

SISTEMAS ADAPTATIVOS COMPLEXOS¹

Há algum tempo, percebem-se mudanças no comportamento do mercado marcadas pela globalização econômica. A globalização conduz a uma competitividade maior e a um necessário sentido de integração entre parceiros comerciais. Essas mudanças levaram a novas formas de organizar as empresas, observando a importância dos arranjos interempresariais.

Os métodos de gestão evoluíram pouco, se comparados às mudanças ocorridas no mercado, permanecendo em muitos casos baseados em pressupostos *tayloristas*. Segundo Iarozinski (2001) “os modelos de gestão utilizados estão cada vez mais afastados da realidade dos sistemas de produção, o que leva a perdas em eficiência e em produtividade no funcionamento dos mesmos”. Nesse novo contexto, a maioria das teorias em estudos organizacionais, formuladas em outros contextos econômicos, pressupõe organizações como entidades distintas, com ativos mensuráveis, estrutura fixa e mão-de-obra permanente, o que não corresponde aos acontecimentos reais, em que a economia está povoada por terceirizações, alianças com concorrentes e parcerias com clientes. Nesse ambiente, a competição passou a ocorrer entre cadeias produtivas e não entre unidades de negócios isoladas.

O reconhecimento das fronteiras empresariais tornou-se uma questão de difícil identificação, dado o número de interações existentes, não somente em nível de uma empresa em particular, mas a sua relação associativa com fornecedores e clientes. Logo, são destas relações que emergem os novos arranjos empresariais, denominados cadeias ou redes, formados com o objetivo de reduzir incertezas e riscos, por meio da cooperação e da coordenação conjunta. A empresa convive com uma permanente busca de flexibilidade, o que lhe confere um aumento da complexidade, caracterizada, por sua vez, pelo aspecto da incerteza, da imprevisibilidade e da variabilidade.

Nesse espaço dialógico entre a busca da certeza e o aumento da variabilidade, incerteza e imprevisibilidade a ciência da complexidade, principalmente através dos Sistemas Adaptativos Complexos (SAC), emerge como uma estrutura conceitual capaz de intervir neste novo ambiente através de sua abordagem holográfica e integrativa, considerando o particular e o global como partes de um mesmo sistema, onde o global interfere no desempenho do individual e o individual interfere no desempenho global. Os SAC podem ser definidos como sendo composto de um grande número de agentes, que interagem entre si e com outros SAC de acordo com um conjunto de regras (HOLLAND, 1995). Eles aprendem, possuem autonomia de ação, se adaptam e evoluem. Os SAC existem na dialógica entre a ordem e a desordem.

Apresenta-se, a seguir, uma discussão sobre Sistemas Adaptativos Complexos, mostrando as contribuições que esta estrutura conceitual traz à gestão. A relação existente entre os conceitos de gestão em saúde e sistemas adaptativos complexos – SAC evidencia as interações que permeiam estas estruturas de funcionamento em rede. Busca-se, demonstrar, que tanto na gestão da saúde, como na gestão de SAC é necessário saber gerenciar características divergentes, tais como: dependência, autonomia, regras, auto-organização representando um complemento necessário ao bom desempenho da cadeia (LEITE, REINISCH COELHO e BORNIA, 2003).

¹ Orenzio Soler. Professor Adjunto. Programa Farmácia Social. Departamento de Medicamentos. Faculdade de Farmácia. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Texto adaptado de LEITE, REINISCH COELHO e BORNIA (2003), Plsek and Wilson (2001) e Plsek and Greenhalgh (2001).

1. O Sistema Adaptativo Complexo (SAC)

A ciência da complexidade estuda sistemas dinâmicos não-lineares. Assim, com o desejo de compreender, conhecer e utilizar a complexidade existente nos sistemas dinâmicos não lineares, várias teorias foram desenvolvidas, podendo-se destacar: teoria da complexidade, teoria do caos, física quântica, teoria dos fractais, teoria geral dos sistemas e a cibernética, sendo que elas estudaram diferentes níveis de complexidade na natureza. Nesta direção, Lewin (1994) diz que existem alguns aspectos interagindo na natureza e produzindo um comportamento muito divergente. Numa análise superficial parece obra do acaso, contudo é o chamado caos determinístico, resultante de equações bem simples que podem ser especificadas. Noutra caso, as interações num sistema dinâmico fazem surgir uma ordem global com todo um conjunto de propriedades estruturadas. No segundo caso, o sistema dinâmico apresenta uma complexidade ordenada, através de propriedades globais brotando do comportamento gregário dos indivíduos. Em outras palavras, pode-se dizer que existem tipos de sistemas complexos que produzem ordem. Dos sistemas complexos que produzem ordem surgem, então, os sistemas adaptativos complexos.

Para Gell-Mann (1996) o fluxo turbulento de um líquido é um sistema complexo, mas não pode ser chamado de adaptativo. No fluxo turbulento, há redemoinhos que dão origem a outros redemoinhos menores e assim por diante, e certos redemoinhos têm propriedades que lhes permitem sobreviver no fluxo e produzir outros, enquanto há os que se extinguem. Existe transformação no sistema, sem dúvida, mas ele não produz um esquema, uma compreensão da informação com a qual se possa prever o meio ambiente. No caso das sociedades humanas, os esquemas são instituições, costumes, tradições e mitos. Eles são, com efeito, tipos de ADN (Ácido Desoxirribonucléico) cultural. Os sistemas adaptativos sempre buscam um padrão. Eles interagem com o meio ambiente, “aprendem” com a experiência e como resultado se adaptam. Existem, também, os sistemas intermediários, chamados sistemas mal adaptáveis, que não evoluem em regras de comportamento como, por exemplo, as colônias de formigas.

Gell-Mann (1996) define SAC como aqueles sistemas que aprendem ou evoluem da maneira que os sistemas vivos o fazem. Holland (1995) diz que os Sistemas Adaptativos Complexos são, sem exceção, formados por um grande número de elementos ativos que exibem uma grande diversidade em forma e capacidade. Stacey (1996) afirma que um Sistema Adaptativo Complexo consiste de um número de componentes, ou agentes, que interagem uns com os outros de acordo com um conjunto de regras que são necessárias para avaliar e responder o comportamento uns dos outros. O objetivo é melhorar o comportamento do sistema como um todo.

Em outras palavras, um SAC aprende e evolui, interagindo com outros Sistemas Adaptativos Complexos. Para Axerold e Cohen (2000), os SAC são sistemas que contêm agentes ou populações que procuram se adaptar. Em muitos SAC, todas as estratégias dos agentes fazem parte de um contexto, no qual o agente é o ator. Isto dificulta ao agente predizer as conseqüências de suas ações e, portanto, escolher o melhor curso de ação. Kelly e Alisson (1998) dizem que todo SAC é único. Cada qual emerge a partir de uma história específica e interage com o ambiente, podendo parecer similar, mas nunca sendo exatamente o mesmo para outro sistema. Um SAC produz resultados que são diferentes e mais eficazes que aqueles que podem ser produzidos pelas partes do sistema trabalhando independentemente. Para Coelho (2001) a realização mais importante dos SAC reside na capacidade de aprender pelo seu operar.

Para Leite, Reinisch Coelho e Bornia (2003) um SAC é considerado um sistema composto de um grande número de diferentes agentes, que captam informações do meio ambiente e da suas próprias interações entre os agentes. Ele cria regras, a partir de esquemas individuais e conjuntos. As regras são desenvolvidas pela identificação de regularidades na captação das informações. Estes esquemas são atualizados pela aprendizagem e evoluem para estágios mais avançados.

Ao se analisar o conceito apresentado por estes autores se pode destacar a semelhança entre as descrições e o detalhamento diferenciado dados pelos diversos autores ao SAC. O uso de palavras como:

agentes, interação, regras, aprendizagem, evolução e captação de informações estão presentes em todos os conceitos que ressignificam o saber e o fazer. As abordagens contêm um grau de detalhamento diferenciado, contudo a essência de todas pode ser traduzida na *interação de agentes que aprendem num processo de contínua evolução*.

Assim, foi à evolução nas formas de gestão, que levou ao uso do referencial teórico dos SAC às organizações industriais. Iarozinski (2001) diz que a complexidade não é apenas função das evoluções das características de produção, mas também da representação que o observador ou gestor faz do sistema. Esta representação é dependente dos métodos que ele utiliza para modelar e gerir o sistema. De certa forma, os métodos refletem o estado de desenvolvimento do conhecimento científico do período em questão.

Os trabalhos dos pesquisadores Holland (1995), Stacey (1996), Kelly e Allison (1998), Axelrod e Cohen (2000) e Coelho (2001), dentre outros, apontam para o estudo de empresas como Sistemas Adaptativos Complexos considerando que elas possuem um conjunto de agentes que interagem com o meio ambiente, fazem escolhas e atuam, examinando as conseqüências de suas ações.

2. Liderança e gestão em saúde de organizações complexas

Para a maioria dos atuais modelos de gestão se acredita que o princípio para o bom funcionamento de uma organização se assemelha a uma máquina com uma engrenagem bem *azeitada*. Isto conduz à equivocada noção de que o desempenho do trabalho é otimizado quando compartimentalizados em distintas unidades, muitas vezes levando a falta de cooperação, característica deste tipo de modelo.

Os Sistemas Adaptativos Complexos – SAC nos faz repensar na complexidade da organização e gestão dos cuidados de saúde. Todo o desempenho do sistema parte do princípio da gestão de suas relações. As interações dentro de SAC são mais importantes do que as discretas ações das suas partes individualmente. Novas relações produtivas ocorrem quando há interações entre as partes isoladas de um complexo sistema de produção, permitindo a integração de suas inerentes potencialidades.

Nesta direção, infere-se que os modelos de saúde dependem para a sua organização e gestão, em grande parte, de uma interação produtiva para o seu complexo sistema de produção. Percebe-se, que, para os sistemas de saúde ter objetivos, orçamentos e desempenhos isolados para a promoção à saúde, atenção primária, secundária e terciária, conduz a um funcionamento compartimentalizados de cada uma destas ações, mas não necessariamente ao bom funcionamento e eficiência do sistema como um todo. O foco do sistema de saúde há que ser multidimensional (holográfico) e não unidimensional. A pactuação de orçamentos e metas precisa ser traduzida em ações articuladas e concretas, assegurando que as partes se comuniquem e se interrelacionem.

Sabe-se, que ser resistente às mudanças é inerente ao homem. Assim, utilizar-se de conceitos e premissas de Sistemas Adaptativos Complexos pode ser uma estratégia que permita ressignificar o saber e o fazer em uma nova dimensão, promovendo mudanças positivas. Reconhece-se, pela teoria da complexidade, que quando se inspira liderança, mudanças ocorrem naturalmente e, que, os indivíduos se engajam neste esforço de mudança por uma séria de distintas razões inerentes ao sistema. Respeitam-se os padrões refletidos nos esforços de líderes que querem inovar. O papel do líder é proporcionar condições que disseminem as práticas efetivas e eficientes, permitindo que os outros se adaptem a essas novas formas mais significativas do saber e do fazer.

Por causa da equivocada visão de querer controlar a organização como uma máquina, há um pensamento de que a mudança é indesejável, impossível. No entanto, a evolução é natural em qualquer sistema complexo onde há interação entre distintos cenários e atores. Além disso, inovação é, por definição, um processo normal no processo de evolução.

O pensamento holístico nos ajuda a compreender o paradoxo da mudança como algo potencialmente desejável e perfeitamente capaz de ser realizado. Para casos onde há um elevado grau de certeza sobre o resultado de uma ação e, um elevado grau de acordo entre aqueles que irão assegurar as medidas, é conveniente reduzir as variáveis. Há que se identificar quais modificações na estrutura e no processo pode levar a resultados melhores.

Os líderes de todos os níveis hierárquicos precisam desenvolver uma sofisticada visão do papel das mudanças nos sistemas complexos. Isto se consegue, explorando com os outros pares, o grau de certeza e de acordos em torno de ambos os "quê" e "o que fazer" de um determinado problema, conjuntamente com o entendimento de que a inovação exige mudança ocasional, mesmo quando tudo parece certo e acordado.

A ciência dos Sistemas Adaptativos Complexos traz novos conceitos que podem dar uma nova compreensão aos problemas na organização e na gestão de sistemas de saúde. Argumenta-se, que uma efetiva organização e gestão para os cuidados em saúde não precisaria de objetivos específicos, nem deveria se centrar em "controlar o processo" ou "superar resistência". Pelo contrário, aqueles que pretendem modificar uma organização devem aproveitar a criatividade e a natural capacidade de reorganização de seu pessoal, assim como as interrelações entre os componentes do sistema e suas respectivas metas, utilizando-se dos atratores positivos para a mudança e uma abordagem construtiva à variação nos campos onde existe apenas um moderado grau de certeza e acordo.

Quiçá, talvez o maior obstáculo a estas abordagens exigidas pela complexidade do pensar sejam os próprios dirigentes de sistemas de saúde que se sustentam na hierarquia baseada no comando centralizado e métodos arcaicos de controle. Há que se investir no desenvolvimento de líderes que possam trabalhar de modo diferente daqueles tradicionalmente formatados. Nos modelos de sistemas complexos as relações entre as partes são mais importantes do que as próprias partes. Tratar as organizações como Sistemas Adaptativos Complexos permite que um novo e mais eficiente estilo de gestão surja na área da saúde.

3. Complexidade da ciência: o desafio da complexidade dos cuidados de saúde

Em todo o mundo, em todos os campos do conhecimento, em todos os níveis, os cuidados em saúde estão se tornando cada vez mais complexos. Há, apenas trinta anos, os médicos e profissionais da saúde praticavam sua arte em seus espaços particulares, tendo um mínimo de pessoal e de equipamentos de apoio. Quando precisavam de um aconselhamento telefonavam, sempre que necessário para um especialista. Não passavam horas a fio em torno da burocracia. Hoje, os médicos e profissionais da saúde trabalham em um complexo sistema produtivo, muitas vezes com foco em um sistema particular do corpo [especialistas], muitas vezes, sendo comparados, analogamente, a um líder empresarial. Estes profissionais, muitas vezes, trabalham longas horas, sendo seus principais problemas relacionados a não utilização dos conhecimentos e habilidades adquiridas nas unidades acadêmicas formadoras, bem como aos aspectos burocráticos exigidos pelo sistema.

A saúde pública era a ciência de controle de doenças infecciosas, através da identificação das "causas", e tomar medidas para remover ou contê-las. As epidemias de hoje são o resultado da interação de predisposição genética, contexto ambiental, e das escolhas de estilo de vida. Até pouco tempo atrás, você se dirigia ao médico quando se sentia mal para investigar o que havia de errado com você e se submeter a uma anamnese, diagnóstico e um tratamento para se restabelecer. Nestes tempos de modernidade, você *tem* a possibilidade de nem ir até lá, pois os serviços de saúde dispõem de tecnologia que permitem o envio por meio da Internet do seu diagnóstico e tratamento; sendo seus valores bioquímicos e dados fisiológicos rapidamente identificados e analisados e seu tratamento *ditado* pelas provas de diagnósticos, mesmo que as mesmas sejam imprecisas, ambíguas, ou conflitantes, podendo ser utilizados formal ou informalmente para a decisão da gestão clínica. Há a possibilidade da solução para o seu problema de saúde venha em um pacote pronto estabelecido por interesses de empresas, não assegurando a participação de uma equipe multidisciplinar qualificada e de princípios de medicina baseada em evidências.

A experiência de nível pessoal dos profissionais da saúde de uma prática estática acima exemplificada pode levar à frustração e desilusão. Muitas vezes, a forma tradicional de *resolver o problema com nossas próprias cabeças* não é a mais adequada. O *universo da mecânica de Newton* em que grandes problemas podem ser divididos em pequenas partes, analisados e resolvidos por dedução racional, tem influenciado fortemente as práticas em saúde e de lideranças de suas organizações que compreendem que para a gestão convencional o trabalho pode ser programado, dividido em unidades compartmentalizadas e otimizado. Infelizmente, esta equação não é constante, independente ou previsível. A ciência dos Sistemas Adaptativos Complexos – SAC fornece um novo olhar que pode ajudar a lidar melhor com estas questões.

Tensão e paradoxo são fenômenos naturais. Não necessariamente tem de ser resolvidos. O fato de que sistemas complexos interagem com outros sistemas leva a tensão e ao paradoxo de que nunca pode ser totalmente resolvidos. Em sistemas sociais complexos, as forças opostas da concorrência aparentemente impulsionam, muitas vezes, de uma forma positiva, melhorando o desempenho coletivo de todos os trabalhadores. Somente se considerarmos o convencional pensamento científico reducionista iremos acreditar que finalmente resolveremos todas as questões pendentes e suas complexidades. A teoria é confortável até mesmo com os valores herdados da tensão entre as diferentes partes do sistema. O comportamento de um sistema complexo emerge da interação entre os seus agentes. O todo é muito mais do que simplesmente a soma das suas partes. A incapacidade de ser criativo, observar fenômenos emergentes é a principal lacuna do pensamento reducionista.

A ciência dos Sistemas Adaptativos Complexos fornece conceitos e importantes ferramentas para responder aos desafios da atenção à saúde no século XXI. Práticas multidisciplinares em saúde, organização, informação, gestão, pesquisa, educação e desenvolvimento profissional são interdependentes e construído em torno de múltiplos sistemas com interação e auto-regulação. Em sistemas complexos, imprevisibilidade e paradoxos estão sempre presentes, e algumas coisas permanecerão incognoscíveis. Compreendem-se, Sistemas Adaptativos Complexos, como uma coleção de agentes com liberdade para agir de forma que nem sempre são totalmente previsíveis, que as ações se encontram interligadas de forma que as ações de um agente proporcionem mudanças no contexto de outros agentes, que os sistemas complexos têm tipicamente limites difusos, nos Sistema Adaptativo Complexo os agentes têm que responder aos seus ambientes usando um conjunto de regras internalizadas.

Novos conceitos que incorporam uma visão dinâmica, emergente, criativa e intuitiva devem substituir as abordagens tradicionais do “deduzir e resolver” em cuidados clínicos. Investigar o contexto sócio, econômico e cultural do paciente, seus pensamentos, suas preocupações e suas expectativas são exemplos para internalizar e impulsionar novas ações no campo dos cuidados em saúde.

As regras internas não precisam estar explícitas e lógicas. O saber e o fazer dentro do qual os agentes independentes se relacionam não são fixos. Os agentes e os sistemas são adaptáveis. Os agentes mudam e os sistemas complexos se adaptam ao seu comportamento ao longo do tempo. Os sistemas estão incorporados e co-evoluindo em outros sistemas. A evolução de um sistema influencia e é influenciada por outros sistemas. Dado que cada agente e cada sistema é aninhado dentro de outros sistemas, todos evoluindo e interagindo conjuntamente, não podemos compreender plenamente qualquer um dos agentes ou sistemas sem fazer referência aos outros.

O comportamento de um sistema complexo, muitas vezes é não-linear. Uma pequena diferença nas variáveis iniciais leva a enormes diferenças nos resultados. Esta propriedade de não-linearidade aparece em todos os sistemas complexos. Como os elementos são mutáveis, as relações não-lineares e os comportamentos emergentes são sensíveis a pequenas alterações. A única maneira de saber exatamente o que um sistema complexo vai fazer, é observá-lo: não é uma questão de um melhor entendimento dos agentes, de um melhor modelo, ou de mais análise. Apesar da falta de previsibilidade detalhada, muitas vezes é possível fazer, verdadeiras e úteis, afirmações sobre o comportamento de um sistema complexo.

A Ciência da Complexidade observa, também, um tipo específico de padrão chamado de atrator. O fenômeno atrator fornece padrões de compreensão mais simples, do que parece à primeira vista, de um comportamento extremamente complexo. Sistemas complexos emergem de um processo de auto-organização. No cotidiano, muitos comportamentos complexos emergem de regras relativamente simples em coisas, tais como, a condução em tráfego ou o interagir nas reuniões. Embora ninguém dirija nossas ações em tais situações, todos nós sabemos como nos comportar adaptativamente e realizar o que nós queríamos alcançar.

Nosso instinto nos diz, nos momentos de conflitos ou de resoluções de problemas (paradoxos), para irmos para a zona de sistema simples ou utilizarmos o pensamento reducionista. Mas a ciência da complexidade sugere que muitas vezes é melhor tentar múltiplas abordagens e deixar a direção surgir gradualmente com o passar do tempo, dando atenção àquelas coisas que parecem estar funcionando melhor. Explorar novas possibilidades através da experimentação, da autonomia e trabalhar na fronteira do conhecimento é importante para os sistemas complexos.

Nem todos os problemas residem na zona da complexidade. Onde há um elevado nível de certeza sobre o que é necessário e pode ser acordado entre os agentes, é adequado para os indivíduos pensar em termos mecanicistas e exercer seu papel já acordado. Em tais situações, os indivíduos renunciam a alguma autonomia a fim de realizar um objetivo comum e indiscutível, o sistema mostra menos comportamento emergente, mas o trabalho é feito de forma eficiente. Entretanto, quando se fala de situações de cuidados modernos em saúde, se tem um alto grau de certeza, de acordo e protocolos rígidos, os quais são muitas vezes abandonados e com razão.

Reconhece-se e salienta-se a natureza complexa dos cuidados de saúde no século XXI e as limitações do pensamento reducionista e do universo mecanicista como *metáfora* para resolver problemas organizacionais e de gestão. Para lidar com a crescente complexidade dos cuidados de saúde, há que se *abandonar* os modelos lineares, aceitar a imprevisibilidade, o respeito à criatividade e responder de forma flexível a padrões emergentes e de oportunidades, ou seja, ressignificar o saber e o fazer a partir de um repensar das missões e objetivos das unidades formadoras em relação ao perfil dos profissionais da saúde.

4. A Cadeia de Suprimento

Apesar de existir um extenso número de trabalhos abordando o termo cadeia de suprimento, ainda não existe uma convergência para uma definição geral padronizada do termo. A literatura pertinente apresenta variadas denominações para a cadeia de suprimento com aplicações aparentemente iguais, o que pode indicar denominações dadas de acordo com a área de interesse dos pesquisadores, ou abrangências diferentes para cada termo. Faltam denominações mais precisas, principalmente em relação a cadeias produtivas, cadeias de valor e cadeias de suprimento, gerando certa confusão no entendimento das diferenças entre elas. Quanto ao termo cadeia de suprimento, pode-se perceber que alguns autores, tais como: Slack (1999) e Nascimento Neto, Oliveira e Ghinato (2002) relacionam o termo cadeia de suprimento a um conjunto de processos, cuja origem está na logística e na administração de materiais.

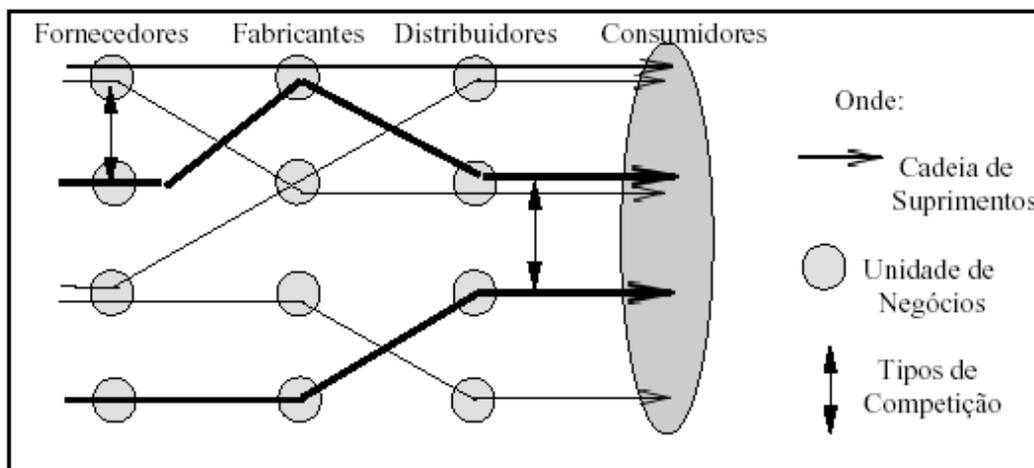
Nestes conceitos, não é ressaltada a importância da gestão compartilhada. Por outro lado, podem-se destacar os autores: Aravechia e Pires (2000), Pires (1998), Rodrigues e Pires(1997), Gobbo Jr. e Pires(1997), Wood Jr. e Zuffo(1998), Scavarda e Hamacher (2000), Lambert, Stock e Vantine (1999) e Guide Jr. e Wassenhove (2002) por suas abordagens reconhecerem que o termo *cadeia de suprimento* é muito mais abrangente que a logística ou administração de materiais, pois engloba a gestão do processo de

negócio. Kotler (2001) apresenta o conceito de cadeia de suprimento relacionado ao Marketing. Ele utiliza, mais comumente, o termo *cadeia de demanda*, já que sua análise é realizada a partir da identificação do cliente, ou seja, a cadeia é formada após o conhecimento do segmento de clientes.

No conceito apresentado por Bovet e Martha (2001), existe um alinhamento entre matéria-prima, programa de produção e distribuição física e fluxo de informações. Os autores, ainda, direcionam sua abordagem no sentido de uma *cadeia de suprimento digital*, a qual fundamenta o conceito de rede de valor. Dessa forma, a gestão da cadeia e suprimento produz uma valiosa mudança no ambiente competitivo, por considerar que a competição no mercado ocorre, de fato, no nível das cadeias produtivas e não apenas no nível das unidades de negócios (*business units*) de maneira isolada, como estabelece o trabalho de Porter (1991). Concordam com esse fato, os estudiosos Pires (1998), Aravechia e Pires (2000), Gobbo Jr. e Pires (1997), Scavarda e Hamacher (2000) e Nascimento Neto, Oliveira e Ghinato (2002). Pires (1998) diz que, dessa mudança, resultou um modelo competitivo baseado no fundamento de que atualmente a competição ocorre entre unidades de negócios virtuais, formadas pelo conjunto de unidades, geralmente representadas por empresas distintas, que compõem determinada cadeia produtiva, como pode ser visualizado na Figura 1 (Competição entre unidades de negócios virtuais).

Atualmente, a gestão da cadeia de suprimento busca obter uma unidade de negócio virtual, pois é através dela que se pode obter as vantagens da integração vertical, sem as desvantagens inerentes a ela, em termos de custos e perda de flexibilidade. Uma unidade de negócio (empresa) pode participar de várias unidades de negócios virtuais. O objetivo da gestão da cadeia de suprimento é maximizar as sinergias entre todas as partes da cadeia para servir o consumidor final mais efetivamente, seja reduzindo custo ou acrescentando valor ao produto. A redução de custo pode ser obtida através de menos transações, reduzida variabilidade da demanda, baixos custos de transporte, estocagem e inventário. (PIRES, 1998 e GOBBO JR. e PIRES, 1997).

FIGURA 1: COMPETIÇÃO ENTRE UNIDADES DE NEGÓCIOS VIRTUAIS



Adaptado de Vollman & Cordon, 1996, *in*: Leite, Reinisch Coelho e Bornia (2003).

Baseado nos autores mencionados anteriormente se pode constatar que o conceito de cadeia produtiva engloba uma visão mais ampla dos arranjos empresariais, incluindo deste a extração da matéria-prima até o acompanhamento pós-venda. Contudo, não existe uma gestão total dessa cadeia, nem a preocupação com a integração dos vários elos componentes da cadeia produtiva. Já a cadeia de valor representa todas as atividades desenvolvidas internamente à empresa com o objetivo de criar valor para o cliente. Toda empresa possui a sua lógica de encadeamento de valor. O sistema de valores é composto pela

combinação das cadeias de valores de várias empresas, logo o desempenho do sistema de valores depende do desempenho das capacidades individuais das cadeias de valores. A cadeia de suprimento (*supply chain*) pode ser entendida como um fluxo físico de informações dentro de uma cadeia produtiva, com o objetivo de criar e gerenciar sinergias entre as partes envolvidas dessa cadeia e agregar valor ao cliente final.

5. A Cadeia de Suprimento vista como um Sistema Adaptativo Complexo (SAC)

Apresentadas as abordagens de Cadeias de Suprimento e SAC separadamente, procede-se a discussão da Cadeia de Suprimento analisada como um SAC. Considerando que uma empresa é composta de processos e pessoas que interagem entre si e, com o ambiente por meio de sua cadeia de relacionamento, aprendendo, criando regras, adaptando-se e evoluindo. Assim, pode-se considerar, também, que empresas operando em conjunto formam arranjos empresariais, denominados cadeias de suprimentos, os quais podem ser identificados como SAC.

QUADRO 1: PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS COMUNS À CADEIA DE SUPRIMENTO E AO SAC

CARACTERÍSTICAS	CADEIA DE SUPRIMENTO	SISTEMA ADAPTATIVO COMPLEXO
População de agentes	Consiste do conjunto composto por empresa líder, fornecedores e clientes.	É composto de uma variedade de tipos de agentes que possuem localização, memória, autonomia, aprende e interage.
Interação	Relacionamentos entre fornecedores empresas-clientes.	Configura-se em relacionamentos de muitos para muitos e não de um para um. Representa a base de um SAC. É da interação dos agentes dentro do sistema que nasce as propriedades emergentes, aquelas que somente aparecem da interação das partes, já que as partes individuais não as possuem.
Conectividade	A cadeia apresenta uma conectividade entre os parceiros como forma de manter uma agregação estruturada de empresas e pessoas.	É a conectividade entre a agregação de agentes que determina a complexidade e a estrutura do SAC.
Autonomia	As empresas e as pessoas são entes autônomos, capazes de avaliar suas ações.	A autonomia confere aos agentes, consciência de suas habilidades, informações e possibilidade de atuação em determinadas situações.
Controle	As cadeias possuem um sistema de governança, em que uma ou mais empresas assumem a atividade de coordenar ou controlar o funcionamento do todo.	Como contraponto à autonomia, o controle surge não no sentido de hierarquia, mas no sentido do ente autônomo enxergar suas limitações e buscar na interação sua superação e evolução.
Regras	O convívio em cadeia pressupõe a existência de regras que facilitem as rotinas e determine os deveres e direitos dos envolvidos.	Existem as regras formais, que geralmente são restritivas, contudo os agentes dotados de autonomia produzem regras informais para articular os objetivos das empresas com os objetivos individuais.
Auto-organização	Na literatura pertinente a gestão de cadeias de suprimento não há uma aplicação formal deste termo, contudo o processo de auto-organização ocorre naturalmente da interação de grupos de pessoas ou empresas pelo aumento da complexidade e por fatores externos, como mudança no comportamento das empresas, clientes, fornecedores e ambiente.	Processo espontâneo de emergência da ordem sem a interferência de um planejador central. Da interação entre os agentes emerge uma organização sem um prévio planejamento.
Fluxo de informações	A cadeia de suprimento possui um fluxo de informações que permite gerenciar e criar sinergias positivas para os componentes da cadeia e para os clientes finais.	O fluxo de informações alimenta a inteligência do SAC, no sentido de reconhecimento de repetição de padrões, de informações novas ou apenas ruído.
Gestão em conjunto	Acontece uma gestão associativa entre fornecedores-empresas-clientes.	É da gestão do conjunto que emergem as propriedades do SAC. Num complemento perfeito entre o todo e as partes.

Uma Cadeia de Suprimento apresenta como características básicas: uma população de agentes (pessoas e empresas), interação, conectividade, autonomia, controle, regras, auto-organização, fluxo de informações e gestão em conjunto. Um SAC, por sua vez, também possui as mesmas características.

Contudo, a forma de articulação desses conceitos é diferente. O Quadro 1 (Principais características comuns à cadeia de suprimento e ao SAC) mostra como estas características são utilizadas pela cadeia de suprimento e pelo SAC.

Uma cadeia de suprimento deriva da própria emergência de fatores econômicos, que impõe táticas de cooperação como forma de sobrevivência, frente à rigorosa competição de mercado. Analisando o Quadro 1 (Principais características comuns à cadeia de suprimento e ao SAC), pode-se dizer que incorporar a visão de SAC ao estudo de uma cadeia de suprimento agrega novas possibilidades de entendimento da cadeia, o que poderia diversificar sua forma de atuação e seleção dos componentes da cadeia. O entendimento dos parceiros do negócio como população de agentes, composta por tipos proporcionaria um conhecimento mais apurado de como cada um desses tipos poderia contribuir para o satisfatório desempenho da cadeia. Este conhecimento ocorreria pela identificação da autonomia, das regras, da conectividade, das lideranças e dos graus de interações na cadeia, em termos de ligações fortes e fracas, permanentes e instáveis e pelo reconhecimento dos mecanismos internos inerentes a construção de cada grupo. Este mapeamento de características conduziria a identificação de tipos de interação, sejam elas fortes e intensas numa situação ou fracas e instáveis em outra. Esta análise desencadearia a visibilidade do processo de auto-organização, conduzindo a tomadas de decisões com maior possibilidade de sucesso.

5.1 Convivência dialógica de conceitos

Considera-se importante ressaltar a convivência num mesmo sistema de conceitos de sentido contraditórios, tais como autonomia-dependência, regras, controle, auto-organização, gestão do todo, gestão das partes, ordem-desordem, entre outros. Esta dialógica de conceitos, no entanto, não representa um aspecto negativo. Pelo contrário, a dialógica é um aspecto necessário à evolução do sistema. Nesse sentido, Morin (2000) diz que “[...] é certo que a relação ordem, desordem, organização não é somente antagônica; ela é também complementar, e é nessa dialógica devida à complementaridade e ao antagonismo que se encontra a complexidade.” Assim, pode-se proceder a algumas considerações sobre a relação antagônica/complementar da dialógica dos conceitos que compõe um SAC.

5.1.1 Autonomia-Dependência

A autonomia é uma característica que confere independência aos agentes. Maturana e Varela (2001) na sua teoria da autopoiese apontam a autonomia como característica básica dos seres vivos. Por serem autônomos, eles não podem se limitar a receber passivamente informações e comandos vindos de fora. Não funcionam unicamente segundo instruções externas. Assim, se forem considerados isoladamente, são autônomos. Mas, se considerados em sua interação com o meio, percebe-se que dependem de recursos externos para sobreviver. A partir dessas constatações os autores desenvolveram a idéia de sistema organizacionalmente fechado e estruturalmente aberto ao fluxo de energia e recursos. Dessa forma, percebe-se que a oposição de conceitos num mesmo ambiente complementa e enriquece sua interação.

5.1.2 Autonomia-Controle

A autonomia de pessoas e empresas permite compreender as habilidades e as informações que possuem para agir em determinada situação. Contudo, é o controle exercido pelo efeito da recursividade pessoal ou da observação de outros que permite enxergar quando é necessário interagir para superar limitações individuais e evoluir.

5.1.3 Regras e auto-organização

A auto-organização é um processo de emergência da ordem sem um planejador central. Contudo, apesar da ocorrência da auto-organização como fenômeno inerente à interação de grupos ou agregado diversificados, as regras existem nos próprios esquemas mentais dos agentes individuais (pessoas) como

forma de crenças, princípios éticos e julgamentos de valor e nos esquemas de organização dos agentes (empresas), em forma de mecanismos de funcionamento interno e externo.

5.1.4 Gestão das partes - gestão do todo

Um princípio básico da teoria da complexidade é que o todo é maior que a soma das partes. Nesse sentido, ao analisar um SAC, o conjunto precisa ser observado, já que é da mistura de interações entre agentes que nascem as propriedades emergentes que nenhuma das partes possui isoladamente. Contudo, as partes também precisam ser analisadas isoladamente, pois contribuem para o bom desempenho do todo.

5.1.5 Ordem-Desordem

O sistema precisa da ordem, que emerge da auto-organização para evoluir. Ao mesmo tempo, precisam da desordem para evoluir ao nível de ordem superior. Por exemplo, numa empresa cada vez que um funcionário é substituído por outro, este processo gera um tipo de desordem maior ou menor, dependendo do grau de importância do funcionário na empresa, o que contribui para uma reorganização do sistema. O paralelo apresentado mostra que esta convivência dialógica de conceitos contribui para o aumento da complexidade do SAC e sua conseqüente evolução.

O gerenciamento em cadeia é uma necessidade imposta pelas atuais condições do mercado. Os relacionamentos do tipo em que só um lado ganha, hoje perdem espaço e sobressaem os relacionamentos, onde ambas as partes ganham – os chamados relacionamentos ganha-ganha – onde nesse tipo de interação, a preocupação é criar sinergia em cadeia, gerar lucro e satisfazer o cliente final.

Nesse contexto, estudar a cadeia de suprimento como um SAC pode representar um grande avanço ao setor por analisar características como interação, auto-organização, convivência dialógica de conceitos, conectividade, entre outras, que proporcionam um conhecimento mais profundo do funcionamento da cadeia. Se os arranjos organizacionais também fazem parte desta categoria de sistemas, os gestores podem agregar o potencial da complexidade a seu domínio empresarial. O controle hierárquico do sistema não é objeto da Teoria da Complexidade, ela aponta para uma estrutura conceitual que possibilita aprender como trabalhar para emergência das melhores condições.

Por fim, a aplicação dos conceitos da Teoria da Complexidade às empresas não é um fato corriqueiro, é algo novo. Tanto na literatura estrangeira como na nacional, nos últimos anos vem surgindo um esforço crescente em trazer resultados da aplicação dos conceitos dos SAC às empresas, como exemplo pode-se citar os trabalhos de Axerold e Cohen (1999), Kelly e Allison (1999), Iarozinski (2001), Coelho (2001), Agostinho (2001), Bauer (1999), Paul Plsek and Tim Wilson (2001), entre outros. Estas aplicações demonstram coerência e adaptação aos acontecimentos reais e abrem novos caminhos para enxergar a vida organizacional, além da busca da certeza e previsibilidade que o mercado não pode oferecer.

REFERÊNCIAS

- AGOSTINHO MA. Organização Emergente: Gerenciando o processo de auto-organização. Tese de Doutorado. Rio de Janeiro, COPPE: UFRJ, 2001.
- AVARECHIA CHM, PIRES SRI. Gestão da cadeia de suprimentos e avaliação de desempenho. In: ENANPAD (Encontro Nacional dos Programas de Pós-Graduação em Administração), 23, 2000, Florianópolis. Anais. Florianópolis: UFSC, 2000.
- AXELROD R, COHEN M. Harnessing Complexity: organizational implications of a scientific frontier. New York: 1999.
- BAUER R. Gestão da Mudança: Caos e Complexidade nas Organizações. São Paulo: Atlas, 1999.
- BOVET D, MARTHA J. Redes de Valor: Tradução: Márcia Tadeu. São Paulo: Negócio Editora. 2001.
- COELHO CC, REINISCH S. Complexidade e Sustentabilidade nas Organizações. Tese. Florianópolis: UFSC, 2001.
- GELL-MANN M. O Quark e o Jaguar: as aventuras no simples e no complexo: Tradução: Alexandre Tort. Rio de Janeiro: Rocco, 1996.
- GOBBO JUNIOR JÁ, PIRES SRI. Gestão da cadeia de suprimentos: um estudo de caso no setor de máquinas rodoviárias. In: ENEGEP (Encontro Nacional de Engenharia de Produção), 17, 1997, Gramado. RS. Anais. Gramado. RS: UFRGS, 1997.
- GUIDE JR, DANIEL VR, WASSENHOVE LN. Van. The reverse supply chain. Harvard Business Review. V.80, n.2, p.25-26, Feb. 2002.
- HOLLAND JH. Hidden Order: how adaptation builds complexity. Cambridge, Massachusetts: Perseus Books, 1995.
- IAROSZINSKI AN. Proposta de um modelo conceitual de gestão da produção baseado na teoria da complexidade: O modelo IMPLEXE. Monografia, Universidade Católica do Paraná, 2001.
- KELLY S, ALISSON MA. The complexity advantage. New York: McGraw-Hill, 1998.
- KOTLER P. Do marketing móvel às lacunas de valor. HSM Management. N.29, ano 5, p. 116-120, nov/dez. 2001.
- LAMBERT DM, STOCK JR, VANTINE JG. Administração estratégica da logística. São Paulo: Vantine, 1999.
- LEITE MS, REINISCH COELHO ACCS, BORNIA AC. A Cadeia de Suprimento vista como um Sistema Adaptativo Complexo (SAC): convivência dialógica de conceitos. XXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Ouro Preto, MG, Brasil. 21 a 24 de outubro de 2003 (ENEGEP 2003) ABEPRO.
- LEWIN R. Complexidade: a vida no limite do caos. Tradução: Marta Rodolfo Schmidt. Rio de Janeiro: Rocco, 1994. Tradução de: Complexity: life at the edge of chaos.
- MORIN E, MOIGE JL. A Inteligência da complexidade. Tradução: Nurimar Maria Falci. São Paulo: Peirópolis, 2000.
- OLIVEIRA JRA, NASCIMENTO NETO RV, GHINATO P. Supply Chain Management: Aplicação e ferramentas. In: ENEGEP (Encontro Nacional de Engenharia de Produção), 22, 2002, Curitiba-PR. Anais. Curitiba-PR: PUC. 2002.
- PIRES SRI. Gestão da cadeia de suprimentos e o modelo de consórcio modular. Revista de Administração de Empresas. São Paulo, v.33, n.3, p.5-15, jul/set 1998.

PORTER M. *Estratégia Competitiva: Técnicas para análise de indústrias e da concorrência*. Tradução: Elizabeth Maria de Pinho Braga. Rio de Janeiro: Campus, 1991. Tradução de: *Competitive Strategy*.

PLSEK PE, WILSON T. Complexity science: Complexity, leadership, and management in healthcare organisations. *BMJ* 2001; 323; 746-749. doi:10.1136/bmj.323.7315.746.

Plsek PE, Greenhalgh T. Complexity science: The challenge of complexity in health care. *BMJ* 2001; 323; 625-628

RODRIGUES AS, PIRES SRI. Gestão da cadeia de suprimentos como um novo modelo competitivo: um estudo empírico. In: ENEGEP (Encontro Nacional de Engenharia de Produção), 17, 1997, Gramado. RS. Anais. Gramado. RS: UFRGS. 1997.

SCAVARDA LF, HAMACHER S. A evolução da cadeia de suprimentos na indústria automobilística do Brasil. In: ENANPAD (Encontro Nacional dos Programas de Pós-Graduação em Administração), 23, 2000, Florianópolis. Anais. Florianópolis: UFSC, 2000.

SLACK N. *Administração da Produção*. Tradução: Vários autores. São Paulo: Atlas, 1997. Tradução de: *Operations management*.

STACEY R.D. *Complexity and Creativity in Organizations*. San Francisco, CA: Berrett-Koehler Publishers, 1996.

VARELA F, MATURANA H. *A árvore do Conhecimento: as bases biológicas da compreensão humana*. São Paulo: Palas Athena, 2001.

WOOD JUNIOR T, ZUFFO PK. Supply Chain Management. *Revista de Administração de Empresas*. São Paulo, v.38, n.3, p.55-63, jul/set 1998.