sobre outro fundamento (Figura 4).

**Figura 4** - Símbolos indicadores de causa e efeito na modelagem *system dynamics*

	+	Influência é positiva do fundamento que causa para o fundamento que recebe o efeito
	-	Influência é negativa do fundamento que causa para o fundamento que recebe o efeito
	+	Influência é positiva do fundamento que causa para o fundamento que recebe o efeito, porém apenas após um certo tempo
	-	Influência é negativa do fundamento que causa para o fundamento que recebe o efeito, porém apenas após um certo tempo

Fonte: Elaborado pelos autores.



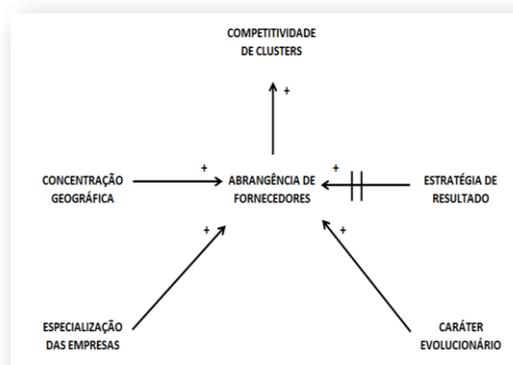
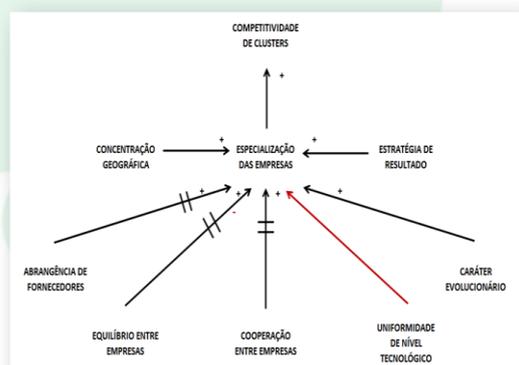
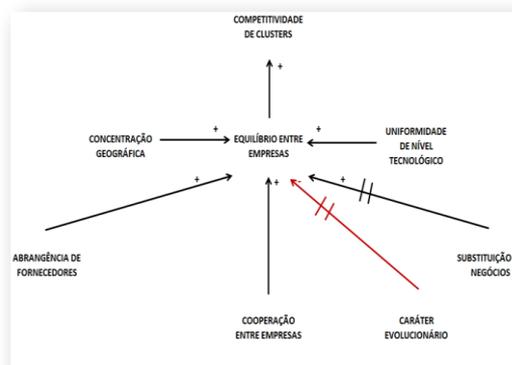
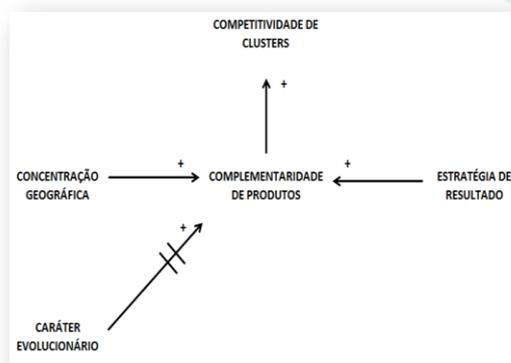
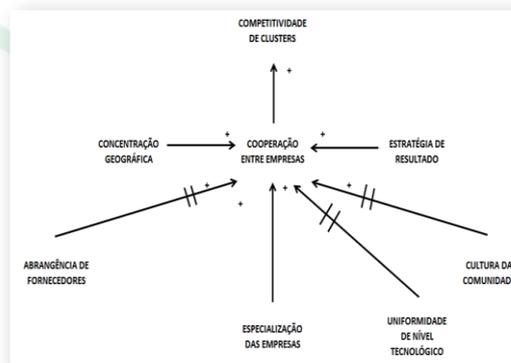
## 5 RESULTADOS

O diagrama causal, normalmente é construído através do sequenciamento de fatores que descreve o comportamento do problema analisado. Neste caso, optou-se - em função da complexidade e do volume de efeitos de interação identificados, considerando-se o propósito do trabalho e a clareza dos resultados – pela simplificação de apresentação dos diagramas, modelando-se, individualmente para cada fundamento, o conjunto de efeitos dinâmicos relacionados a outros fundamentos.

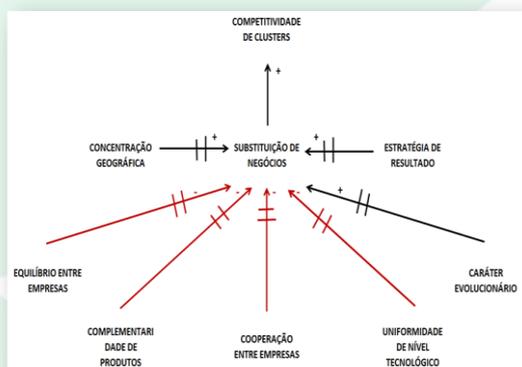
As representações, identificadas pelas Figuras 6 a 16, apresentam o resultado da modelagem desenvolvida do processamento desenvolvido, segundo a abordagem *system dynamics*, a partir da matriz de interação sistêmica entre 11 fundamentos de Zaccarelli *et al.* (2008). Ou seja, partindo-se da contribuição de cada um dos onze efeitos sistêmicos para a competitividade de clusters, preconizados por Zaccarelli *et al.* (2008), são esboçadas as relações entre cada um desses efeitos (ou fundamentos) e os demais efeitos potencialmente presentes na operação sistêmica de um cluster. Os resultados, nesse sentido, são depreendidos dos onze diagramas causais relacionados a cada um dos fundamentos da *performance* competitiva de clusters, propostos por Zaccarelli *et al.* (2008).

Detalhando-se as indicações do fundamento Cooperação entre Empresas (Figura 11), a título de exemplo de caracterização dos resultados, seria possível se reconhecer para a relação com os demais fundamentos (efeitos sistêmicos potencialmente presentes no cluster):

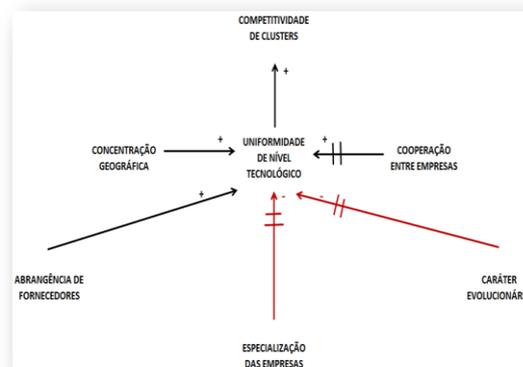
- a) Concentração Geográfica: influência positiva em função de favorecimento de natureza social e econômica;
- b) Abrangência de Fornecedores: influência positiva (com atraso), pois volume e variedade de oferta são favoráveis à cooperação (p.ex.: compras);
- c) Especialização de Empresas: influência positiva, à medida que concentração da operação de negócios potencializa integração cooperada entre negócios;
- d) Uniformidade de Nível Tecnológico: influência positiva (com atraso), considerando-se que homogeneidade tecnológica conduz à cooperação como meio estratégico de expansão competitiva;
- e) Cultura de Comunidade: influência positiva (com atraso), admitindo-se que a existência de relações sociais entre indivíduos induz/favorece cooperação entre negócios; e
- f) Estratégia de Resultado orientada para o cluster: influência positiva relacionada ao exercício da governança estimulando a cooperação como meio de busca de resultado.

**Figura 6** - Diagrama causal do fundamento Concentração Geográfica**Figura 7** - Diagrama causal do fundamento Abrangência de Fornecedores**Figura 8** - Diagrama causal do fundamento Especialização das Empresas**Figura 9** - Diagrama causal do fundamento Equilíbrio entre Empresas**Figura 10** - Diagrama causal do fundamento Complementaridade de Produtos**Figura 11** - Diagrama causal do fundamento Cooperação entre Empresas

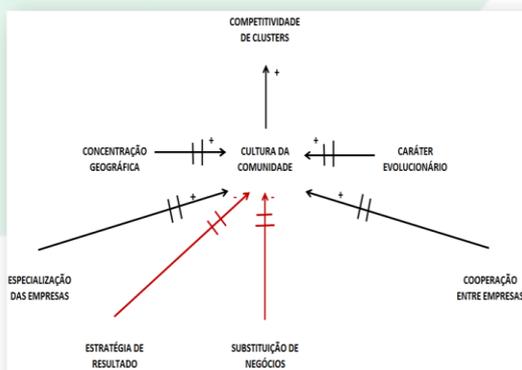
**Figura 12** - Diagrama causal do fundamento Substituição de Negócios



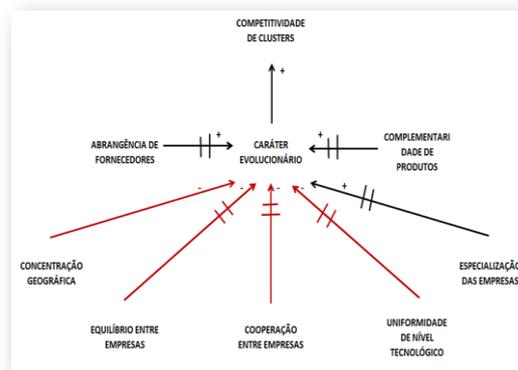
**Figura 13** - Diagrama causal do fundamento Uniformidade Tecnológica



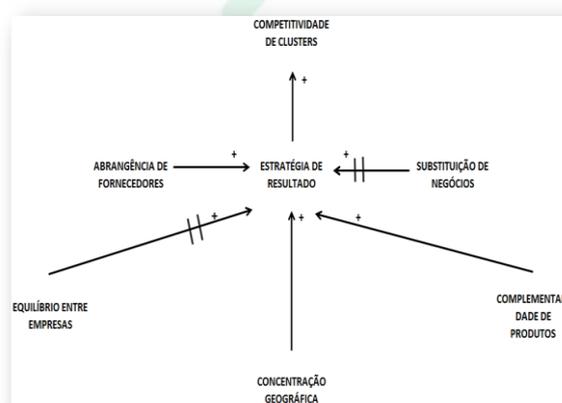
**Figura 14** - Diagrama causal do fundamento Cultura da Comunidade



**Figura 15** - Diagrama causal do fundamento Caráter Evolucionário



**Figura 16** - Diagrama causal do fundamento Estratégia de Resultado



Fonte: Elaborado pelos autores.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O levantamento compreensivo de publicações sobre *system dynamics* aplicado em clusters indica a existência de uma literatura limitada a 8 trabalhos, provavelmente em função do fato da maioria das abordagens de clusters não partirem de uma concepção sistêmica desse arranjo inter-organizacional. Uma evidência circunstancial dessa avaliação seria a prevalência de estudos conceituais, com a pretensão de oferecer aproximações compreendendo interatividade entre variáveis associadas à operação e à competitividade de clusters de negócios.

Os modelos desenvolvidos nesses artigos, classificados como conceituais e aplicados, evidenciam basicamente dois tipos de investigação: (a) abordagens conceituais orientadas para o entendimento da competitividade ou para indicação de estratégias e políticas de desenvolvimento; e (b) abordagens aplicadas voltadas para a construção de conhecimento sobre formação e evolução de clusters ou mais focalizados na constatação e avaliação da interação entre fatores vinculados a clusters.

Em síntese, mesmo se considerando a relativa escassez de trabalhos abordando clusters, tomando como base o ferramental disponibilizado pela perspectiva *system dynamics*, exemplos, como do estudo desenvolvido por Lin *et al.* (2006), de natureza conceitual, sugerem a viabilidade e a robustez da aplicação da abordagem *system dynamics* na investigação dessas concentrações de negócios. O modelo de Zaccarelli *et al.* (2008), nesse sentido, oferece uma plataforma teórica distinta das anteriormente propostas, por compreender conceitualmente clusters como sistemas supra-empresarias, incorporando noções de processos complexos como auto-organização e instituição de governança.

A concepção do modelo de Zaccarelli *et al.* (2008), relacionando a capacidade competitiva de um cluster a efeitos sistêmicos observáveis, denominados fundamentos, não apenas contempla uma perspectiva de interações dinâmicas entre efeitos, oferecendo base para uma avaliação de sua competitividade, como apresenta esse tipo de aglomeração como um objeto de estudo naturalmente modelável, segundo a abordagem do *system dynamics*. Procedendo-se a análise crítica das relações de causa e efeito entre os fundamentos e estruturando-se os resultados segundo diagramas causais (metodologia *system dynamics*), tornam-se apreciáveis interações positivas, negativas ou irrelevantes dos efeitos dinâmicos de inter-relacionamento entre fundamentos, oferecendo-se bases adicionais de compreensão da relação estabelecida entre essas interações dinâmicas e capacidade competitiva de clusters.

O reconhecimento do elenco de fundamentos com maior interveniência sobre os demais (concentração geográfica, abrangência de negócios, cooperação entre empresas e caráter evolucionário), influenciando em 7 outros fundamentos, bem como daqueles mais relacionados à ação de outros fundamentos (especialização de empresas, substituição de negócios e caráter evolucionário), entre outros resultados mapeados, oferece um exemplo de aplicação para possíveis análises no desenvolvimento de planos de ação para potencialização dos fundamentos que ampliam a competitividade de um cluster e mitigação daqueles que possam vir a contribuir negativamente.

A modelagem do sistema de competitividade de clusters, embora incorpore em alguma medida as simplificações declaradas, foi desenvolvida em alinhamento com os objetivos do estudo, contribuindo para um melhor endereçamento e entendimento da questão da competitividade, aspecto corroborado pela proposta de entendimento dos efeitos imediatos ou de médio e longo prazo que um fundamento causa em relação aos outros. Assim, entre potenciais vertentes para futuras investigações, o desenvolvimento de métricas fidedignas e, nesse sentido, a quantificação e a simulação de resultados podem ser entendidas como espaços de evolução, cujo domínio propiciaria aperfeiçoamentos significativos no planejamento, gestão e controle de desempenho competitivo de clusters de negócios. Outros temas de interesse para futuros estudos seriam: aplicação da abordagem *system dynamics* em clusters de negócios, utilizando-se os fatores identificados e seus diagramas causais; simulação de cenários para clusters, a partir da base oferecida pelo presente trabalho; estudos longitudinais ou pesquisa-ação em clusters, gerenciando-se posição e evolução dos fundamentos segundo a abordagem *system dynamics*.

## REFERÊNCIAS

- Altenburg, T., Meyer-Stamer, J. (1999) How to promote clusters: policy experiences from Latin America. *World Development*, 27 (9), 1963-1713.
- Arellano, I., Fierro, T., Morales, G., Sánchez, C., Pérez, G. (2005) Modeling the development of a biotechnological cluster. 23<sup>rd</sup> International Conference of the System Dynamics Society. Boston, Massachusetts, USA.
- Buendia, F. (2005) Increasing returns to economic activity concentration. 23<sup>rd</sup> *International Conference of the System Dynamics Society*. Boston, Massachusetts, USA.
- Dangelico, R. M., Garavelli, A. C., Petruzzelli, A. M. (2010) A system dynamics model to analyze technology districts evolution in a knowledge-based perspective. *Technovation*, 30, 142 -153.
- Forrester, J. (1961) *Industrial Dynamics*. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Groesser, S, Schwaninger, M. (2012) Contributions to model validation: hierarchy, process, and cessation. *System Dynamics Review*.
- Huang, H-Y, Liu, Z-X (2010) A system dynamics model of cross-chain inventory control for cluster supply chain with third-party logistics. E-Product E-Service and E-Entertainment (ICEEE), International Conference.
- Jan, C-G., Chan, C-C., Teng, C-H. (2012) The effect of clusters on the development of the software industry in Dalian, China. *Technology in Society*, 34, 163-173.
- Knorringa, P. (1999) Agra: an old cluster facing the new competition. *World Development*, 27 (9), 1587-1604.
- Krugman, P. (Jun 1991a) Increasing returns and economic geography. *Journal of Political Economy*, 99 (3), 483-499.
- Krugman, P. (1991b) *Geography and Trade*. Cambridge, Massachusetts: *MIT Press*.
- Krugman, P. (1996a) *The self-organizing economy*. *Blackwell Publisher*.
- Krugman, P. (1996b) *Development, geography and economic theory*. Cambridge, Massachusetts: *MIT Press*.
- Kunc, M. (2010) To cluster or not to cluster: A simulation of managerial practices for innovation in SME's. Universidad Adolfo Ibanez – Chile.

- Li, J. Z., Liu, C. L. (2007) The inventory optimization and application based on cluster supply chain. *Beijing: China Logistics Publishing House*.
- Lin, C-H., Tung, C-M., Huang, C-T (2006) Elucidating the industrial cluster effect from a system dynamics perspective. *Technovation*, 26, 473-482.
- Ma, L., Huang, T. (2008) System Dynamics Analysis on the evolution of logistics cluster. *Service Operations and Logistics, and Informatics, 2008. IEEE/SOLI 2008. IEEE International Conference*.
- Marshall, A. (1982) *Princípios de Economia*. São Paulo: Abril Cultural.
- Mashayekhi, A., Guili, S. (2012) System dynamics problem definition as an evolutionary process using the concept of ambiguity. *System Dynamics Review*.
- Mesquita, L. F. (2007) Starting over when the bickering never ends: Rebuilding aggregate trust among clustered firms through trust facilitators. *Academy of Management Review*, 32, 72-91.
- Milaneze, K. L. N., Batalha, M. O. (2008) Análise da competitividade do setor calçadista do estado de São Paulo, *Revista de Administração*, 43 (2), 162-175.
- Porter, M. E. (1990) *The Competitive Advantage of Nations*. New York: Free Press.
- Porter, M. E. (1998) Clusters and the new economics of competition. *Harvard Business Review*, 76 (6), 77-90.
- Porter, M. E. (2000) Location, competition, and economic development: local clusters in a global economy. *Economic Development Quarterly*, 14, 15-34.
- Saxenian, A. (1994) *Regional advantage: Culture and competition in Silicon Valley and Route 128*. Boston: Harvard University Press.
- Schmitz, H., Nadvi, K. (1999) Clustering and industrialization: introduction. *World Development*, 27 (9), 1503-1514.
- Schmitz, H. (1999) Global Competition and Local Cooperation: Success and Failure in the Sinos Valley, Brazil. *World Development*, 27 (9), 1627-1650.
- Sterman, J. (2000) *Business Dynamics - Systems Thinking and Modeling for a Complex World*. McGraw-Hill/Irwin.

André Alarcon de Almeida Prado, Eder Ferragi, João Maurício Gama Boaventura & Renato Telles

---

Tallman, S., Jenkins, M., Henry, N., Pinch, S. (2004) Knowledge, clusters, and competitive advantage. *Academy of Management Review*, 29, 258-271.

Teeksap, P. (2009) Cluster Formation and Government Policy: System Dynamics Approach. 27<sup>o</sup> International System Dynamics Conference.

Zaccarelli, S. B., Telles, R., Siqueira, J. P. L., Boaventura, J. M. G., Donaire, D. (2008) Clusters e redes de negócios: uma nova visão para a gestão de negócios. São Paulo: Atlas.

---

**Recebido: 23/05/2013**

**Aprovado: 13/07/2013**