

## **ESTRATÉGIAS DE ANÁLISE E QUANTIFICAÇÃO DA COMPLEXIDADE EM REDES LOGÍSTICAS**

**Thaís Maria de Andrade Villela**

**Orlando Fontes Lima Júnior**

Universidade Estadual de Campinas

Faculdade de Engenharia Civil / DGT

Laboratório de Aprendizagem em Logística e Transportes

### **RESUMO**

A complexidade tem grande influência no desempenho das redes logísticas. Nesse trabalho são propostas estratégias de análise e quantificação da complexidade das redes logísticas com base em alguns estudos sobre o tema disponíveis na literatura. Os estudos analisados foram classificados de acordo com as diferentes abordagens sobre o assunto. Esta classificação foi dividida em três dimensões de análise: abrangência (macro ou micro), tipo (planejamento, projeto ou operação) e nível (estrutural, processo ou relação). Com esta classificação, foram identificadas as áreas mais e menos exploradas atualmente, em termos de análise e quantificação da complexidade em redes logísticas, e também foi possível montar uma estratégia de classificação dos problemas de acordo com suas características. Considerando essa estratégia, foram destacadas três grandes classes de naturezas diferentes: operacional, tática e estratégica. Percebeu-se que os aspectos estratégicos da complexidade em redes são menos abordados na literatura, sendo uma boa oportunidade de desenvolvimento de pesquisas futuras.

### **ABSTRACT**

Complexity has a large influence on logistics network performance. Based on some studies available on the literature, we propose, in this paper, strategies to analyze and quantify logistics network complexity. The studies analyzed were classified according to their approaches. This classification was divided in three categories: reach (macro or micro), type (planning, project or operation), and level (structural, process or relations). With this classification, we identified the most and less explored areas nowadays, in terms of analysis and quantification of logistics network complexity. It was also possible to propose a strategy to classify problems based on their characteristics. Considering this strategy, we identified three classes of planning with different sources: operational, tactical, and strategic. We also identified that strategic aspects of logistics network complexity are not extensively considered in the literature, which makes them a good opportunity for future researches.

### **1. COMPLEXIDADE NA REDE LOGÍSTICA**

A estrutura e a operação de uma rede logística têm sempre uma complexidade intrínseca. Segundo Sivadasan *et al.* (2002), em um ambiente dinâmico, por mais simples que uma rede aparentemente seja, sempre existe uma complexidade relativa a ela e esta complexidade tem grande influência no desempenho global da rede.

Diante da influência da complexidade no desempenho das redes logísticas e dos estudos encontrados na literatura sobre a medida da complexidade nessas redes, identificou-se a necessidade do desenvolvimento de uma estratégia de análise que permitisse a visualização das diversas maneiras adotadas para abordar e quantificar a complexidade nas redes logísticas.

Alguns autores (e.g. Vachon e Klassen 2001; Perona e Miragliotta 2004; Frizelle e Woodcock 1995; Sivadasan *et al.* 2002) realizaram estudos sobre desenvolvimento de modelos conceituais de complexidade da rede de suprimentos e comparação de alguma variável ao desempenho da rede. As pesquisas relacionam dados quantitativos à complexidade e a maioria dos modelos matemáticos descritos tem como base a entropia (neste contexto, entende-se como entropia a quantidade esperada de informação necessária para descrever o estado de um sistema).

Para entender melhor o conceito de complexidade numa rede, uma pesquisa interessante é a de Vachon e Klassen (2001). Os autores trazem duas contribuições sobre o tema em questão: o desenvolvimento de um modelo conceitual de complexidade da cadeia de suprimentos e um estudo exploratório sobre a relação entre complexidade da cadeia de suprimentos e desempenho de serviço de entrega. Para esses autores, o desempenho das entregas tornou-se uma medida de sucesso fundamental para o setor manufatureiro e é bastante relacionada à complexidade de rede.

Para explorar a ligação entre complexidade da cadeia de suprimentos e desempenho de serviço de entrega, Vachon e Klassen (2001) propuseram uma estrutura bidimensional que trata os graus de complexidade embutidos na cadeia de suprimentos ao longo de duas principais dimensões: tecnologia e natureza do processamento de informações.

O modelo proposto pelos autores foi embasado nas definições das dimensões de tecnologia e processamento de informações e apresenta uma estrutura matricial para a definição de complexidade da cadeia de suprimentos. A Figura 1 ilustra o modelo proposto por Vachon e Klassen (2001).

| Tecnologia           |                        |             |                                 |
|----------------------|------------------------|-------------|---------------------------------|
| Processo/<br>Produto | Sistemas<br>Gerenciais |             |                                 |
| A                    | C                      | Complicação | Processamento de<br>Informações |
| B                    | D                      | Incerteza   |                                 |

**Figura 1:** Modelo de complexidade da cadeia de suprimentos

Fonte: adaptado de Vachon e Klassen, 2001, p. 220.

A dimensão tecnológica pode ser subdividida em “estrutural”, que diz respeito ao processo e ao produto, e “infra-estrutural”, que diz respeito ao sistema de gerenciamento. Vachon e Klassen (2001) citam uma definição de complexidade no processamento de informações como sendo a diferença entre a informação necessária para realização de alguma tarefa e a informação realmente processada. Duas características desta complexidade foram levadas em consideração: variação dos níveis de complicação (referentes aos níveis e tipos de interações do sistema) e variação dos níveis de incerteza (referentes às variações inerentes ao sistema).

Para cada uma das 4 células conceituais (A, B, C e D) da Figura 1, Vachon e Klassen (2001) fizeram uma ligação ao desempenho do serviço de entregas. Os resultados da pesquisa realizada mostraram fortes ligações entre desempenho de serviço de entrega tanto com complexidade do produto/processo quanto com incerteza no gerenciamento dos sistemas. Em contrapartida, pouca evidência foi encontrada entre o aumento da variedade de produto e a complexidade das redes de suprimento com o desempenho de serviço de entrega.

Enfim, Vachon e Klassen (2001) sugerem que iniciativas para melhorar o desempenho de serviço de entrega devem ser enfocadas no aprimoramento dos fluxos de informação ao longo da cadeia e incentivo a novas tecnologias de processos, oferecendo flexibilidade para responder à incerteza.

Outras pesquisas, como a de Choi e Hong (2002), tratam o comportamento da complexidade numa rede logística. Para mostrar tal comportamento, esses autores mapearam três redes de suprimentos de diferentes linhas de produção da indústria automobilística. As linhas de produção analisadas foram Honda Accord, Honda Acura CL/TL e DaimlerChrysler Grand Cherokee, que representam três diferentes tipos de automóveis: familiar, de luxo e caminhonete, respectivamente. A estruturação das redes de suprimento de cada linha de produção foi baseada em três dimensões principais: formalização (ou padronização), centralização e complexidade. Esses autores fizeram uma análise detalhada de cada caso e uma análise comparativa entre os casos.

A complexidade, segundo Choi e Hong (2002), refere-se à diferenciação ou variedade estrutural que existe na organização. Pode resultar do número de subsistemas ou do nível de diferenciação dos objetivos de uma organização. Seguindo estudos anteriores, os autores adotaram que a complexidade deve ser entendida em três diferentes dimensões: complexidade horizontal, complexidade vertical e complexidade de dispersão. A complexidade horizontal é o número de entidades em um mesmo nível, ou seja, o número de fornecedores primários (ou secundários, terciários...) que a empresa possui. A complexidade vertical refere-se ao número de níveis do sistema, isto é, quantos níveis de fornecedores (primários, secundários...) o sistema possui. Já a complexidade de dispersão é o grau de dispersão dos membros no sistema, que Choi e Hong (2002) medem pela distância média entre duas empresas engajadas em um mesmo negócio (fornecimento e compra de suprimentos). Os autores também consideraram algumas medidas intangíveis para complexidade, como, por exemplo, o nível de parceria entre duas firmas da rede de suprimentos.

Na análise comparativa entre os casos, Choi e Hong (2002) perceberam que a estrutura das relações cresce de uma condição dual para uma cadeia e depois para uma rede, assim como as dimensões adotadas afetam umas as outras de forma progressiva: de formalização para centralização e finalmente para complexidade. Uma questão importante que afetou os três casos analisados é relacionada aos custos. Os custos são fatores limitantes e, nos casos analisados, afetam como as empresas selecionam seus fornecedores e como trabalham em conjunto, trazendo diferentes graus de complexidade no nível de rede.

Em mais um estudo sobre complexidade, Perona e Miragliotta (2004) fizeram uma pesquisa para investigar como a complexidade da cadeia de suprimentos pode afetar o desempenho de uma indústria manufatureira. O estudo realizado comprovou que a maneira como a empresa lida com a complexidade dos seus sistemas operacionais está diretamente ligada ao seu desempenho. Perona e Miragliotta (2004) também propuseram um modelo teórico para apontar as relações existentes no ambiente operacional. Este modelo sugere que o controle da complexidade na manufatura e em sistemas logísticos pode melhorar a eficiência e eficácia da cadeia de suprimentos como um todo.

Em uma pesquisa mais prática, Efstathiou, Calinescu e Blackburn (2002) desenvolveram um programa computacional para calcular a complexidade num sistema manufatureiro. Tendo como entrada os dados quantitativos sobre o desempenho da organização interessada, o

programa estima a complexidade da organização e ainda sugere algumas recomendações para diminuí-la. O algoritmo deste programa teve como base cálculos e medidas de entropia de sistemas e classifica a complexidade em três dimensões: estrutural, dinâmica e de tomada de decisão. O programa ainda utiliza os dados fornecidos pelos usuários para formar, de maneira sigilosa, o seu *benchmarking* e fornecer resultados e recomendações válidos.

A complexidade estrutural numa instalação manufatureira, segundo Efastathiou, Calinescu e Blackburn (2002), é definida como a quantidade esperada de informação necessária para descrever o estado programado da instalação. Para esses autores, a complexidade dinâmica é definida de maneira semelhante à estrutural, porém enquanto esta é baseada em programações, na visão dinâmica, a complexidade é calculada de acordo com observações reais. A complexidade da tomada de decisão, segundo os mesmos autores, é definida como a medida do volume e estrutura da informação que precisa ser levada em consideração para montar a programação para dado período, ou então, como a dificuldade embutida durante a criação de uma programação.

Sivadasan *et al.* (2002) trouxeram uma contribuição teórica, conceitual e prática sobre a medição de complexidade operacional em sistemas fornecedor-consumidor. Para esses autores, complexidade operacional de um sistema está diretamente relacionada à incerteza desse sistema. Os autores defendem ainda que, por mais simples que ele seja, existe complexidade operacional em todo sistema fornecedor-consumidor. A metodologia adotada por Sivadasan *et al.* (2002) tem como base teórica a entropia para medição da complexidade operacional dos sistemas. Por trabalhar com dados quantitativos, essas medidas entrópicas permitiram comparações entre fluxos tradicionalmente incomparáveis. Nos estudos de caso realizados por Sivadasan *et al.* (2002), essa habilidade em identificar quantitativamente as áreas problemáticas permitiu que as organizações controlassem os recursos investidos e justificassem as ações tomadas em tentativas de resolução de seus problemas.

Com relação à incerteza de um sistema, a pesquisa de Wilding (1998) é uma pesquisa interessante. Partindo do princípio de que o sucesso individual de uma organização depende do desempenho e confiabilidade de seus fornecedores, e que a incerteza no fornecimento e na demanda tem um grande impacto no desempenho da indústria manufatureira, este autor propôs um “triângulo de complexidade da cadeia de suprimentos”, que pode auxiliar no entendimento da geração da incerteza numa cadeia de suprimentos. Ele propõe que existem três efeitos independentes, porém com certa interação, que causam o comportamento dinâmico vivenciado pelas organizações; são eles: caos determinístico, interações paralelas e amplificação da demanda. Uma combinação desses efeitos pode aumentar significativamente o grau de incerteza num sistema. Wilding (1998) propõe também algumas teorias para compreender a geração da incerteza numa cadeia de suprimentos.

Um pouco mais antiga, a pesquisa de Frizelle e Woodcock (1995) descreve o desenvolvimento e também a aplicação de uma medida da complexidade na manufatura. Esses autores consideram válida a medida da complexidade como direcionador da estratégia operacional de uma empresa, pois quanto mais se aumenta a complexidade do sistema, maior é o seu tempo de resposta e menos confiáveis eles ficam. Uma das dificuldades encontradas no trabalho foi identificar como é a interação entre os vários elementos na manufatura e avaliar a importância de cada um. A estratégia adotada pelos autores foi a de analisar um

sistema manufatureiro pelo quão complexo ele é, e então medir a contribuição individual de cada parte operacional para complexidade total do sistema.

No estudo de Frizelle e Woodcock (1995) foram medidas as complexidades estática e dinâmica com base em um modelo matemático de entropia. A complexidade estática reflete a complexidade da estrutura das operações e pode ser obtida diretamente do banco de dados da empresa. Um pouco mais trabalhosa, a complexidade dinâmica é calculada somente depois de observações das filas e dos estados das fontes. Frizelle e Woodcock (1995) realizaram três aplicações práticas na sua pesquisa e observaram que, com a análise da complexidade desenvolvida, os gerentes de cada empresa puderam identificar as áreas mais fracas da sua organização, podendo assim, planejar novas estratégias para alcançar um melhor desempenho.

E enfim, voltada para o setor de serviços, Martínez-Tur, Peiró e Ramos (2001) fizeram uma pesquisa para estudar a ligação entre a complexidade estrutural de um serviço com a satisfação do cliente. Os autores também separaram os serviços de acordo com a sua natureza (públicos e privados). A definição de complexidade estrutural em serviço para estes autores é a diversidade de serviços oferecidos por uma organização. Os estudos de caso realizados foram em instalações desportivas e a complexidade foi medida de acordo com a diversidade de serviços esportivos (por exemplo: piscinas, quadras,...) que a organização oferece ao cliente. A conclusão a que se chegou foi que conforme a complexidade estrutural aumenta, as organizações públicas têm menor habilidade de garantir a satisfação do cliente do que as organizações privadas. A Tabela 1 apresenta de forma comparativa as pesquisas citadas neste capítulo.

## **2. ESTRATÉGIAS DE ANÁLISE E QUANTIFICAÇÃO DA COMPLEXIDADE EM REDES LOGÍSTICAS**

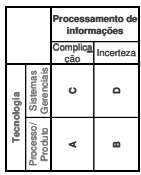
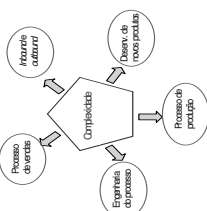
Com os conceitos sobre complexidade relacionados até o momento, pode-se agora apresentar uma classificação de acordo com as diferentes abordagens da complexidade nas redes logísticas. A classificação proposta está dividida em três dimensões distintas: a abrangência, o tipo e o nível da análise.

A abrangência corresponde ao ambiente ou o cenário abordado no estudo. No caso, a abrangência pode ser “macro”, quando a complexidade está relacionada a toda rede, ou então “micro”, quando se está tratando apenas de uma fábrica ou de um setor, por exemplo.

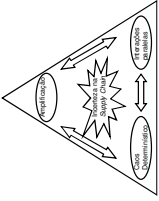
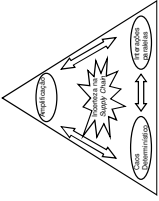
Com relação ao tipo de análise, identifica-se em qual fase a complexidade está sendo tratada: no planejamento, no projeto ou então na operação. Tanto na fase de planejamento quanto de projeto, trabalha-se bastante com probabilidades e previsões. Já na fase de operação, os estudos realizados trabalham com observações da situação existente.

Quanto ao nível de análise, precisa-se definir se a complexidade será analisada em termos de estrutura, processo ou relações entre componentes. Caso seja em termos de estrutura, a complexidade estará relacionada, por exemplo, ao número de filiais, quantidade e diversidade

**Tabela 1:** Quadro comparativo: análise da complexidade em redes logísticas.

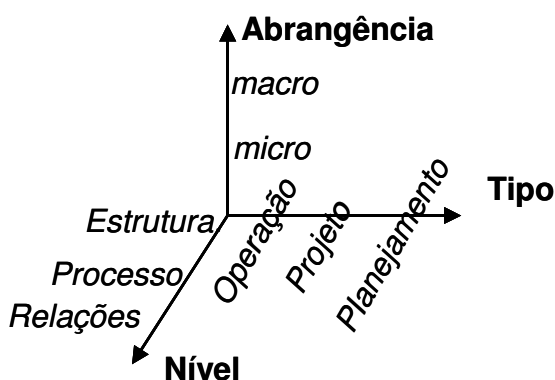
| <i>Autor</i>                             | <i>Esquema do modelo</i>  | <i>Dimensões</i>   | <i>Objetivo</i>  | <i>Tipo da pesquisa</i> | <i>Local pesquisado</i>            | <i>Análise</i>   | <i>Resultados</i>  |
|--|---|--|--|-------------------------|------------------------------------|--|--|
| Vachon e Klassen (2002)                  | <p><b>Bi-dimensional</b></p>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tecnológica:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- processo/produto</li> <li>- sist. gerenciais</li> </ul> </li> <li>• Processamento da informação:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- complicação</li> <li>- incerteza</li> </ul> </li> </ul> | Comparação: Complexidade e Desempenho de entregas                            | Campo (secundária)      | 469 empresas de 19 países          | Estatística <ul style="list-style-type: none"> <li>- correlação</li> <li>- regressão linear</li> </ul> | Evidências de influência para: complicação de processo/produto e incerteza de sist. gerenciais.                          |
| Perona e Miragliotta (2004)              |    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Processo de venda</li> <li>• Inbound e</li> <li>• outbound logistics</li> <li>• Desenvolvimento de novos produtos</li> <li>• Processo de produção</li> <li>• Engenharia do processo</li> </ul>  | Comparação: Complexidade e Desempenho da cadeia                              | Campo (primária)        | 14 empresas da Itália              | Não estatística, apenas interpretação dos dados  | Quanto maior a complexidade, maior é a eficiência/eficácia da cadeia   |
| Efstathiou, Calinescu e Blackburn (2002) | <p><b>Entropia</b></p> $S = - \sum_{j=1}^M \sum_{i=1}^N p_{ij} \log_2 p_{ij}$ $D = - \sum_{j=1}^M \sum_{i=1}^N p_{ij} \log_2 p_{ij}$ $DM = - \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N \sum_{k=1}^{T-1} \sum_{s=1}^n \log_2 p_{ijkl}$ | <ul style="list-style-type: none"> <li>• C. Estrutural</li> <li>• C. Dinâmica</li> <li>• Tomada de decisão</li> </ul>  | Conhecimento das tomadas de decisões que influenciam o desempenho da empresa | Númerica                |                                    | Programa computacional DM_CMPLX  | O programa estima complexidade e sugere recomendações para reduzi-la.  |
| Choi e Hang (2002)                       | $\pi$   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Padronização</li> <li>• Centralização</li> <li>• Complexidade horizontal</li> <li>- vertical</li> <li>- dispersão</li> </ul>  | Estruturação da rede de suprimentos  | Campo (primária)        | 8 empresas de 3 linhas de produção | “Vertical”<br>“Horizontal”   | Considerações se movem de formalização para centralização e finalmente para complexidade. Custos são fatores limitantes. |

**Tabela 1 (cont.):** Quadro comparativo: análise da complexidade em redes logísticas.

| <i>Autor</i>                       | <i>Esquema do modelo</i>   | <i>Dimensões</i>  | <i>Objetivo</i>  | <i>Tipo da pesquisa</i> | <i>Local pesquisado</i>  | <i>Análise</i>                                    | <i>Resultados</i>  |
|------------------------------------|--|---|--|-------------------------|--|---|--|
| Frizelle e Woodcock (1995)         | <p>Entropia</p> $H(S) = -P \log P + (1-P) \log (1-P) + \sum_{i \in S^*} P_i \log P_i + \sum_{i \in S^{**}} P_i \log P_i + \sum_{i \in S^{***}} P_i \log P_i$ $H = -\sum_{i=1}^M P_i \log P_i$ <p>Triângulo de complex.</p>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>C. Estática (banco de dados da empresa)</li> <li>C. Dinâmica (calculada pela prob)</li> </ul>                            | Medir a complexidade   | Campo (primária)        | 3 casos  | Matemática e Comparativa                          | A redução da complexidade como estratégia operacional  |
| Wilding (1998)                     |   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Caos determinístico</li> <li>Interações paralelas</li> <li>Amplificação</li> </ul>                                       | Relacionar incerteza com desempenho da cadeia                            | Teórica                 |  |   | Desenvolvimento de teorias para compreender a geração da incerteza numa cadeia de suprimentos                              |
| Sivadasan <i>et al.</i> (2002)     | <p>Entropia</p> $H(S^{KS}) = -\sum_{j=1}^M \sum_{i=1}^N P_{ij} \log_2 P_{ij}$  | <p>Complexidade pode ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Estrutural</li> <li>Operacional (O artigo trabalha apenas com a C. Operacional)</li> </ul> | Elaboração de metodologia quantitativa que permita medidas comparativas. | Campo (primária)        | 6 estudos de caso: <ul style="list-style-type: none"> <li>Unilever</li> <li>BAE Systems</li> <li>fornecedores</li> </ul> | Matemática  | Estabelecimento de base quantitativa para auxiliar tomadas de decisões (priorizar áreas problemáticas)                     |
| Martinez-Tur, Peiró e Ramos (2001) |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>C. Estrutural (diversidade de serviços oferecidos pela organização)</li> </ul>   | Clarear a relação entre complexidade estrutural e satisfação do cliente  | Campo (primária)        | 60 instalações desportivas (privadas e públicas)   | Estatística (MRA – moderator regression analysis) | Conforme a complexidade estrutural aumenta, organizações públicas tem menor habilidade de garantir a satisfação do cliente |

de máquinas, entre outros relacionados à infra-estrutura que a empresa possui para desenvolver sua função. No processo, a complexidade tem relação principalmente à diversidade de produtos ou então ao número de etapas para se produzir um mesmo produto. Quanto às relações, a complexidade tem ligação basicamente com o número de fornecedores e clientes que a empresa se relaciona. Quanto maior esse número, maior será a complexidade das relações.

A estrutura a seguir (Figura 2) ilustra a classificação de análise adotada, que permite organizar os estudos encontrados na literatura sobre análise e quantificação da complexidade e sua relação com desempenho das redes logísticas, identificando assim as áreas mais e menos exploradas sobre o assunto e, em seguida, montar uma estratégia de classificação dos problemas de acordo com suas características.



**Figura 2:** Dimensões da análise proposta.

Com relação aos estudos apresentados na seção 2, observa-se que as pesquisas de Choi e Hong (2002), Sivadasan *et al.* (2002) e Wilding (1998) são as únicas inseridas em um ambiente mais abrangente, ou seja, num ambiente “macro”, segundo a análise proposta. São pesquisas em que a complexidade está relacionada a toda rede. As demais pesquisas apresentadas estão mais voltadas para a análise interna de uma organização, tendo, portanto, uma visão “micro” de abrangência.

Quanto ao tipo de abordagem, a pesquisa que trabalha mais a visão em longo prazo é a de Wilding (1998), que lida com a incerteza de todo o sistema, e, portanto, está classificada na fase de planejamento. O estudo de Perona e Miragliotta (2004) trata de estratégias para lidar com a complexidade e garantir o bom desempenho da rede. Esta pesquisa está, portanto, na fase de projeto. Já a pesquisa de Efastathiou, Calinescu e Blackburn (2002) pode ser classificada tanto na fase de projeto, quanto de operação, pois mede e utiliza dados operacionais da empresa para fornecer suporte para tomadas de decisões táticas. No ambiente operacional, tratando de questões práticas dentro da empresa, estão as pesquisas de Vachon e Klassen (2001), Frizelle e Woodcock (1995) e Martínez-Tur, Peiró e Ramos



(2001). Com uma visão mais abrangente, mas também tratando de questões operacionais, estão as pesquisas de Choi e Hong (2002) e Sivadasan *et al.* (2002).

Em relação ao nível de abordagem, as pesquisas que tratam das relações com os fornecedores são as de Choi e Hong (2002) e Wilding (1998). A pesquisa de Sivadasan *et al.* (2002), além de estudar essas relações, analisa também o processo de produção da empresa. As pesquisas que analisam ou quantificam a complexidade do sistema com base principalmente no processo de produção são as de Vachon e Klassen (2001), Perona e Miragliotta (2004) e Frizelle e Woodcock (1995). E, finalmente, os estudos que associam a complexidade à estrutura da organização são as pesquisas Efastathiou, Calinescu e Blackburn (2002) e Martínez-Tur, Peiró e Ramos (2001).

A Tabela 2 mostra uma classificação das diferentes formas de abordagem:

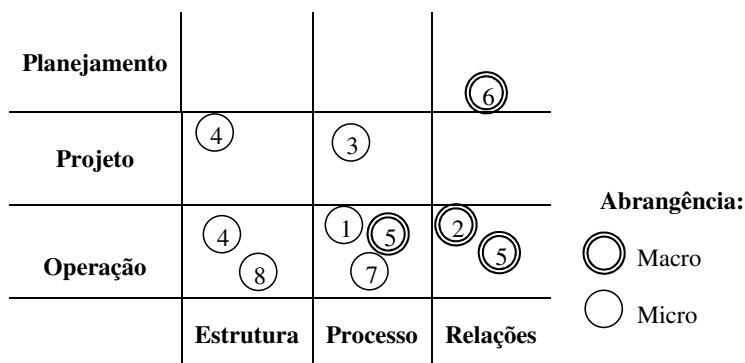
**Tabela 2:** Classificação das formas de abordagem

|   | Estudo                                    | Abrangência | Tipo                  | Nível                  |
|---|---|-------------|-----------------------|------------------------|
| 1 | Vachon e Klassen (2001)                   | micro       | operação              | processo               |
| 2 | Choi e Hong (2002)                        | macro       | operação              | relações               |
| 3 | Perona e Miragliotta (2004)               | micro       | projeto               | processo               |
| 4 | Efastathiou, Calinescu e Blackburn (2002) | micro       | projeto /<br>operação | estrutura              |
| 5 | Sivadasan et al. (2002)                   | macro       | operação              | processo /<br>relações |
| 6 | Wilding (1998)                            | macro       | planejamento          | relação                |
| 7 | Frizelle e Woodcock (1995)                | micro       | operação              | processo               |
| 8 | Martínez-Tur, Peiró e Ramos (2001)        | micro       | operação              | estrutura              |

Para melhor visualização da classificação, os estudos foram inseridos em um gráfico com uma estrutura bi-dimensional que representa Tipo x Nível (Figura 3). A Abrangência está identificada por uma notação diferenciada conforme apresentada na legenda.

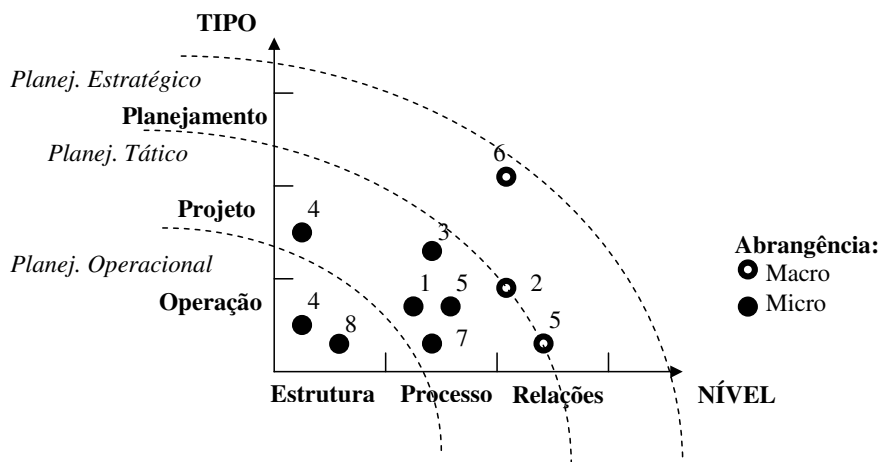
Com auxílio dessa estrutura foram identificados três níveis de possibilidades de análise: estratégica, tática e operacional. De acordo com Ackoff e Sasieni (1971), a distinção entre análise estratégica e tática baseia-se em três características principais: duração do seu efeito, parte da organização afetada e os objetivos considerados. Os efeitos estratégicos têm uma duração maior e envolve grande parte da organização, diferentemente do que acontece com os aspectos táticos. Quanto aos objetivos a serem traçados, a análise estratégica envolve a determinação dos objetivos e metas para a empresa, e a análise tática considera esses fins como dados preestabelecidos. Já no âmbito operacional, estão relacionadas as decisões mais imediatas do dia a dia de uma empresa e seus efeitos têm uma duração mais

curta, podendo ser alterados, ou corrigidos, com mais facilidade que os efeitos dos planejamentos tático e estratégico.



**Figura 3:** Classificação dos estudos

Pelas análises realizadas, percebeu-se que a maioria dos estudos encontrados na literatura está relacionada a questões táticas, ou seja, os estudos estão mais direcionados para a área de projeto ou dimensionamento das redes. Já a área menos explorada é a estratégica, voltada para uma visão da influência da complexidade no desempenho das redes no longo prazo. A Figura 4 ilustra a relação das análises estratégica, tática e operacional com a classificação das diferentes formas de abordagem e de quantificação de complexidade em redes logísticas.



**Figura 4:** Relação das análises conforme a classificação dos estudos

### 3. CONCLUSÕES

Considerando a estratégia de análise e quantificação da complexidade em redes logísticas sugerida no trabalho pode-se destacar três grandes classes de problemas:

A primeira classe de problemas é de natureza operacional e tem como principal foco os aspectos relativos à estrutura da rede e seus processos associados. O trabalho de Martínez-Tur, Peiró e Ramos (2001) propõe uma abordagem adequada para esta classe de problemas considerando principalmente a complexidade na operação da estrutura e sua influência no desempenho da rede.

A terceira classe de problemas é de natureza estratégica com foco no planejamento e nas relações entre componentes. O trabalho de Wilding (1996) apresenta uma boa proposta para tratar este tipo de problema incorporando a questão de incerteza.

Os aspectos estratégicos da complexidade em redes são menos abordados na literatura, sendo uma boa oportunidade de desenvolvimento de pesquisas, principalmente no que concerne ao planejamento da estrutura e processos e do projeto das relações internas e externas das redes logísticas.

#### Agradecimentos

À CAPES pelo apoio financeiro para o desenvolvimento desta pesquisa. Ao CNPq pelo apoio financeiro para desenvolvimento do projeto “Glog-Log – Núcleo de Pesquisa em Logística Global”, no qual este trabalho está inserido. E à equipe do LALT, pelo apoio no desenvolvimento de pesquisas conjuntas, principalmente no Projeto Temático sobre Redes Logísticas (LALT, 2004).

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ackoff, R. L. e M. W. Sasieni (1971) *Pesquisa Operacional*. Tradução: José L. moura Marques e Cláudio Graell Reis. Livros Técnicos e Científicos Editora e Editora da Universidade de São Paulo, Rio de Janeiro, RJ.
- Ballou, R. H. (2001) *Gerenciamento da cadeia de suprimentos: planejamento, organização e logística empresarial* (4ª ed). Tradução: Elias Pereira. Bookman, Porto Alegre, RS.
- Choi, T. Y. e Y. Hong (2002) Unveiling the structure of supply networks: case studies in Honda, Acura, and DaimlerChrysler. *Journal of Operations Management*, n. 20, p. 469-493.
- Chopra, S. e P. Meindl (2003) *Gerenciamento da cadeia de suprimentos: estratégia, planejamento e operação*. Tradução: Claudia freire. Prentice, São Paulo, SP.
- Efstathiou, J.; A. Calinescu; G. Blackburn (2002) A web-based expert system to assess the complexity of manufacturing organizations. *Robotics and Computer Integrated Manufacturing*, n. 18, p. 305-311.
- Frizelle, G e E. Woodcock (1995) Measuring Complexity as an aid to developing operational strategy. *International Journal of Operations & Production Management*, v. 15, n. 5, p. 26-39.
- LALT (Laboratório de Aprendizagem em Logística e Transportes) (2004) *Redes Logísticas: Projeto Temático*, LALT, FEC/Unicamp, Campinas, SP.
- Martínez-Tur, V; J. M. Peiró; J. Ramos (2001) Linking service structural complexity to customer satisfaction: The moderating role of type of ownership. *International Journal of Industry Management*, v. 12, n.3, p. 295-306.
- Perona, M. e G. Miragliotta (2004) Complexity management and supply chain performance assessment. A field study and a conceptual framework. *International Journal of Production Economics*, artigo no prelo.
- Sivadasan, S.; J. Efstathiou; G. Frizelle; R. Shirazi; A. Calinescu (2002) An information-theoretic methodology for measuring the operational complexity of supplier-customer systems. *International Journal of Operations & Production Management*, v. 22, n.1, p. 80-102.

- Vachon, S e R. D. Klassen (2002) An exploratory investigation of the effects of supply chain complexity on delivery performance. *IEEE Transactions on Engineering Management*, v. 49, n. 3, p. 218-230.
- Wilding, R. (1998) The supply chain complexity triangle: Uncertainty generation in the supply chain. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Managemant*, v. 28, n. 8, p. 599-616.

---

Thaís Maria de Andrade Villela (thais@fec.unicamp.br)  
Orlando Fontes Lima Júnior (oflimaj@fec.unicamp.br)

Laboratório de Aprendizagem em Logística e Transportes - LALT  
Departamento de Geotecnia e Transportes, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo,  
Universidade Estadual de Campinas  
R. Albert Einstein, 95, Sala 08, Caixa Postal 6021  
Cidade Universitária Zeferino Vaz, CEP 13083-582, Barão Geraldo - Campinas - SP  
Telefax: (019) 3788-2346