

## **REDUÇÃO DE CUSTOS NAS ORGANIZAÇÕES: COMPLEXIDADE E DINÂMICA DAS REDES LOGÍSTICAS**

**Bruno Leonardo Santos Menezes**

Faculdade de Tecnologia do SENAI CIMATEC  
[brunomubarak@gmail.com](mailto:brunomubarak@gmail.com)

**Vitório Donato**

Faculdade de Tecnologia do SENAI CIMATEC  
[vitorio.donato@fieb.org.br](mailto:vitorio.donato@fieb.org.br)

**Valter De Senna**

Faculdade de Tecnologia do SENAI CIMATEC  
[valter.senna@gmail.com](mailto:valter.senna@gmail.com)

**Renelson Ribeiro Sampaio**

Faculdade de Tecnologia do SENAI CIMATEC  
[renelson.sampa@gmail.com](mailto:renelson.sampa@gmail.com)

**Francisco Uchoa Passos**

Faculdade de Tecnologia do SENAI CIMATEC  
[uchoapassos@gmail.com](mailto:uchoapassos@gmail.com)

**Marcio Nakayama Miura**

Universidade do Vale do Itajaí  
[adm.parana@gmail.com](mailto:adm.parana@gmail.com)

### **Resumo**

Este estudo tem como objetivo apresentar uma rede logística como um sistema complexo e dinâmico, além de alguns aspectos de importância do entendimento dessa complexidade e dinâmica voltados à redução de custos logísticos nas organizações. Tem como base levantamento bibliográfico em estudos que abordam os temas na literatura acadêmica. Logística, sistemas complexos e dinâmica de sistemas são campos de estudo interdisciplinares em evolução, com grande potencial de interação com diversas áreas. É possível minimizar custos, conhecendo o comportamento e características das redes de suprimentos. Analisar a complexidade dessas redes pode representar um diferencial competitivo para as organizações, além de aumentar o conhecimento organizacional sobre a natureza do seu próprio negócio. Este artigo contribui para a carência de estudos que abordam a rede logística como um sistema complexo e dinâmico.

**Palavras-chave:** Sistemas Dinâmicos; Sistemas Complexos; Redes Complexas; Modelagem; Simulação.

This study presents a logistics network as a complex and dynamic system, aiming to explore some important aspects of this kind of system in order to understand its dynamics. Our main objective is to design possible alternatives to reduce logistics costs for the organizations. Logistics networks and dynamic systems are interdisciplinary fields of study in evolution, with great potential for interaction with various areas. It is possible to reduce the logistic operational costs by knowing the behavior and characteristics of supply networks. To analyze these networks as a complex system can represent a competitive advantage for organizations, helping to increase organizational knowledge about both the nature and dynamics of their own business. This article contributes to promote studies that address the logistics network as a complex and dynamic system.

**Key words:** Dynamic System; Complex System; Complex Networks; Modeling; Simulation.



## 1. INTRODUÇÃO

Este estudo tem como objetivo apresentar uma rede logística como um sistema complexo e dinâmico, além de alguns aspectos de importância do entendimento dessa complexidade e dinâmica voltados à redução de custos logísticos nas organizações. Foi realizado levantamento bibliográfico em estudos que abordam os temas na literatura acadêmica, ainda fragmentada e em evolução. Logística, sistemas complexos e dinâmica de sistemas são campos de estudo interdisciplinares, e assim possuem grande capacidade de interagir com diversas áreas de conhecimento. Para reduzir gastos é preciso conhecer como são formados no processo produtivo da cadeia global, formação que é afetada pela complexidade e dinâmica da rede de suprimentos.

Primeiro é apresentada a evolução do conceito de logística e sua aproximação à gestão da cadeia de suprimentos. Depois são evidenciadas as principais características das redes logísticas como um sistema complexo e dinâmico. Por último são expostos alguns aspectos que devem ser considerados da complexidade e dinâmica das redes logísticas para alcançar redução de gastos logísticos nas organizações.

Este artigo contribui para reduzir a carência de estudos acadêmicos que abordam a rede logística como um sistema complexo e dinâmico. Este estudo também mostra como o entendimento dos principais aspectos de complexidade e dinâmica das redes logísticas pode minimizar custos nas organizações.

## 2. DESENVOLVIMENTO

A logística está presente em toda atividade empresarial moderna, os impactos dos erros e acertos nesse setor, refletem-se diretamente nos consumidores finais. Para Christopher (2002) logística é o processo de gerenciar a aquisição, movimentação e armazenamento de materiais, peças e produtos acabados através da organização e seus canais, de modo a poder maximizar a lucratividade através do atendimento dos pedidos a baixo custo. Boyson et al (1999 citado por DI SERIO, SAMPAIO E PEREIRA, 2007) afirma que a evolução conceitual da logística segue a ilustração da figura 1. Nesta aparecem quatro estágios evolutivos diferentes, fazendo relação entre o grau de integração e o tempo. Primeiro a logística tinha como foco a distribuição física no transporte, no segundo estágio a meta era a integração entre as funções do setor logístico com ênfase no transporte e na armazenagem, já no terceiro estágio com o surgimento de novos canais de distribuição e novos conceitos de processo produtivo, o foco era atender o cliente utilizando os processos internos das organizações e, finalmente, no último estágio existe uma maior preocupação com todos os integrantes da cadeia de suprimentos, buscando adoção de estratégias envolvendo todos os elos.

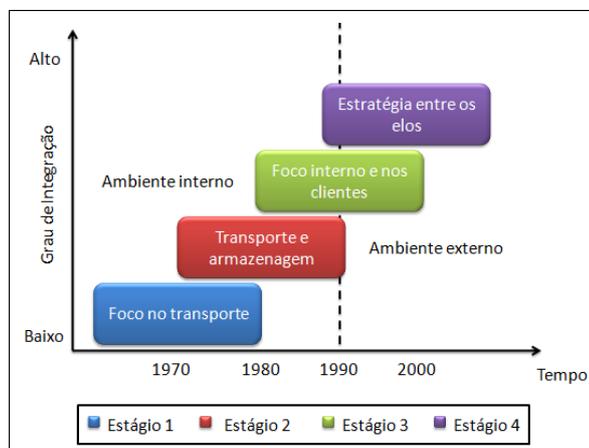


Figura 1 – Evolução do conceito de logística. Fonte: Adaptado de Boyson et al (1999) citado por DI SERIO, SAMPAIO E PEREIRA (2007).

Conforme a figura 1, à medida que os anos foram passando, o conceito de logística considerou com maior ênfase o ambiente externo das organizações. Para Bowersox e Closs (2001) o objetivo da logística é tornar disponíveis produtos e serviços nos locais necessários e no momento desejado. Logística envolve integração de informações, transporte, estoque, armazenagem, manuseio de materiais e embalagens.

Para cumprir sua missão conceitual e nas organizações, a logística fez um movimento natural de aproximação com a gestão da cadeia de suprimentos. Segundo Di Serio, Sampaio e Pereira (2007) a logística passou a ser tratada como uma parte da gestão da cadeia de suprimentos que planeja, implementa e controla fluxos, armazenamento, serviços e informações, desde a origem até ponto de consumo, de modo a atender às necessidades dos clientes, de forma eficiente e eficaz.

A evolução conceitual da logística segundo a pesquisa de Farmer (1997 citado por TAN 2001) pode ser analisada inicialmente em um período próximo aos anos de 1950 a 1960, onde um grande número de organizações tinha como estratégia a produção em massa buscando minimizar os custos de produção. Houve investimento em desenvolvimento de novos produtos e as melhorias no processo produtivo eram resolvidas com altos níveis de estoque em processo. O compartilhamento de informações com outros elos da cadeia logística era na maioria das vezes inaceitável, pois se considerava como uma decisão de alto risco. Para Tan (2001) somente próximo a 1970 com a introdução do (MRP) *Material Resource Planning*, as empresas perceberam o impacto dos altos níveis de estoque na produção. Com o aparecimento e aplicação do (JIT) *Just in Time*, emerge o conceito de cadeia de abastecimento, alavancado por abordagens de menores estoques e administração de materiais, programação e controle de produção, parcerias estratégicas entre elos mais próximos da rede e contratação de profissionais especializados em transporte e distribuição física, momento também conhecido como período da logística integrada. Inman e Hubler (1992) citado por Tan (2001), afirmam que em meados de 1990, quando houve uma evolução na relação entre empresas da cadeia de abastecimento, foram inseridas estratégias e ações para melhorar a eficiência e eficácia de fornecedores e foram aplicadas atividades de controle em todo processo logístico. Ragatz et al (1997), Morgan e Monczka (1995), St. Onge (1996) registram que as empresas passaram então a compartilhar e conhecer os processos de seus parceiros, reduzindo os processos de controle em toda rede, essa integração para reduzir custos, gerou um aumento da confiança entre parceiros e relações mais duradouras entre as ligações externas a uma organização.

Mentzer et al (2001) expõe algumas perspectivas de outros autores dos conceitos que envolvem o gerenciamento de cadeias de suprimentos (tabela 1), uma tradução do termo em inglês, (SCM) *Supply Chain Management*.

Tabela 1 – Conceitos de cadeias de suprimentos.

SCM exige multiplicidades de funções dos gestores e requer relações de parceria com outros elos em várias camadas. O principal objetivo do SCM é integrar e gerenciar os fluxos logísticos e controle de materiais utilizando uma perspectiva sistêmica em múltiplas funções e vários níveis de fornecedores.
Estratégias em redes logísticas devem incluir as empresas da cadeia, como essas organizações se relacionam em longo prazo, buscando estabelecer relações de confiança, integração de atividades logísticas e compartilhamento de informações.
O objetivo do gerenciamento da cadeia é sincronizar as necessidades dos clientes com os fluxos logísticos dos fornecedores, equilibrando baixos níveis de estoques e bom atendimento ao cliente.
Os principais estudos clássicos tratam a rede logística como: a) Um processo único, onde as responsabilidades são divididas entre os elos de maneira fragmentada de acordo com algumas áreas funcionais da empresa. b) Cadeia puxada, onde atender a oferta é um objetivo comum às atividades na cadeia. c) Os estoques são usados para balancear o fluxo de materiais. d) Visão sistêmica e busca por integração.
Fluxo total de materiais provenientes de fornecedores até os consumidores finais.
SCM é uma filosofia de gerenciamento integrado, que busca gerenciar os fluxos dos canais de distribuição do fornecedor até o cliente final.

Fonte: Adaptado de Mentzer et al (2001).

Os estudos realizados por Tan (2001), Di Serio, Sampaio e Pereira (2007) e Mentzer et al (2001) são similares e complementares em alguns pontos, deixando clara a visão dos autores em relação ao processo evolutivo que levou a gestão logística e o SCM a se desenvolverem e se aproximarem para formar um só campo de estudo. Atualmente a gestão de redes logísticas é um dos principais aspectos para manutenção do mercado mundial, constituindo-se em um campo estratégico para empresas e países.

Segundo Ma (2011) as principais características das redes logísticas são:

- a) **Sistema dinâmico:** resposta em tempo real à evolução da procura de mercado.
- b) **Suporte a decisões:** previsão, planejamento e tomada de decisões.
- c) **Hierarquia:** as relações hierárquicas são determinadas pela natureza do negócio.
- d) **Complexidade:** inúmeros fatores e relações complexas.
- e) **Indeterminismo:** existem diversos fatores imprevisíveis.

Compreender as redes logísticas como um sistema complexo é fundamental para o correto entendimento dos tipos de cadeias existentes, seu adequado gerenciamento e, como consequência, redução de custos. Essa visão sistêmica remete à afirmação de Bertalanffy (1950) que um organismo ou sistema complexo é um todo maior que a soma das partes. Qualquer elo de um determinado processo deve ser analisado fazendo uma relação com o todo. Para Nussenzveig (2008) sistemas complexos são formados por um grande número de unidades simples, porém interligadas entre si, onde uma exerce influência na outra.

Qualquer elo de um determinado processo deve ser analisado fazendo uma relação com o todo. Nas cadeias de suprimentos cada empresa ou etapa do processo produtivo deve ser analisada fazendo uma relação com a rede completa, considerando as causas e efeitos de cada um desses elos no processo logístico como um todo. Para Lawrence e Lorsch (1973) o modo de Bertalanffy (1950) enxergar sistemas é ainda mais complexo pelo ponto de vista organizacional, pois vai além do ambiente interno da organização e se relaciona com as

condições do mercado situadas fora da empresa.

Essa abordagem pode ser analisada com a representação e classificação desses sistemas complexos em redes. Para Newman (2008) as conexões entre os elos de determinado sistema formam uma rede, a estrutura dessa rede deve afetar não só as transações econômicas, como também outros tipos de interações. Qualquer teoria que ignora essas redes pode ser considerada incompleta, por não estar levando em consideração alguns fenômenos cruciais.

A figura 2 ilustra de maneira simplificada os diversos níveis de redes logísticas.

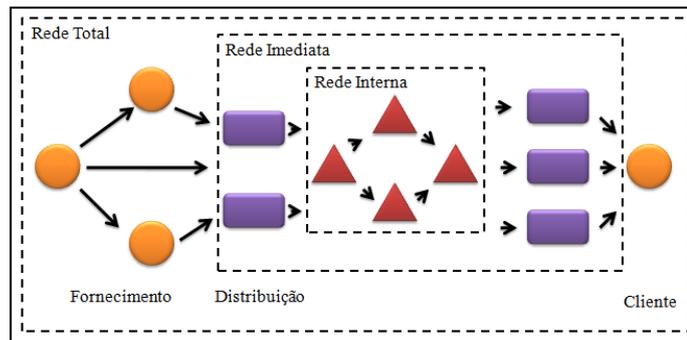


Figura 2 – Níveis de redes logísticas. Fonte: Adaptado de Slack (1993) citado por Scarvada e Hamacher (2001).

- a) **Rede interna:** fluxos entre setores internos da empresa foco.
- b) **Rede imediata:** fornecedores e clientes imediatos da organização.
- c) **Rede total:** todas as redes que compõem uma cadeia.

O conjunto de processos logísticos e seus diversos fluxos formam a rede ou cadeia de suprimentos logística. Para Martel e Vieira (2008) a ideia de cadeia é redutora, porém se aproxima do termo na língua inglesa, supply chain, que é a soma de etapas necessárias para transformar um conjunto de matérias-primas em material acabado para consumo e colocá-lo no mercado para determinado cliente. Novaes (2007) ilustra uma cadeia de suprimentos básica, conforme figura 3.

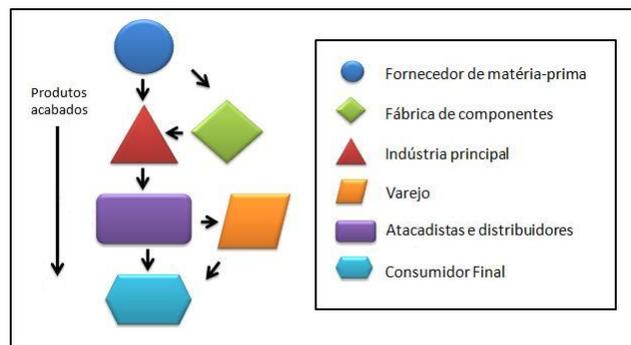


Figura 3 – Cadeia de suprimentos básica. Fonte: Adaptado de Novaes (2007).

De acordo com a figura 3, a primeira organização da cadeia fornece matéria-prima para uma fábrica de componentes e para uma indústria principal. Esta por sua vez atende o atacado, distribuidores e o varejo. Varejista e distribuidor trabalham diretamente com o consumidor final. Existem outras representações de redes logísticas onde é possível ver a indústria principal, por exemplo, fornecendo direto ao consumidor final, porém a figura 3 representa bem

a posição das indústrias de bens de consumo duráveis (indústria principal na figura 3), onde começa o fluxo de produtos acabados em toda cadeia de suprimentos, terminando com sua distribuição ao consumidor final. Segundo Taylor (2005) a cadeia de suprimentos pode ser entendida como um sistema de negócios com entradas, que processadas na rede logística geram saídas, conforme figura 4.

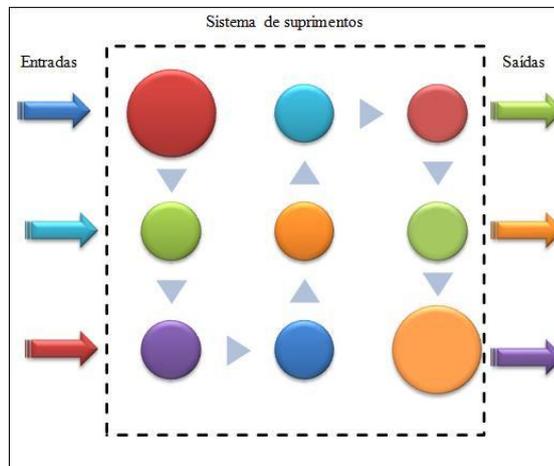


Figura 4 – Algoritmo simplificado de suprimentos. Fonte: Adaptado de Taylor (2005).

Para Taylor (2005) algumas entradas e saídas podem ser controladas pelos envolvidos na cadeia, outras não. Os fatores externos de uma organização são um exemplo. O sistema de suprimentos seria o conjunto de processos ou organizações que interagem entre si.

Embora essa seja uma ilustração simplificada de uma rede logística (figura 4), ela remete ao conceito de algoritmo, onde cada tipo de elo da cadeia possui sua sequência de passos que se inter-relacionam. Segundo Forbellone (1999) um algoritmo é uma sequência de passos que visa atingir um objetivo específico.

Na figura 4, as entradas seriam as variáveis a serem processadas em uma sequência lógica de passos (o algoritmo) para gerar dados de saída. É possível compreender a rede logística como uma ou diversas funções matemáticas. Uma função é uma regra que associa a cada elemento de um determinado conjunto A, um único elemento de um conjunto B. Uma determinada função (figura 5), representada como  $y = f(x)$ , onde “x” representa as possíveis entradas da cadeia de suprimentos, (domínio da função) e “f” seria todos os possíveis caminhos dessa rede com “ $f(x)$ ” a imagem da função, as saídas do sistema logístico.

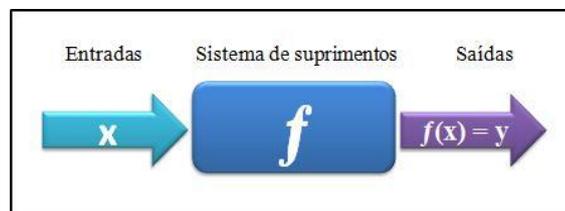


Figura 5 – Sistema logístico como função. Fonte: Adaptado de Tan (2005).

De acordo com os diversos tipos e relações existentes entre cadeias de suprimentos, do ponto de vista das funções, as mesmas exercem e sofrem influência mútua. A figura 6 representa essa relação do ponto de vista de funções, onde as saídas (imagem) podem ser consideradas entradas (domínio) da função posterior.

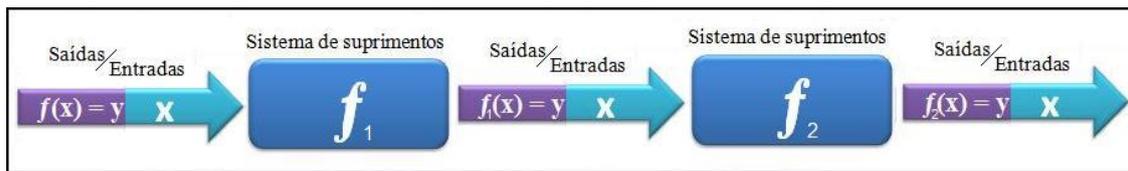


Figura 6 – Sistemas logísticos como funções. Fonte: Adaptado de Tan (2005).

Para Paiva (2001) um sistema dinâmico pode ter um mecanismo de retroalimentação, ou seja, o resultado de um período realimenta um sistema no período seguinte. Essa dinâmica no sistema logístico pode ser representada como um retorno de um sistema de suprimentos para outro (figura 7). Essa retroalimentação de materiais adiciona complexidade aos processos e gera consequências em todo o sistema.

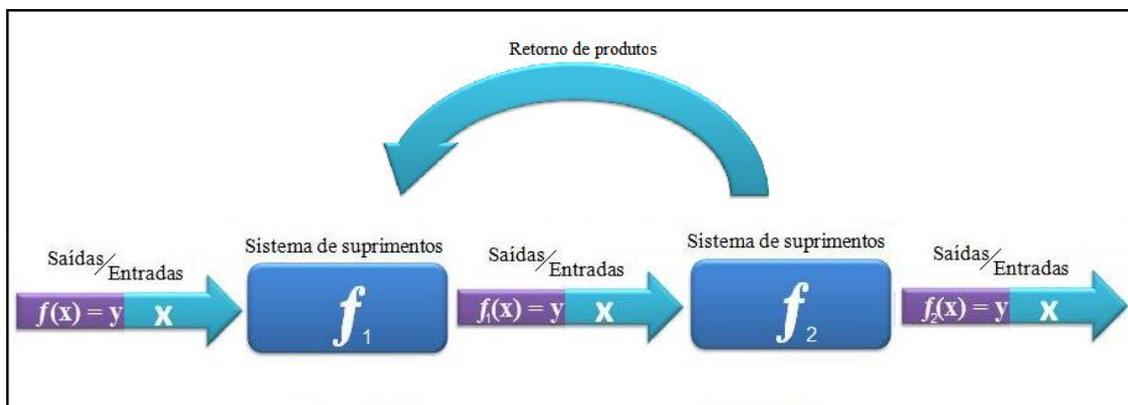


Figura 7 – Sistemas dinâmicos logísticos como funções. Fonte: Adaptado de Tan (2005).

Para Surana et al (2005) a cadeia de suprimentos é uma rede complexa com um grande número de interações e interdependências entre diferentes entidades, processos e recursos. As redes logísticas são não-lineares, apresentam comportamento multi-escala, evoluindo e se auto-organizando através de complexas interações de sua estrutura e função.

Os modelos de equações e funções que representam as redes logísticas podem ser estudados pela dinâmica de sistemas. A dinâmica de sistemas, segundo Angerhofer e Angelides (2000), é uma abordagem que utiliza computadores para analisar, modelar e resolver problemas complexos, tendo sido desenvolvida a partir da obra de Jay W. Forrester (1961), que definiu a dinâmica de sistemas como o estudo das características de sistemas complexos no tempo através da modelagem de relações desses processos como fluxos, estoques e ciclos de retroalimentação, evidenciando assim as instabilidades existentes nesses sistemas.

A não linearidade dos sistemas logísticos sugere que as funções dessa rede, em sua maioria, não podem ser representadas por um modelo linear, mais sim como algo apresentado na figura 8.

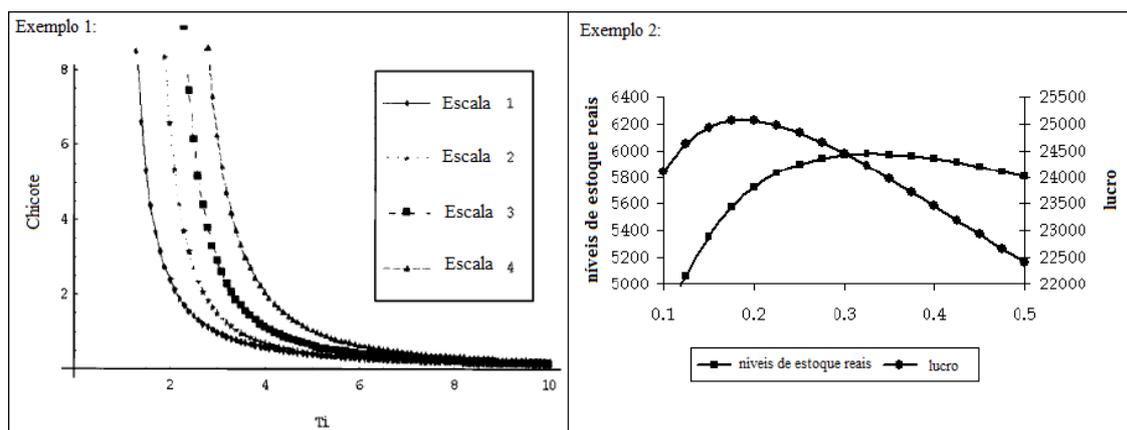


Figura 8 – Ilustração de alguns tipos de funções não lineares. Fonte: Adaptado dos estudos de Disney et al (2003) e Bernstein et al (2004).

O gráfico da função representado na figura 8 no exemplo 1, representa alterações devidas ao efeito chicote, que para Coelho et al (2007) é o resultado da discrepância entre a percepção da demanda real de um determinado produto pedido a um fornecedor ao longo de uma rede logística e as vendas previstas do comprador na mesma cadeia. Este fenômeno causa prejuízos às empresas, pois ocorre sobre a expectativa de demanda e exerce influencia em toda a estrutura das empresas na cadeia de suprimentos. Disney et al (2003) representa na figura 8 no exemplo 1, as alterações no efeito chicote para diferentes valores da taxa equivalente, que é o valor utilizado para corrigir discrepâncias entre o estoque alvo e o estoque real.

Ainda na figura 8 no exemplo 2, Bernstein et al (2004) demonstra como o lucro e níveis de estoque se comportam em função de variações no nível do estoque base, de 0 a 0,5. Bernstein et al (2004) utiliza o conceito de funções de Cobb-Douglas (Cobb e Douglas, 1928) para descrever o relacionamento entre diversas entradas e saídas em seu modelo. Essa função representa como os insumos podem ser combinados para gerar um produto eficiente.

Analisando algumas propriedades dos diversos tipos de funções é possível extrair informações sobre o comportamento dos sistemas que dão origem às mesmas.

Nos sistemas logísticos cada uma das empresas e processos se inter-relaciona com outras organizações e métodos, que possuem processamento próprio e algumas vezes comuns aos outros entes da rede, gerando assim diversos sistemas complexos que impactam outras cadeias e também entre si. Para Surana et al (2005) a complexidade das redes logísticas e sua imprevisibilidade tornam os sistemas difíceis de serem gerenciados e controlados. As tendências de mudanças organizacionais e mercadológicas levam as cadeias a serem altamente dinâmicas e escaláveis, reconfiguráveis, ágeis e adaptativas. Essas redes complexas devem perceber e responder de forma eficaz e eficiente às demandas dos clientes. Requerem assim decisões que considerem fatores globais.

As decisões na cadeia de suprimentos geralmente têm como objetivo a minimização dos gastos. Para reduzir esses custos é necessário conhecer como eles são formados, ou seja, analisar o comportamento da rede como um todo pelo ponto de vista da geração de gastos inerentes ao processo logístico completo. Segundo Faria e Costa (2010), custos são gastos ocorridos durante um determinado processo produtivo. Os custos estão ligados à produção de algum bem e serviço, ou seja, o gasto necessário para executar determinada atividade. Uma adequada gestão logística deve ter como foco a redução dos custos totais, para alcançar aumento da competitividade e proporcionar acréscimo na lucratividade.

Os gastos são, portanto, consequências dos processos produtivos das redes logísticas. Analisar o comportamento dessas redes pode gerar um melhor entendimento de como os custos

são formados ao longo de toda cadeia e gerenciá-los de maneira estratégica. Segundo Surana et al (2005) algumas das características da redes logísticas são:

**a) Estruturas hierarquizadas:** A cadeia de fornecimento é hierarquizada e heterogênea. O nível mais alto de cada nó representa um fornecedor, fabricante, distribuidor, varejista ou cliente. No nível inferior, os nós representam as entidades que existem dentro de cada nó no nível superior.

**b) Ligações fortes entre os níveis da cadeia em longo prazo:** Entidades diferentes em uma cadeia de suprimentos podem operar de forma autônoma com diferentes objetivos e sujeitos a diferentes conjuntos de restrições. Contudo, o desempenho de qualquer entidade do sistema depende diretamente do desempenho das outras. Como consequência geram correlações de médio e longo prazo entre estas entidades.

**c) Coexistência entre competição e cooperação:** As entidades da cadeia de produção muitas vezes têm objetivos comuns para atender o mesmo mercado consumidor. Apesar de competição, pode se dar um compartilhamento de custos e recursos. Além disso, podem cooperar globalmente na execução de tarefas e sistemas de controles.

**d) Dinâmica não linear envolvendo espaço e tempo:** As cadeias de suprimentos têm uma ampla distribuição geográfica, os clientes podem iniciar operações a qualquer momento com pouca ou nenhuma relação com os processos existentes, gerando um alto dinamismo em toda rede. As relações não são perfeitas e dão origem a outros relacionamentos, caracterizando a não linearidade da rede.

**e) Equilíbrio, regularidade e aleatoriedade:** Geralmente, a tendência de uma cadeia de suprimentos é buscar estabilidade por determinado período de tempo, sempre respondendo a perturbações externas. Podem ocorrer mudanças radicais na estrutura de toda rede, um pequeno evento pode desencadear uma cascata de mudanças que pode modificar o todo.

**f) Comportamento emergente e autônomo:** Com as entidades individuais obedecendo a processos organizacionais, a organização da cadeia de abastecimento global surge através de processos naturais e espontâneos.

**g) Adaptação e evolução:** A cadeia de fornecimento reage ao ambiente e cria seu próprio ambiente.

Cada organização que compõe uma determinada rede logística pode ser entendida como um agente adaptativo, e estes agentes (Holland, 2003) têm como característica principal a mudança de comportamento de acordo com seu aprendizado no tempo.

Segundo Holland (2003) existem três características básicas dos agentes adaptativos:

**a) Sistemas de desempenho:** tudo que o sistema é capaz de fazer se o mesmo parar de aprender.

**b) Sistema de atribuição de crédito:** das regras que compõem um sistema de desempenho, algumas funcionam bem e outras não.

**c) Descoberta de novas regras:** se existem regras que não funcionam bem é melhor substituir por outras que funcionam melhor.

Cada empresa que compõe um sistema logístico deve executar um determinado número de ações caso o aprendizado organizacional seja interrompido, analisando os procedimentos organizacionais bons e ruins para seu desempenho e decidindo quais são as melhores opções a serem seguidas.

As características citadas de Surana et al (2005) e Holland (2003) deixam claro que cada elemento da cadeia exerce de maneira direta e indireta impacto nos gastos, pois fazem parte do processo produtivo do sistema logístico.

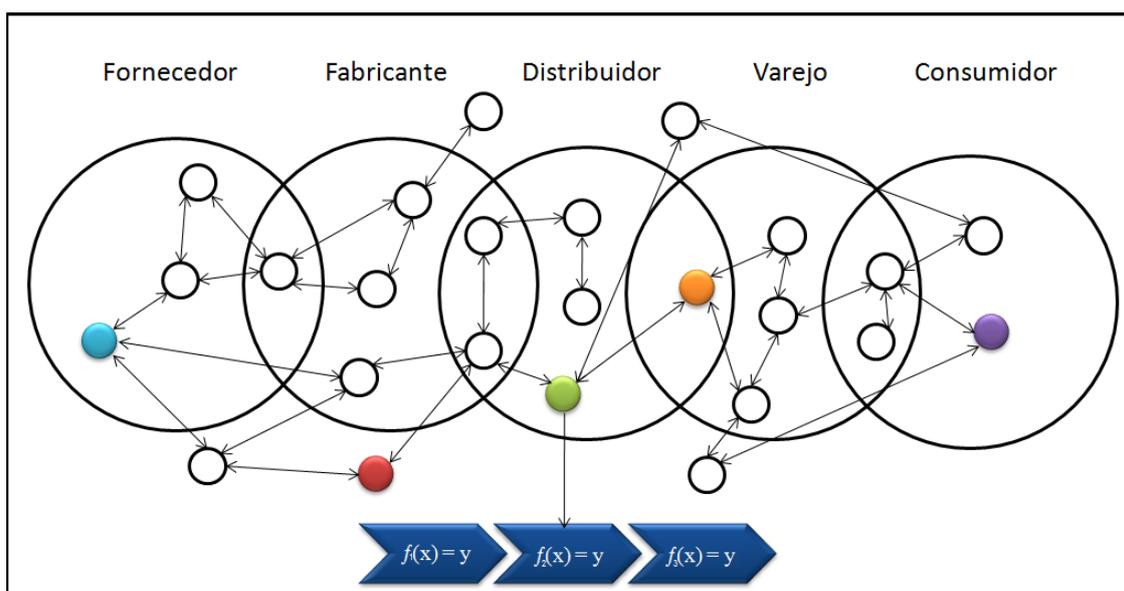


Figura 9 – Rede logística complexa. Fonte: Adaptado Surana et al (2005).

Conforme representado na figura 9 existem relações entre fornecedor, fabricante, distribuidor, varejo e consumidor final (rede total). Os círculos maiores representam um determinado segmento do mercado (rede imediata), os menores e coloridos são todas as organizações se relacionando levando em consideração seus processos (rede interna). No centro, o círculo menor e verde, representa que todas as organizações possuem processos que podem ser representados por funções ou equações não lineares que recebem e exercem influência dos mercados internos e externos.

### 3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estudos realizados por Tan (2001), Di Serio, Sampaio e Pereira (2007) e Mentzer et al (2001) revelam que de acordo com a evolução conceitual das redes logísticas, o sistema evoluiu na linha do tempo sempre buscando se adaptar de maneira dinâmica a condições de mercado tendo como um dos principais objetivos a redução de custo e atendimento ao cliente para cumprir sua missão conceitual. Além das influências de mercado, os tipos de redes logísticas (interna, imediata e local) se inter-relacionam, através dos diversos fluxos existentes em toda cadeia.

Para melhor analisar o comportamento da rede é preciso entender como o ambiente mercadológico em que a mesma está inserida se comporta e até como outros mercados influenciam a realidade organizacional. Realizar essa análise é um diferencial competitivo nas organizações, pois assim é possível entender melhor processos externos e internos em toda rede, o que tem como consequência a possibilidade de maximizar a lucratividade através de redução de custos logísticos ao longo de toda cadeia de suprimentos.

As funções e equações que representam os sistemas logísticos podem ser modelados e resolvidos utilizando a dinâmica de sistemas. O estudo realizado por Franco (2005) pode ser utilizado como exemplo. Ele tem como objetivo desenvolver um modelo com base em dinâmica de sistemas, para analisar e avaliar a dinâmica econômica de terceirização logística, visando elaborar estratégias que permitam maximizar ganhos no processo.

Conforme figura 10 abaixo, Franco, op. cit., utilizou o programa de computador Vensim, específico para modelar sistemas dinâmicos, como ferramenta computacional para representar os sistemas em análise.

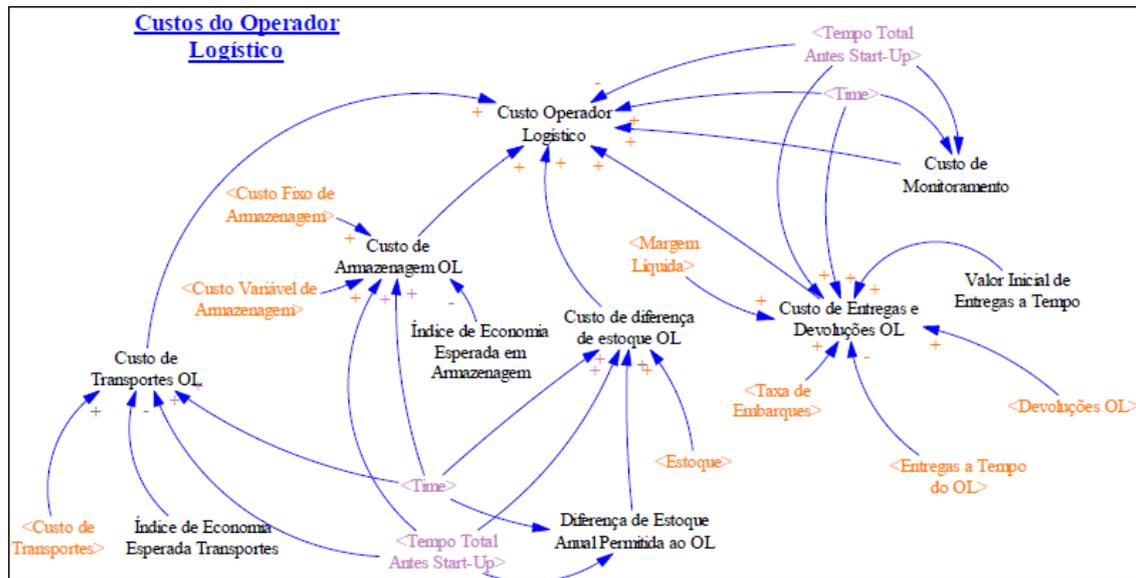


Figura 10 – Custo do operador logístico. Adaptado de Franco (2005).

Com isso, o autor identificou nas etapas do processo, onde atuar para obter ganhos financeiros e como consequência proporcionar redução de gastos em todo o sistema. Ele identificou que a estrutura de decisões presente na rede logística objeto de seu estudo é hierarquizada, concordando com a abordagem de Surana et al (2005), que entende esta característica como relevante em toda cadeia, pois as decisões afetam diretamente cada elo do sistema de suprimentos. Estes elos estão ligados em relações contratuais de longo prazo com parceiros na rede logística, e existe um ponto de equilíbrio entre os gastos antes e após a terceirização dos serviços logísticos na organização foco de seu estudo, equilíbrio que também para Surana et al (2005) é uma busca de todas as empresas na cadeia logística, em resposta às perturbações do ambiente. O custo de adaptação no sistema logístico, que são gastos para que o sistema ajuste suas operações as incertezas do ambiente, foi explicado por Surana et al (2005) como uma reação das organizações as indeterminações do mercado em consequência da tentativa de criar seu próprio ambiente.

É possível estabelecer uma relação entre alguns dos aspectos logísticos identificados no estudo citado (Franco, 2005) e algumas das características dos sistemas complexos e dinâmicos apresentadas por Surana et al (2005) e Holland (2003). Esses aspectos e características exercem influência direta na minimização dos custos logísticos, pois estão diretamente ligados ao processo produtivo e indicam como toda a rede vai se comportar em resposta às imprevisibilidades do sistema.

Por exemplo, a não linearidade das operações de transporte, estoque, armazenagem e entregas que, para Surana et al (2005), pelo seu comportamento não linear geram um dinamismo no espaço e tempo em toda a rede exemplificam esta dinâmica complexa. Contudo, para Holland (2003) os agentes adaptativos são capazes de realizar operações através de regras estabelecidas e escolher entre as melhores mudanças para continuarem seu aprendizado.

Considerando as relações de complexidade e dinamismo mostradas nos estudos de Surana et al (2005), Holland (2003) e Franco (2005), as organizações devem entender que as decisões dentro de suas estruturas hierarquizadas têm que levar em consideração as consequências na sua rede interna, imediata e total. Assim devem estabelecer estratégias e parcerias de longo prazo com os diversos elos da cadeia de suprimentos e estas combinações devem considerar as correlações de desempenho entre todas as ligações da rede, respeitando a

interdependência, autonomia e limitações de cada empresa do sistema.

Deve-se buscar um equilíbrio em todo o processo, atendendo, sempre que possível a todas as restrições, com objetivo de alcançar minimização dos custos logísticos em toda rede. Atingir esse objetivo passa por um aprendizado contínuo e integrado de todas as empresas que compõe a cadeia de suprimentos logística. Estas empresas devem cooperar, compartilhando como se adaptaram à indeterminação do mercado, para que possam tomar decisões e formular estratégias conjuntas buscando o melhor caminho a ser seguido por todos os entes que compõe a rede logística completa.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANGERHOFER, B. J. ANGELIDIS, M. C. (2000). *System dynamics modelling in supply chain management: research view*. In: Joines JA et al. (eds) .Proceedings of the 2000 Winter Simulation Conference, pp 342–351.

BERNSTEIN, FERNANDO. FEDERGRUEN, AWI. (2004). *Dynamic inventory and pricing models for competing retailers*. Naval Research Logistics (NRL), Volume 51, Issue 2, pages 258–274, March 2004. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/nav.10113/pdf>>. Acesso em: 16 de abril de 2002.

BERTALANFFY, L. VON. (1950). *The theory of open systems in physics and biology*. Science, New Series, Vol. 111, Nº 2872, 23-29.

BOWERSOX, D. J. CLOSS, D. J. (2001). *Logística empresarial: O processo de integração da cadeia de suprimento*. São Paulo: Editora Atlas.

BOYSON, SANDOR ET AL. (1999). *Logistics and the extended enterprise*. New York: John Wiley.

CHRISTOPHER, M. (2002). *Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos: estratégias para a redução de custos e melhoria de serviço*. São Paulo: Pioneira Thomson Learning.

COBB, CHARLES W. DOUGLAS, PAUL H. (1928). *A Theory of Production*. American Economic Association, pp. 139-165.

COELHO, LEANDRO CALLEGARI. FOLLMANN, NEIMAR. RODRIGUEZ, CARLOS MANUEL TABOADA. (2007). *O Efeito Chicote e o seu Impacto na Gestão das Cadeias de Suprimentos*. São Paulo: IV Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, 2007. Disponível em: <[http://www.aedb.br/seget/artigos07/1167\\_Artigo%20-%20Efeito%20Chicote%20-%20SeGet.pdf](http://www.aedb.br/seget/artigos07/1167_Artigo%20-%20Efeito%20Chicote%20-%20SeGet.pdf)>. Acesso em: 16 de abril de 2002.

DI SERIO, L. SAMPAIO, M. PEREIRA, S. (2007). *A Evolução dos Conceitos de Logística: Um Estudo na Cadeia Automobilística no Brasil*. Revista de Administração e Inovação, América do Norte, 2007. Disponível em: <http://revistarai.org/ojs-2.2.4/index.php/rai/article/view/73/71>. Acesso em: 26 de dezembro de 2010.

DISNEY, S. M. NAIM, M. M. POTTER, A. (2004). *Assessing the impact of e-business on supply chain dynamics*. Int. J. Production Economics 89, 2004, 109–118. Disponível em: <[ftp://163.13.193.155/Literature/Summer2004/AssessingtheimpactofebusinessonSCdynamics\\_disney\\_ijpe\\_2004.pdf](ftp://163.13.193.155/Literature/Summer2004/AssessingtheimpactofebusinessonSCdynamics_disney_ijpe_2004.pdf)>. Acesso em: 16 de abril de 2012.

FARIA, ANA CRISTINA DE. COSTA, MARIA DE FATIMA GAMEIRO DA. (2010). *Gestão de custos logísticos*. São Paulo: Atlas.

FARMER, D. (1997). *Purchasing myopia - revisited*. European Journal of Purchasing and Supply Management 3 (1), 1-8.

- FRANCO, RAUL ARELLANO CALDEIRA. (2005). *Processo de terceirização logística: uma abordagem de dinâmica de sistemas*. São Paulo. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Transportes. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3148/tde-17102005-193741/publico/DissertacaoRaulArellanoCaldeiraFrancoPOLIUSP.pdf>>. Acesso em: 20 de abril de 2012.
- FORBELLONE, A. L. V. EBERSPACHER, H. F. (1999). *Lógica de programação*. São Paulo: Pearson Education/Mac Books.
- FORRESTER, JAY W. (1961). *Industrial dynamics*. Waltham: Pegasus Communications.
- HOLLAND, J. (2003). *Sistemas complexos adaptativos e algoritmos genéticos*. Nussenzveig, M. (Org). Complexidade e caos. 2. ed. Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE.
- INMAN, R. A. HUBLER, J. H. (1992). *Certify the process, not just the product*. Production and Inventory Management Journal 33 (4), 11-14.
- LAWRENCE, P. R. LORSCH, J. W. (1973). *As empresas e o ambiente: diferenciação e integração administrativas*. Petrópolis: Vozes.
- MA, YONGHAO. (2011). *Supply Chain Management as Complex System. Decision Adaptation Multi-Agents (DAMAS)* - Laboratory of Laval University, 2011-02-09. Disponível em: <http://www.damas.ift.ulaval.ca/~moyaux/coupfouet/ma.pdf>. Acesso em: 19 de maio de 2011.
- MARTEL, ALAIN. VIEIRA, DARLI RODRIGUES. (2008). *Análise e projetos de redes logísticas*. São Paulo: Saraiva.
- MENTZER, J. T. DEWITT, W. KEEBLER, J. S. MIN, S. NIX, N. W. SMITH, C. D. ZACHARIA, Z. G. (2001). *Defining supply chain management*. of the SME Autofact '94 Conference, 23 pp. Journal of Business Logistics 22 (2), 1–25.
- MORGAN, J. MONCZKA, R. M. (1995). *Alliances for new products*. Purchasing. Vol. 10, No. 1, pp. 103-109. Disponível em: <<http://elibrary.ru/item.asp?id=2302815>>. Acesso em: 06 de fevereiro de 2012.
- NEWMAN, M. E. J. (2008). *The mathematics of networks. The New Palgrave Dictionary of Economics*. Second Edition. Eds. Steven N. Durlauf and Lawrence E. Blume. Palgrave Macmillan, 2008. The New Palgrave Dictionary of Economics Online. Palgrave Macmillan. 12 October 2011. Disponível em: [http://www.dictionaryofeconomics.com/article?id=pde2008\\_M000361](http://www.dictionaryofeconomics.com/article?id=pde2008_M000361). Acesso em: 10 de outubro de 2011.
- NOVAES, ANTONIO GALVÃO. (2007). *Logística e gerenciamento da cadeia de abastecimento: estratégia, operação e avaliação*. São Paulo: Ed. Campus.
- NUSSENZVEIG, H. M. (2008). *Complexidade e Caos*. 3ª Ed. Rio de Janeiro: UFRJ / COPEA.
- PAIVA, WAGNER PEIXOTO DE. (2001). *A teoria do caos e as organizações*. Caderno de Pesquisa em Administração. São Paulo, v.08, nº 2, abril de 2001. Disponível em: <<http://www.mettdo.com.br/pdf/A%20Teoria%20dos%20Caos%20e%20as%20Organizacoes.pdf>>. Acesso em: 14 de abril de 2012.
- RAGATZ, G. L. HANDFIELD, R. B. SCANNELL, T.V. (1997). *Success factors for integrating suppliers into new product development*. Journal of Production Innovation Management. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1540-5885.1430190/pdf>>. Acesso em: 06 de fevereiro de 2012.
- SCARVADA, L. F. HAMACHER, S. (2001). *A evolução da cadeia de suprimentos da indústria*

## PESQUISA OPERACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO

*automobilística no Brasil*. In: Revista de Administração Contemporânea, v. 5, n. 2, p. 201-220.

SLACK, N. (1993). *Vantagem competitiva em manufatura*. São Paulo: Atlas.

ST. ONGE, A. (1996). *New concepts in supply chain management*. Modern Materials Handling. p. 33. Disponível em: <<http://elibrary.ru/item.asp?id=2580222>>. Acesso em: 06 de fevereiro de 2012.

SURANA, AMIT. KUMARA, SOUNDAR. GREAVES, MARK. RAGHAVAN, USHA NANDINI. (2005). *Supply-chain networks: a complex adaptive systems perspective*. International Journal of Production Research, Volume 43, Number 20, 15 October 2005.

TAN, K.C. (2001). *A framework of supply chain management literature*. *European Journal of Purchasing and Supply Management*, 7 (1), pp. 39-48.. Disponível em: [http://www.imamu.edu.sa/Scientific\\_selections/abstracts/Documents/A%20framework%20of%20supply%20chain%20management%20literature.pdf](http://www.imamu.edu.sa/Scientific_selections/abstracts/Documents/A%20framework%20of%20supply%20chain%20management%20literature.pdf). Acesso em: 30 de maio de 2011.

TAN, S. T. (2005). *Matemática aplicada à administração e economia*. São Paulo: Pioneira Thomson Learning.

TAYLOR, DAVID A. (2005). *Logística na cadeia de suprimentos: uma perspectiva gerencial*. São Paulo: Pearson Addison Wesley.