



### APLICAÇÃO DE ANÁLISE DE REDES SOCIAIS EM UMA CADEIA DE SUPRIMENTOS DE UMA EMPRESA DO SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO

*SOCIAL NETWORK ANALYSIS IN A SUPPLY CHAIN OF A COMPANY IN THE BRAZILIAN  
ELECTRICITY SECTOR*

Carlos Henrique Zuim Cerqueira<sup>a</sup>; Juliana Maria de Souza Costa<sup>a</sup>; Diego Moreira de Araujo Carvalho<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Centro Federal de Educação Tecnológica (CEFET-RJ), Rio de Janeiro, RJ, Brasil – Programa de Mestrado em Tecnologia

#### Resumo

A Análise de Redes Sociais aplicada à Logística e redes de suprimentos tem contribuído e facilitado aos gestores de planejamento e de logística a identificação de métodos de avaliação de redes de parcerias. A relação entre fornecedor e comprador se estende a outras disciplinas, sendo a relação social uma delas. Diversos autores escreveram sobre o tema, porém a falta de dados quantitativos ainda é uma necessidade para estudos futuros. Neste artigo, foram analisadas a utilização e aplicação de métricas de redes sociais na cadeia de suprimentos (supply chain). As medidas de centralidade de rede, de intermediação (betweenness) e proximidade (closeness) auxiliam na percepção de informações que não são captadas em métodos ou teorias específicas à logística. Desse modo, avaliou-se a rede de suprimentos em uma empresa do setor elétrico brasileiro na tentativa de identificar um método de seleção e compreensão do comportamento entre fornecedores e compradores em um estudo de caso real.

**Palavras-Chave:** Análise de Redes Sociais (ARS), Cadeia de Suprimentos, medidas de centralidade.

#### Abstract

*A Social Network Analysis applied to logistics and supply networks has contributed and assisted planning and logistics managers to identify methods for evaluating partnership networks. The relationship between supplier and buyer extends to other disciplines, and the social relationship is one of them. Several authors have written about the subject, but the lack of quantitative data analysis shows that there is still a need for future studies. In this article, the use and application of social network metrics in supply chain were analyzed. The degree, betweenness and closeness centrality of a node in a supply chain network helps the perception of information that is not captured by traditional methods or theories in logistics. So a supply chain network from a company of the Brazilian electricity sector was evaluated in an attempt to identify a method of selecting and understanding the behavior of suppliers and buyers in a real case study.*

**Keywords:** Social Network Analysis (SNA), Supply Chain, centrality measures.

#### 1. INTRODUÇÃO

A Gestão da Cadeia de Suprimentos é indispensável para qualquer empresa e, na maioria delas, é fundamental para um bom desempenho, isto porque o custo de comprar, armazenar, movimentar e despachar materiais responde por grande parte do custo do produto ou serviço. A cadeia de suprimentos é uma rede de fornecedores, produtores, depósitos e varejistas organizados para produzir e distribuir as mercadorias nas quantidades corretas para os locais

corretos, em menor tempo para minimizar os custos totais enquanto os requisitos de níveis de serviços se aprimoram (Wagner et Neshat, 2010). Assim, a Gestão da Cadeia de Suprimentos é responsável por gerir o fluxo de materiais que sai dos fornecedores e percorre o caminho até chegar aos clientes, fluindo assim através de diferentes organizações, onde o produto passa por transformações desde a matéria-prima até chegar ao consumidor final como um produto acabado (Gaither et Frazier, 2002).

Pesquisas sobre esse tema são de grande relevância, pois podem contribuir para a otimização dos processos empresariais, facilitando o fluxo de materiais e informações



que percorrem toda essa cadeia formada por fornecedores, produtores, centros de distribuição e clientes. Podem ainda auxiliar na melhor organização das trocas que ocorrem entre os “atores”, o que possibilita até mesmo a redução de custos de transporte, esperas ou de perdas.

Kim *et al.* (2011) sugerem a apresentação de outros estudos voltados para operação e gerenciamento da cadeia de suprimentos, considerando que sua estrutura pode ser analisada como uma rede e novos índices para análise dessas redes de suprimentos ainda podem ser desenvolvidos.

Na observância das técnicas de análise de Redes Sociais (RS), este estudo utiliza índices desenvolvidos primeiramente na Análise de Redes Sociais (ARS), no exame de uma cadeia de suprimentos definindo algumas métricas que possam avaliar a *performance* dos seus “atores”, a importância e a influência no comportamento deles na rede.

Estudos relacionados à ARS surgiram na década de 1930, porém nota-se que nas últimas décadas é que houve um grande crescimento no emprego da ARS e estudos relacionados. Em parte, isso pode ser devido ao aumento da capacidade computacional que facilita a geração de resultados das métricas utilizadas nesses estudos. A ARS juntamente com a utilização de conceitos da Teoria dos Grafos possibilita a identificação de relacionamentos entre os atores da rede, como estes estão ligados entre si, os tipos de ligação entre eles, as trocas de informações que podem ocorrer, a detecção de grupos formados dentro dessas redes, entre outras características.

A ARS apresenta grande importância em estudos de redes diversas em que se busca detectar e analisar as diferentes características desses vértices componentes da rede e as relações estabelecidas entre eles. Essa representação em rede possui aplicações em diversas áreas: sociologia, biotecnologia, comunicação, logística, entre outras. Na utilização da ARS em Gestão da Cadeia de Suprimentos, tem-se uma rede, em que os vértices são representados

por empresas que podem ser fornecedores, produtores ou clientes, e as arestas são as relações estabelecidas entre eles, como as trocas ocorridas, fluxo de materiais e/ou informações.

A utilização desses conceitos em estudos de Cadeias de Suprimento visa facilitar a avaliação dos principais atores (para esse trabalho, escolheu-se utilizar compradores e fornecedores) de acordo com os índices estabelecidos para seleção e análise. Neste artigo, será apresentada uma metodologia de avaliação de uma rede de suprimentos de uma empresa do setor elétrico, líder no mercado nacional e encontra-se organizado em Seções. As Seções 2 e 3 apresentarão uma revisão bibliográfica sobre Análise de Redes Sociais e Cadeias de Suprimento. A Seção 4 abordará o estudo de caso, a empresa estudada e sua estrutura logística. A Seção 5 mostrará a metodologia utilizada para o estudo; nesta Seção, será discutida a métrica de seleção aplicada a este estudo. Na Seção 6, **são feitas as análises dos resultados, seguida pela Conclusão do trabalho na Seção 7.**

## 2. Análise de Redes Sociais (ARS)

A Análise de Redes Sociais (ARS) é um ramo da sociologia que analisa as relações sociais usando ferramentas da teoria dos grafos, que auxiliam na avaliação dos resultados através da quantificação de medidas verificadas na rede, como o grau dos vértices, densidade da rede, medidas de centralidade, entre outras.

Uma rede social refere-se a uma rede formada por pontos, chamados de vértices ou atores, que estão ligados por linhas chamadas de arestas e que representam alguma relação existente entre esses vértices. Esses atores podem representar pessoas, instituições, empresas, países; e as arestas representam o tipo de ligação existente entre eles, que pode ser de afinidade, troca de informação, materiais, documentos, entre outras (Wasserman *et Faust*, 1994).

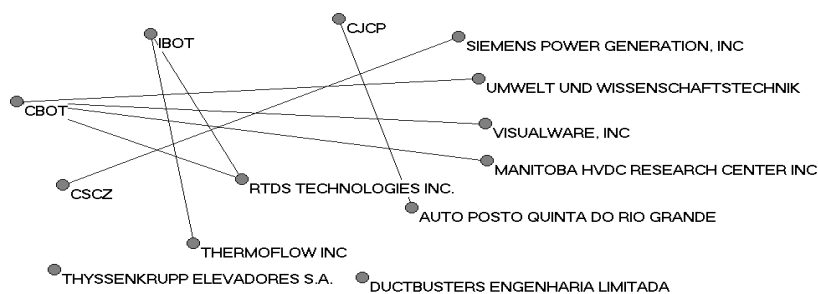


Figura 1. Recorte da rede da cadeia de suprimentos

Fonte: Os próprios autores, 2013



A Figura 1 apresenta um recorte da rede estudada neste trabalho, em que os vértices representam os fornecedores e os centros de distribuição (consumidor) e as arestas estabelecem a relação contratual (parceria) entre os atores envolvidos. Nota-se que neste recorte existem dois vértices isolados que não fornecem materiais aos centros de distribuição (CD's). Pode-se observar também que esta é uma rede bipartida. Ou seja, existe uma partição do conjunto dos vértices em dois subconjuntos: fornecedores e centros consumidores, com 4 e 7 elementos, onde cada aresta possui um ponto inicial no subconjunto de fornecedores e um ponto final no subconjunto de centros consumidores.

O estudo de redes sociais começou na década de 1930, quando pesquisadores de Harvard exploravam padrões de relações interpessoais e a formação de cliques (quando todos os vértices estão ligados uns aos outros) e pesquisadores em Manchester investigavam relações de comunidades em tribos e vilas. Estudos nessa área foram reunidos entre as décadas de 1960 e 1970 quando a Análise de Redes Sociais contemporânea foi estruturada (Scott, 2000). Porém apenas nas décadas mais recentes a Análise de Redes Sociais passou a ter maior popularidade e a utilização da teoria de grafos para demonstrar diferentes redes de sistemas reais também vem demonstrando crescente aplicação (Fortunato, 2010).

A Análise de Redes Sociais tem sido bastante aplicada em diversas áreas de estudo. Estudos de processos de negócios é um exemplo de aplicação de redes sociais em Engenharia de Produção, como pode ser visto no trabalho de Van der Aalst et Song (2004), em que os autores utilizaram redes sociais de mineração para melhorar a análise dos processos através do uso de técnicas e ferramentas que os auxiliaram no controle de dados e outros processos. Outra aplicação, que tem sido mais estudada recentemente, de ARS e Teoria dos Grafos em Engenharia de Produção, é na Gestão da Cadeia de Suprimentos (Kim et al., 2011; Wagner et Neshat, 2010), que será abordada nesse artigo.

## 2.1 Definição e critérios de seleção das medidas de centralidade

Um grafo (ou rede) consiste em um par ordenado  $G = (V(G), E(G))$ , em que  $V(G)$  é o conjunto de vértices e  $E(G)$  é o conjunto de arestas que os conectam. Vértices conectados por uma aresta são chamados adjacentes. Denota-se o número de vértices do grafo  $G$  por  $n$  e o número de arestas por  $m$ . Um grafo em que  $m = 0$  é denominado totalmente desconexo ou vazio.

A importância da utilização da Teoria dos Grafos na Análise de Redes Sociais reside no fato de que essa teoria permite com que informações sobre parâmetros topológicos da rede sejam obtidos. Essas medidas do grafo podem ser usadas para denotar diferentes propriedades estruturais da rede,

como coesão, centralidade, entre outras. Além disso, a Teoria dos Grafos proporciona tanto uma representação adequada de uma rede social como um conjunto de conceitos que podem ser utilizados para estudar propriedades formais das redes sociais (Wasserman et Faust, 1994).

Métricas para avaliar a importância relativa dos vértices de uma rede são chamadas de medidas de centralidade, dentre as quais se podem citar grau do vértice, proximidade (*closeness*) e intermediação (*betweenness*). Assim, a análise das medidas de centralidade dos vértices da rede permite uma melhor avaliação do papel dos atores, de forma que aqueles com alta centralidade possuem mais facilidade ao acesso de informação e também têm maior potencial de disseminação das informações que chegam a eles.

Segundo Niemenem (1973) e Shaw (1954), o número de contatos diretos numa rede é um indicador de centralidade. Outra abordagem foi apresentada por Beauchamp (1965) e Sabidussi (1966) que é baseada na ideia de que nós que possuem uma distância curta para outros nós e, conseqüentemente, disseminam informação na rede com eficiência, estarão posicionados no centro da rede.

O grau de um vértice  $v$ , sendo  $v$  um ponto da rede, é o número de arestas incidentes em  $v$ , ou seja, é o número de vizinhos de  $v$ , e é denotado por  $d_v$ . Um vértice de grau zero é chamado de vértice isolado. Atores centrais costumam ser mais ativos, ou seja, apresentam maior número de ligações, possuindo um grau mais elevado que os demais. O grau médio do grafo que modela a rede pode ser denotado por  $d_G$  e é definido da seguinte forma de acordo com a Equação 1:

$$d_G = \frac{\sum_{i=1}^n d_G(v_i)}{n} \quad (1)$$

Um caminho em um grafo  $G$  é uma sequência  $v_0 e_{11} v_1 e_{12} v_2 \dots v_{i-1} e_{i-1i} v_i$ , cujos termos são alternadamente vértices ( $v$ ) e arestas ( $e$ ) de  $G$ , tal que  $v_{i-1}$  e  $v_i$  são os vértices terminais de  $e_i$ ,  $1 \leq i \leq n$ . Se  $v_0 = x$  e  $v_n = y$ , diz-se que esse caminho conecta  $x$  a  $y$ . Diz-se que  $G$  é conexo, se, para cada par de vértices, existe um caminho ligando esses vértices. Caso contrário, o grafo  $G$  é desconexo.

O menor caminho, ou geodésico, entre dois vértices de uma rede é o caminho de comprimento mínimo, sendo este comprimento a distância entre dois vértices. O diâmetro de um grafo conexo é a distância maximal entre dois vértices, ou seja, é a máxima distância entre os comprimentos mínimos que ligam cada par de vértices. Se não há caminho entre dois vértices então existem subgrafos conectados, e cada subgrafo em que seus vértices não possuem ligações com vértices dos demais subgrafos são chamados componentes conexas (Bondy et Murty, 2008).

Outra abordagem de grau é a centralidade de proximidade (*closeness*) em que um indivíduo é observado



como o centro da rede, se ele requisita poucos intermediários para contatar outros e, assim, se posiciona estruturalmente de maneira independente. A proximidade ou *closeness* está relacionada ao menor caminho entre dois vértices, ela mede o quão próximo um vértice está dos demais, quanto menor for a distância entre o vértice e cada um dos demais, maior será a medida de proximidade. O cálculo da proximidade de um vértice é feito através da razão entre o número total dos demais vértices ( $n-1$ ) pela soma de todas as distâncias entre aquele vértice e cada um dos demais, como pode ser visto na Equação 2. Assim, quanto mais próximos os vértices estão uns dos outros, mais facilmente as informações chegarão a cada ponto da rede.

$$C_c(v) = \frac{n-1}{\sum_{t \in V \setminus v} d_G(v,t)} \quad (2)$$

Segundo Nooy *et al.* (2005), a intermediação (*betweenness*) considera que a centralidade de um integrante de uma rede depende da maneira em que este integrante se faz necessário como um elo ou uma ligação entre diferentes grupos pertencentes a rede, levando em conta o menor caminho possível. Em outras palavras, quanto mais fluxo de informação passar por um integrante da rede, mais central este será. Nesta métrica, a determinação da centralidade de um ator está associada ao quociente do número de caminhos mais curtos entre atores em uma rede que incluem o ator em questão e o número de todos os caminhos curtos da rede (Bavelas, 1948; Freeman, 1977; Shaw 1954), dada pela Equação 3.

$$Bet(v) = \sum_{i \neq j \neq v, i \neq v} \frac{\sigma_{ij}(v)}{\sigma_{ij}} \quad (3)$$

Em que:

$\sigma_{ij}$  é o número de caminhos geodésicos que ligam os vértices  $i$  e  $j$ ;

$\sigma_{ij}(v)$  representa o número de caminhos geodésicos que ligam os vértices  $i$  e  $j$  passando por  $v$ .

No entanto, essa teoria assume implicitamente que a comunicação e a interação entre dois **nós indiretamente relacionados** depende de atores intermediários, como pode ser visto em Freeman (1979).

Os dois valores (*closeness betweenness*) explicitam formas diferentes de se identificar o grau de centralidade; a proximidade indica os vértices que têm acesso rápido à informação, e a intermediação aqueles que controlam o fluxo de informação. Dependendo do tipo de rede, a interpretação de um ou outro valor pode ser mais relevante. Existe também o valor de grau de proximidade e intermediação totais de um grafo que, neste caso, servem como forma de comparação com outros grafos, indicando se a informação é alcançada mais rapidamente pelos atores e/ou existe concentração de fluxos de informação.

Já o conceito de densidade demonstra a coesão de uma rede na medida em que considera o total de ligações que existem entre os componentes dessa rede dentro do total de possibilidades existentes. Ou seja, a densidade é a proporção entre o número de arestas de uma rede e o número máximo possível de arestas em uma rede. Dessa forma, quanto mais densa for uma rede, mais coesa ela será (Nooy *et al.*, 2005).

### 3. ANÁLISE DE REDES SOCIAIS E SUPPLY CHAIN

A ideia da utilização de grafos na análise de redes surgiu por meio de pesquisas em sociologia. Uma das formas de aplicar a teoria de grafos em cadeias de suprimentos é considerar a vulnerabilidade dos atores da rede como vértices e a interdependência entre eles como arestas. A modelagem por grafos pode mensurar a vulnerabilidade e convertê-la em índice de vulnerabilidade para uma cadeia de suprimentos (Wagner *et Neshat*, 2010).

Segundo Borgatti *et Li* (2009), a tentativa de aplicar o conceito completo de redes ao conceito de gerenciamento da cadeia de suprimentos gera um questionamento intrigante que é o modo de coleta dos dados para validar a análise. Um dos argumentos mais utilizado e classificado como o mais coerente, é a pesquisa de empresas. Por exemplo, dado um grupo de empresas locais, a pergunta seria quais os fornecedores mais importantes de cada rede. Então, seriam realizadas entrevistas com os fornecedores para analisar a relação apresentada pela empresa que a nomeou como mais estratégica no entendimento logístico.

A dificuldade de definir métricas de redes e indicadores operacionais dificulta a análise dos gestores da cadeia de suprimentos sob a visão de avaliar as rupturas catastróficas no fornecimento. Wagner *et Neshat* (2010) apresentam que a vulnerabilidade da cadeia de suprimentos tem recebido alguns suportes empíricos, porém os gestores ainda necessitam estar melhor equipados com métodos de medidas e de gestão da vulnerabilidade da cadeia de suprimentos. Esses gestores, de alguma forma, necessitam calcular os indicadores da cadeia de suprimentos em vez de analisar individualmente as empresas e suas relações na rede.

Na década de 90, houve um acréscimo nos estudos voltados para uma perspectiva de redes e de quais seriam os benefícios para os pesquisadores em cadeia logística de suprimentos (Choi *et al.*, 2001; Lazzarini *et al.*, 2001; Lee, 2004; Wilding, 1998).

Alguns pesquisadores avançaram as suas análises de ARS em redes de suprimentos. Carter *et al.* (2007) identificaram a ARS como uma chave essencial de pesquisa para avançar nos campos da logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos. Borgatti *et Li* (2009) e Ketchen *et Hult* (2007) também compartilharam deste entendimento. Uma das



grandes dificuldades debatidas e reconhecidas por eles foi o levantamento de dados no nível de rede e argumenta que é imperativo que a gestão de suprimentos e operações esteja integrada com outros elos de outras cadeias e disciplinas.

### 3.1 Aplicação de ARS na cadeia de suprimentos

As relações entre corporações e a influência que umas exercem sobre as outras é um dos grandes motivos para analisar o comportamento de uma cadeia de suprimentos de uma empresa ou redes corporativas. Percebe-se que essa análise apresenta boa visualização e compreensão quando representada sob a forma de grafos. Desta forma, será apresentada neste artigo a aplicabilidade do conceito de Análise de Redes Sociais como uma das alternativas mais assertivas em observar o relacionamento de vários indivíduos e empresas nas suas relações de parcerias comerciais.

Segundo Carter *et al.* (2007), a Análise de Redes Sociais é uma metodologia que é aderente às análises de relações e interrelações de unidades ou nós dentro de uma rede. Os nós de uma rede podem ser individualmente nomeados como um indivíduo ou um grupo de indivíduos que se apresentam como departamentos dentro de uma organização. Esta organização em rede, dependendo do seu tamanho e quanto maior a sua interação com as outras empresas, possibilita a análise deste conjunto de nós como uma cadeia de suprimentos. A rede no nível organizacional descreve as relações entre indivíduos ou grupos dentro de uma empresa, enquanto a ARS no nível interorganizacional analisa as interrelações de organizações dentro das redes horizontais e verticais.

A análise de tais interrelações entre indivíduos dentro de uma rede social pode resultar em importantes revelações que não seriam capturadas por uma pesquisa convencional ou estudos de casos com metodologias tradicionais na área da logística e no gerenciamento da cadeia de suprimentos. Uma das justificativas de se utilizar a ARS na análise de uma cadeia de suprimentos pode ser a obtenção de pontos obscuros que podem ser importantes numa estrutura organizacional formal (Carter *et al.*, 2007).

Em um nível organizacional mais abrangente, pode-se mapear as camadas superiores e inferiores como mencionado por Choi *et al.* (2002). Uma organização compradora pode mapear os seus fornecedores-chaves, que permitiriam uma melhor compreensão em negociar descontos, acompanhar custos por fornecimento e favorecer que a camada superior influencie em todo o restante da cadeia onde este fornecedor está inserido.

Alguns pesquisadores mencionaram a relação entre a empresa fornecedora e a empresa compradora como uma relação meramente contratual ou através do fluxo de

materiais. Alguns destes pesquisadores analisaram esta relação de interação quanto à entrega e o recebimento de materiais, ou pela relação contratual (Choi *et al.*, 2002). Em uma estrutura em árvore de fluxo de materiais, a rede descreve o que um fornecedor entrega para um dado comprador. O outro tipo de rede está baseado em relações contratuais (Berry *et al.*, 1994; Chopra *et al.*, 2004; Hwang *et al.*, 2005). Segundo Borgatti *et al.* (2009), o fluxo de materiais pode ocorrer entre duas empresas que não possuem um contrato ou vice-versa. O outro tipo de rede está respaldado por uma relação contratual. Estes dois tipos de redes de suprimentos, embora baseados num mesmo grupo de nós, podem ter estruturas de redes diferentes e, portanto, diferentes lógicas e implicações.

O gerenciamento da cadeia de suprimentos tem o seu foco nas relações lineares de compradores e fornecedores. Nesse olhar linear pode ser útil a análise de planejamento entre compradores e fornecedores, mas não é totalmente aderente para compreender ou capturar a complexidade necessária de uma estratégia ou comportamento empresarial. Porém, isso depende do quão grande uma rede de fornecimento está inserida a uma determinada empresa. Dessa forma, através das interações que ocorrem entre fornecedores e compradores na rede, é possível visualizar e se sensibilizar quanto à influência e a importância de uma empresa numa rede de fornecimento de materiais. (Cox *et al.*, 2006; Choi *et al.*, 2008)

Neste artigo, analisar-se-á a relação das empresas que fornecem materiais para uma empresa compradora, levando em consideração as parcerias contratuais com centros de distribuição estratégicos da empresa.

### 3.2 Abordagem de *closeness* e *betweenness* para Cadeia de Suprimentos

Existem diferentes tipos de medidas de centralidade que identificam os nós que são importantes em vários aspectos. Os mais utilizados são **centralidade de grau**, *closeness* e centralidade *betweenness* (Everett *et al.*, 1999; Krackhardt, 1990; Marsden, 2002).

A análise dos vértices, atores principais na cadeia de suprimentos, prima pelo entendimento do quanto uma dada métrica está bem aderente à análise a que está submetida. Neste contexto, serão abordadas duas medidas de centralidade, *closeness* e *betweenness*, para auxiliar a tomada de decisão e melhor entendimento dos dados simulados e selecionar a métrica mais adequada ao propósito deste artigo.

Segundo Kim *et al.* (2011), numa rede de relações contratuais, a métrica pode registrar a extensão de que uma empresa possa interferir ou influenciar nas interações





entre outras empresas da mesma rede. Um nó com um **índice** de centralidade *betweenness* alto se interconecta a muitos outros caminhos e assim pode facilitar ou interferir nas **comunicações** da rede. A literatura de redes sociais sugere que um nó se conectando a uma região densa de relações pode se favorecer de informações não redundantes e aumentar o seu controle sobre outros (Burt, 1998). Alguns pesquisadores postulam que um comprador pode se beneficiar de produtos disponíveis para a sua cadeia quando está entre dois fornecedores competidores desconectados (Choi *et Wu*, 2009).

A importância de analisar o grau de centralidade *betweenness* foi apresentada por Freeman (1977), em que os conceitos intuitivos da centralidade de um ponto na comunicação ficaram definidos na propriedade estrutural de *betweenness*. De acordo com esta percepção, um ponto na rede de comunicação é central aos seus elos quando se posiciona no caminho mais curto entre pares de outros pontos. Esta ideia de centralidade do ponto foi introduzida por Bavelas (1948) no seu primeiro artigo sobre este tema. Bavelas sugeria que uma pessoa em particular de um dado grupo está estrategicamente localizado no caminho mais curto da comunicação conectando pares de outros pontos, estabelecendo que este indivíduo está numa posição central. Outros membros desta rede foram assumidos a se reportar a indivíduos em tais posições centrais, que poderiam influenciar o grupo de posse da informação valorizando ou distorcendo a transmissão da mensagem.

Outro conceito de centralidade inerente ao nosso estudo é *closeness*, que foi apresentado por Kim *et al.* (2011), esta métrica foca no quão próximo um nó está para todos os outros nós na rede além dos que estão diretamente conectados. Um nó é central se ele pode rapidamente alcançar todos os outros. Este grau de centralidade está usualmente associado com os nós denominados autônomos ou independentes nas redes sociais (Freeman, 1979; Marsden, 2002), um nó com alto grau de centralidade *closeness* possui mais liberdade em relação às influências de outros nós e maior capacidade de ações independentes. Todavia, estes nós podem ser menos confiáveis do que outros nós.

#### 4. ESTUDO DE CASO

A vulnerabilidade da cadeia de suprimentos pode variar entre as empresas. O estudo apresentado por Hendricks *et Singhal* (2005) demonstra que as empresas são afetadas diferentemente pela ruptura da cadeia de suprimentos. Desta maneira, abordaremos neste artigo parte de uma estrutura logística voltada a uma das empresas mais importantes do setor elétrico brasileiro.

O estudo visa analisar a importância de alguns fornecedores na cadeia de suprimentos através da teoria

dos grafos, apoiada por um *software* específico que avalia as métricas de redes aplicadas ao conjunto de fornecedores. Estas métricas ajudarão o gestor de planejamento de materiais a selecionar um determinado grupo e verificar se as métricas estão aderentes ao conjunto de análises pré-definidas para visualização da rede e quais conclusões podem ser registradas nesta análise.

A análise dessa rede consiste em avaliar parte da rede global, constando de fornecedores e centros de distribuição (vértices) na relação contratual de fornecimento de materiais de investimento, estratégicos para a atividade da empresa.

##### 4.1 Relato da estrutura logística da empresa.

A empresa analisada responde pela produção e transmissão de aproximadamente 40% de toda a energia consumida na região sudeste do país. A estrutura logística está definida pelo conjunto de quarenta e oito centros logísticos de distribuição, espalhados por oito estados da federação. Cada centro logístico possui uma estrutura de suprimentos como departamentos de compras e depósitos para armazenamento dos materiais. A Figura 2 representa as relações estabelecidas entre os fornecedores e centros de distribuição.

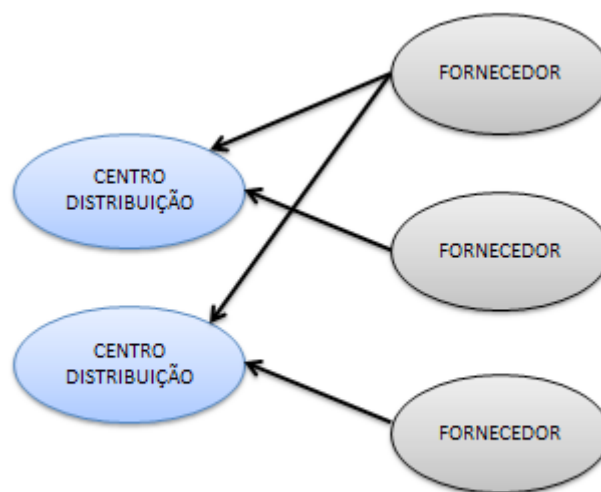


Figura 2. Relações entre fornecedores e centros de distribuição

Fonte: Os próprios autores, 2013

Entende-se por Centros de Distribuição (CD's) ou Centro Logístico de Distribuição a filial da empresa em determinada região ou estado, que se relaciona contratualmente com fornecedores extramuros para aquisição de produtos e serviços. Dentre esses centros logísticos, dois se destacam por sua localização estratégica. Estes concentram a maioria e mais intensa relação comercial com os fornecedores



externos. Neste artigo, será analisada a relação contratual entre os fornecedores externos e os centros de distribuição da cadeia logística de suprimentos da empresa, visualizando a intensidade e dos indicadores e os seus respectivos posicionamentos na rede (vértices centrais).

#### 4.2 Identificação dos atores (vértices) envolvidos

A definição dos vértices consiste em identificar e relacionar todos os centros de distribuição envolvidos na relação contratual com cada fornecedor que está inserido na cadeia de suprimentos. O relacionamento entre fornecedor e centro de distribuição (comprador) define as arestas do grafo. Estas arestas estão graficamente representadas na Figura 2, em que a relação contratual está estabelecida por um determinado fornecedor que se relaciona diretamente com uma ou mais estruturas logísticas da empresa compradora. Os vértices serão analisados quanto às métricas de grau de centralidade *closeness* e *betweenness*, no entanto, a seleção da métrica com resultados em maior destaque, terá os critérios estabelecidos, posteriormente na Subseção 5.1.

### 5. METODOLOGIA

A rede de suprimentos da empresa consiste de 1043 fornecedores externos (extramuros) que se relacionam com 48 centros logísticos de distribuição da empresa. A análise da amostra consiste em definir uma quantidade mínima representativa que reflita o comportamento de toda a cadeia global. Acredita-se que uma quantidade estabelecida de 50 fornecedores possa fornecer um panorama da cadeia, permitir a identificação dos atores mais importantes e que exerçam maior influência a toda a rede.

Os 1043 fornecedores que compõem a rede foram analisados pelas medidas de centralidade de *degree*, *betweenness* e *closeness*. Deste total, 25 fornecedores foram selecionados para cada métrica em ordem decrescente do valor de cada índice. Este grupo de fornecedores relacionados corresponde aos 50 fornecedores mais importantes de parceria contratual na rede global, respondendo por 51,2% em valores negociados em toda a cadeia de suprimentos. Isto justifica o argumento de se utilizar uma lista de fornecedores de tamanho relativamente pequeno para avaliar o resultado que esta análise possa oferecer.

Algumas comparações foram efetuadas de modo a compreender a relevância e influência que essa amostra oferece à rede de suprimentos. A lista dos fornecedores mais importantes foi complementada com a informação do percentual de participação desses mesmos fornecedores na rede, definida como divisão de mercado. A divisão de mercado consiste na ocupação do ator (fornecedor) em relação à cadeia global.

A posse das informações estratégicas e dos respectivos resultados obtidos da análise definirá o melhor grau de centralidade que representaria o propósito de avaliar o quanto um determinado fornecedor impacta positivamente ou negativamente na rede de suprimentos. Este impacto pode revelar o quanto uma rede é vulnerável à participação exclusiva ou retirada destes fornecedores da cadeia de suprimentos.

#### 5.1 Seleção da amostra e a utilização da métrica para análise das amostras

O cálculo de centralidade de *closeness* está baseado na distância geodésica  $d(n_i, n_j)$ , o comprimento mínimo de um caminho entre dois nós  $n_i$  e  $n_j$  (Sabidussi, 1966). Dessa forma, o autor considera o grau de centralidade *closeness* como fisicamente não adequado, pois a relação de um nó com outro pode não ser a mesma no sentido inverso. Ele sugere que este grau de centralidade seja aplicado a relações contratuais, que é o tema abordado neste estudo.

O grau de centralidade *closeness* pode expressar e concretizar o quanto um determinado fornecedor é influente a uma cadeia de suprimentos, sem que este dependa do comportamento de outros. Desta maneira, a análise parte do princípio que a participação deste fornecedor e o seu posicionamento na amostra confirmam o nível de comprometimento deste na rede e o poder de influência na estrutura, que é bem relevante.

Outro fator que este estudo considera para avaliar a amostra e seleção da melhor métrica é o quanto a amostra representa parte da rede de suprimentos. Neste caso, dentre as métricas selecionadas, a centralidade *closeness* é que registrou uma participação mais volumosa em termos de negócios realizados em comparação com o restante da rede de suprimentos. Esta análise será abordada na Seção 6.

Considera-se que um fornecedor externo atua de forma independente quanto à especificidade no fornecimento de materiais ou quanto ao posicionamento estratégico no mercado mundial de fornecimento dos seus produtos. A relação contratual deve favorecer a análise individual de seus vértices sem a interferência ou influência de outra empresa quanto ao fluxo de informações. Na Tabela 1, pode-se observar como as informações podem ser retiradas dessas redes de suprimentos através dos resultados de cada medida de centralidade.

A centralidade *betweenness* aplicada às redes de relacionamento contratual pode demonstrar o quanto uma empresa pode afetar nas interações entre outras da mesma rede de suprimentos. A literatura de redes sociais sugere que um nó, se conectando a uma densa região de relacionamento pode se beneficiar de informações não redundantes e aumentar o seu controle sobre outros da mesma rede (Burt, 1998).



Tabela 1. Análises das medidas de centralidade nas relações contratuais da rede

Relações Contratuais		
Centralidade de grau	Centralidade <i>closeness</i>	Centralidade <i>betweenness</i>
Poder de influência	Independência de informações	Mediador
Expressa o impacto a que uma empresa está submetida às decisões operacionais ou comportamentos estratégicos de outras empresas na rede de suprimentos.	Expressa a liberdade que uma empresa possui de controlar as ações de outras em termos de acesso a informação na rede de suprimentos.	Expressa a intervenção de uma empresa no controle das interações (fluxo de informações ou de materiais) com outras empresas na rede de suprimentos.

Fonte: Os próprios autores, 2013

Na seleção da melhor métrica, estabeleceu-se que a interferência de um nó a outro em termos de comunicação não seria levada em consideração. Entende-se que alguns critérios para caracterizar informações de um fornecedor a outro seja a cadeia logística a que este está inserida no mercado globalizado. A nossa análise estará restrita a rede que se conecta diretamente aos centros de distribuição da empresa.

## 5.2 Utilização do software CYTOSCAPE

O programa utilizado para analisar e simular as interações entre os atores (centro de distribuição e fornecedor) é o CYTOSCAPE versão 3.0.1.. Este programa é gratuito e disponibilizado na internet que, dentre outras tantas facilidades, calcula os índices das métricas para toda rede, encontra o caminho mais curto, analisa redes com ferramentas populares incluindo Igraph, Pajek, ou GraphViz, importando os dados para o CYTOSCAPE.

Neste programa, a centralidade *closeness* de um nó é definida como a média de reciprocidade do comprimento do caminho mais curto:  $Cc(n) = \text{méd}(L(n,m))$ , onde  $L(n,m)$  é o comprimento do caminho mais curto entre dois nós  $n$  e  $m$ . A centralidade *closeness* é um número entre 0 e 1. O NetworkAnalyzer computa a centralidade *closeness* de todos os nós e registra-o com a quantidade de nós vizinhos. Os nós isolados são computados com valor 1.

## 6. ANÁLISE DOS RESULTADOS

### 6.1 Resultados da melhor métrica aplicada a cada amostra

A amostra consta de 50 empresas listadas, como mencionado na Seção 5, que são analisadas dentre três graus de centralidade: centralidade de grau (*degree*), centralidade de intermediação (*betweenness*) e centralidade de aproximação (*closeness*). Dentre os intervalos, a variação do **índice** de centralidade de grau é (2; 25); do **índice** de centralidade *betweenness* é (0,00426206; 0,16458251) e do **índice** de centralidade *closeness* é (0,26800795; 0,36378962), identifica-se que o intervalo de variação *closeness* demonstra o menor percentual de variação, 35,7% em comparação com o **índice** *betweenness*.

A seleção da métrica, como já abordado anteriormente, é a representação em termos de valor do quanto representa a amostra em comparação da rede de suprimentos. A centralidade *betweenness* representa 44,90% do valor global de toda rede de suprimentos, enquanto a centralidade *closeness* representa 47,57% do valor global de toda rede de suprimentos. Nesta lista, constam 25 fornecedores que variam os **índices** de *closeness* entre (0,26800795; 0,36378962). Na Figura 3, é possível visualizar graficamente a relação entre a centralidade de grau e a centralidade *closeness*, registrando a dispersão dos fornecedores quanto ao grau de aproximação.

Tabela 2. Centralidade dos principais fornecedores da rede

FORNECEDOR	GRAU	BETWEENNESS	CLOSENESS
Empresa A	25	0,16458251	0,36378962
Empresa B	18	0,15940229	0,3599066
Empresa C	19	0,09422077	0,34232234
Empresa D	14	0,04545892	0,32558841
Empresa E	13	0,04477572	0,30514706

Fonte: Os próprios autores, 2013



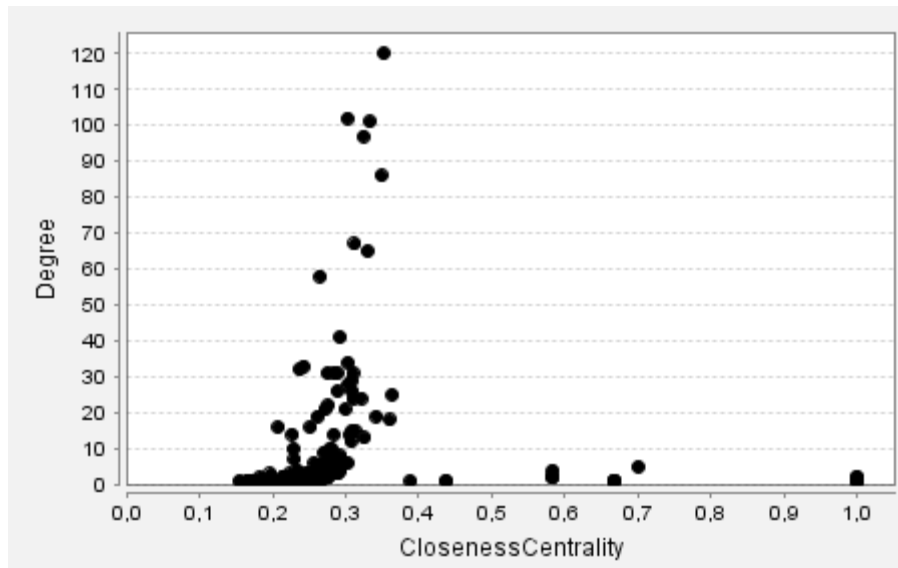


Figura 3. Relações entre Grau e *Closeness*

Fonte: Os próprios autores, 2013

Através da Tabela 2, é possível observar que a seleção da amostra, baseada no grau de centralidade *closeness*, lista os fornecedores mais estratégicos comparados com os demais índices de centralidade da rede.

Analisando ainda o conjunto de fornecedores listados na amostra com o maior índice de grau *closeness*, identificam-se nove fornecedores com impacto de grande relevância no valor global da rede de suprimentos. Os nove fornecedores mais importantes representam 47,61% do valor de toda rede de suprimentos para materiais de investimento. Na validação desta informação, registra-se que cinco destas empresas fornecedoras de materiais se posicionaram com maiores índices para cada métrica analisada (centralidade de rede, *betweenness* e *closeness*).

A análise de centralidade *closeness* em comparação com a centralidade de grau e *betweenness* identificam as cinco empresas, representadas na Tabela 2, que impactam relativamente no valor da rede de suprimentos. Estas empresas listadas representam 26,72% do valor da rede global e 0,48% da quantidade total de fornecedores da rede global. A Figura 4 representa as cinco empresas fornecedoras de materiais de investimento mais importantes em relação a valores negociados com a empresa compradora. Graficamente, é possível verificar o quão centrais estas empresas estão posicionadas na rede. O valor total negociado por apenas estes cinco fornecedores equivale a R\$ 49.875.700,14.

## 6.2 Discussão dos registros desta métrica na cadeia de suprimentos

O fato da avaliação dos fornecedores não interferir no fluxo de comunicação da rede provoca uma percepção de

que os fornecedores mais importantes, embora tenham outros que complementam o seu elo de atuação, estão estrategicamente posicionados na parte mais central da rede de suprimentos.

Os cinco fornecedores mais importantes representam relação de parceria e fornecimento para a atividade a que a empresa se destina: a geração e transmissão de energia. O primeiro fornecedor que se destaca na métrica *closeness* é uma empresa fornecedora de equipamentos críticos para geração e transmissão de energia. Este fornecedor se relaciona com 25 centros de distribuição da rede de suprimentos. O segundo fornecedor de maior destaque é uma empresa fornecedora de software de comunicação, produto voltado à proteção de redes e equipamentos de aquisição de dados e se relaciona com 18 centros de distribuição da rede. O terceiro fornecedor em sequência é um fornecedor de equipamentos concorrente à empresa A, que se destaca na lista e se relaciona com 19 centros de distribuição. O quarto fornecedor de maior relevância na rede é responsável pelo fornecimento de fios e cabos de baixa, média e alta tensão e se relaciona com 13 centros de distribuição. E o quinto de maior relevância é uma empresa que se relaciona com 14 centros de distribuição e é responsável pelo fornecimento de equipamentos para automação e controle de sistemas.

Dessa maneira, verifica-se que os cinco fornecedores listados com os maiores índices de centralidade *closeness* representam na rede o fornecimento de produtos críticos para operação, controle e produção de energia elétrica. A ruptura por quaisquer motivos destes na rede de suprimentos direcionaria a ocorrência do risco. O fato de estar inserida neste cenário confirmaria a existência de



um fator de vulnerabilidade da cadeia de suprimentos. A premissa básica (relacionamento, confiança e garantias) sugere que as características da rede de suprimentos são antecedentes da vulnerabilidade da cadeia de suprimentos

e impactam na probabilidade de ocorrência, como também na severidade de ruptura de toda cadeia (Wagner *et Neshat*, 2010).

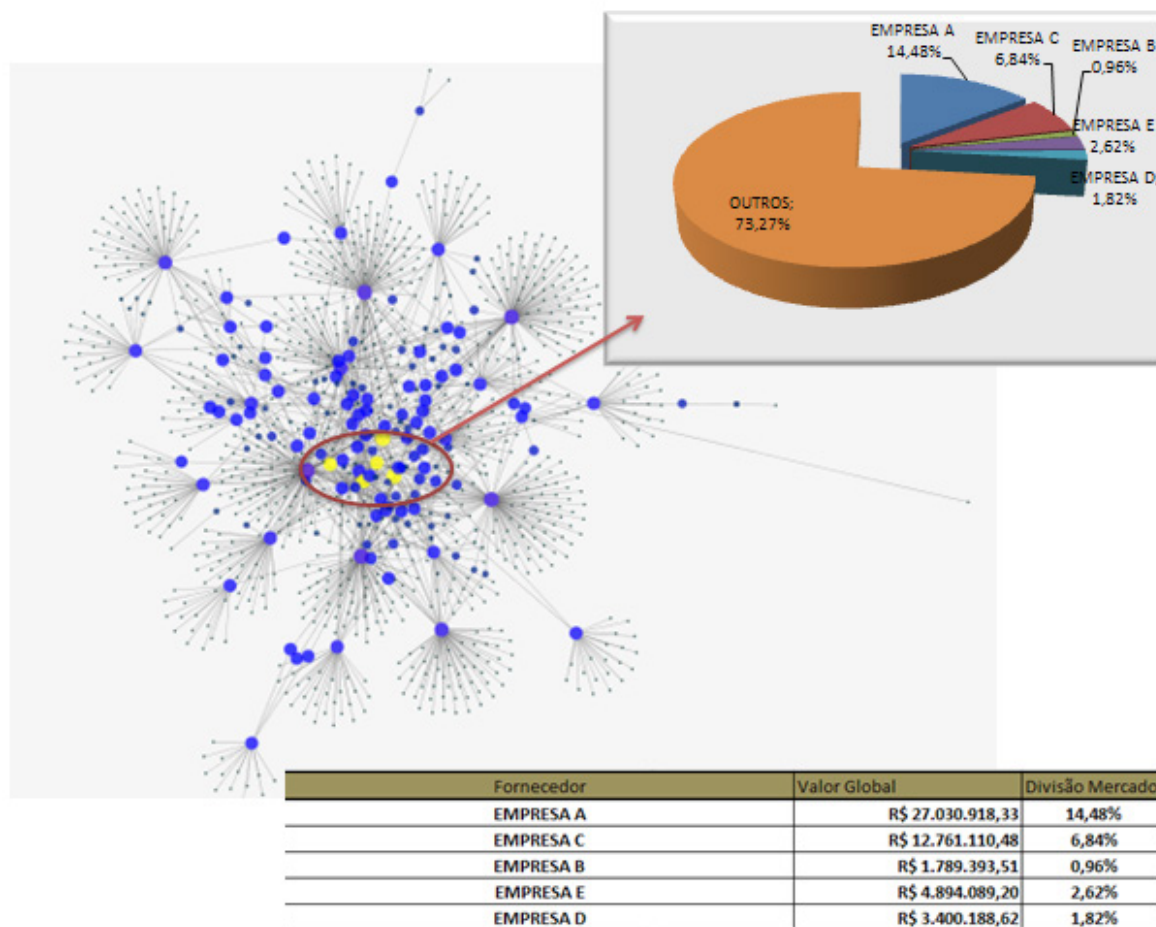


Figura 4. Representação gráfica da rede de suprimentos e as 5 empresas fornecedoras mais importantes.

Fonte: Os próprios autores, 2013

## 7. CONCLUSÃO

A visão gráfica da rede global permite que o posicionamento espacial seja uma característica importante na identificação dos principais atores quanto ao relacionamento com outros na mesma rede. Em busca de um resultado mais aderente, comparou-se a avaliação das métricas de redes com o volume contratual entre as empresas fornecedoras e a empresa compradora. Dessa forma, tem-se um parâmetro de grandeza que ajuda a garantir a qualidade dos valores obtidos nas métricas de rede.

A comparação do valor do índice de cada **métrica selecionada** (*degree, closeness e betweenness*) e o valor em moeda global da rede é um indicador apropriado para expressar a relação estratégica de cada ator na cadeia global de suprimentos. Esta metodologia permite analisar um grupo pequeno de fornecedores cujos valores globais são significativos em comparação ao valor global.

Na seleção deste pequeno grupo de fornecedores, foi possível identificar os que apresentavam as maiores divisões de mercado. Do grupo de 50 empresas, nove delas representam 47,81% do valor de toda cadeia de suprimentos. Os fornecedores mais importantes listados nas métricas não necessariamente seriamos mais impactantes para o restante da cadeia, no entanto, acrescentando o valor contratual e a divisão do mercado interno de cada fornecedor, é possível avaliar o impacto ou o quanto a empresa compradora está dependente de um fornecimento de um material específico no mercado.

A empresa A, fornecedora mais importante, identificada na métrica *closeness*, se relaciona com 25 centros de distribuição; o seu concorrente direto, a empresa C, se relaciona com 19 centros de distribuição. Tratando-se de materiais de investimento, pode-se concluir que a empresa compradora assume uma dependência de mercado de nível



elevado, pois são empresas fornecedoras de equipamentos relevantes à atividade fim da empresa. Estes fornecimentos consistem de materiais e equipamentos para ampliações de subestações, melhorias em usinas hidrelétricas e termelétricas e construção de novos empreendimentos. Este entendimento foi plenamente satisfatório a partir da análise e seleção da melhor métrica, *closeness*, que identificou e os posicionou dentro da cadeia. Como diversificar este ponto crítico da cadeia sem comprometer a rede global? O desenvolvimento de novos fornecedores e de produtos podem fornecer argumentos para este questionamento.

Portanto, a Análise de Redes Sociais possibilita: avaliar uma cadeia de suprimentos com uma grande quantidade de atores; selecionar uma amostra ou grupo de empresas relativamente pequena em comparação à rede global; combinar outros parâmetros ou indicadores operacionais e identificar possíveis atores que possam comprometer o comportamento da cadeia de suprimentos.

Os 100 maiores contratos correspondem a 60,75% do total negociado. Dentre eles, 15 empresas não foram listadas na amostra por ter relações com uma quantidade pequena de centros de distribuição. A metodologia apresentada garante aos gestores de logística a precisão da informação, propiciando maior qualidade nas suas decisões gerenciais.

Alguns pontos positivos devem ser registrados na utilização de grafos e Análise de Redes:

- a) precisão na análise e no diagnóstico de rede, associando o valor dos índices das métricas aos atores mais estratégicos na cadeia de suprimentos;
- b) visualização gráfica, possibilitando a percepção da interrelação entre os atores envolvidos e o posicionamento na rede;
- c) transformar a subjetividade em graus de medição, possibilitando que as interrelações sociais apresentem índices quantitativos com possibilidades de identificação e obtenção de *ranking* dos atores envolvidos.

Conclui-se, portanto, que a ARS aplicada em cadeias de suprimentos auxilia na melhor compreensão das relações existentes entre as empresas da rede e também na identificação de compradores ou fornecedores mais importantes. Estes desempenham um papel fundamental para as atividades de outras empresas, seja no fornecimento de materiais considerados chave para a empresa compradora, seja nas quantidades compradas, o que pode influenciar até mesmo na relação comercial entre tais empresas e no fluxo de materiais de toda a rede. As análises realizadas através da utilização das medidas de centralidade escolhidas ajudaram a compreender a organização desses atores que fazem parte da rede de suprimentos em uma empresa do setor elétrico brasileiro, as trocas existentes

entre eles, possibilitando avaliações mais aprofundadas de tais relações que podem até mesmo ser de dependência ou influência na rede. Assim, tais análises mostram-se importantes para o desenvolvimento de estudos e pesquisas nessa área.

### 7.1 Estudos futuros – pontos relevantes não aplicados ou mapeados pela metodologia apresentada.

A metodologia aplicada a este estudo se limitou apenas a analisar a relação de comprador e fornecedor quanto às relações contratuais estabelecidas de fornecimento de materiais de investimento para uma empresa do setor elétrico.

Futuros pesquisadores podem avaliar o comportamento de um grupo pequeno de fornecedores e extrapolar os critérios de análise para um cenário global. Desta maneira, garantir que os critérios de seleção de uma quantidade pequena de fornecedores retrate o comportamento de toda rede social.

A combinação das métricas *betweenness*, *closeness* e *degree* com o valor negociado entre os atores pode ser um fator de incremento na precisão da avaliação. A combinação destas métricas de redes sociais pode sugerir um cenário mais abrangente com a identificação precisa dos fornecedores não identificados na metodologia apresentada neste artigo e ainda aumentar a capacidade de avaliação daqueles que mesmo com valores contratuais pequenos possam oferecer vulnerabilidade à parte da rede global.

Finalmente, espera-se contribuir e incentivar outros pesquisadores de logística e redes de suprimentos, aprimorando os conceitos de redes sociais, analisando e refinando a aderência das métricas aplicadas e a utilização de dados quantitativos reais. Uma das percepções dos autores foi a quantidade ainda pequena de artigos publicados nesta direção. Além disso, que este possa ser mais um produto para o desenvolvimento de métricas aplicáveis a rede de suprimentos.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bavelas, A. (1948), "A mathematical model for group structure", *Applied Anthropology*, Vol.7 No.3, pp. 16-30.
- Beauchamp, M.A.(1965), "An improved index of centrality", *Behavioral Science*, Vol.10 No.2, pp. 161-163.
- Berry, D., Towill, D.R. e Wadsley, N.(1994), "Supply chain management in the electronics product industry", *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, Vol.24 No.10, pp. 20-32.
- Bondy, J.A. et Murty; U.S.R. (1976), *Graph Theory with Applications*, Macmillan, London.



- Borgatti, S.P. e Li, X. (2009), "On social network analysis in a supply chain context", *Journal of Supply Chain Management*, Vol.45 No.2, pp. 5-21.
- Burt, R.S.(1998), "The gender of social capital", *Rationality and Society*, Vol.10 No.1, pp. 5-46.
- Carter, C.R., Ellram, L.M. e Tate, W. (2007), "The use of social network analysis in logistics research", *Journal of Business Logistics*, Vol.28 No.1, pp. 137-169.
- Choi, T.Y., Dooley, K.J. e Rungtusanatham, M.(2001), "Supply networks and complex adaptive systems: control versus emergence", *Journal of Operations Management*, Vol.19 No.3, pp. 351-366.
- Choi, T.Y. e Hong, Y. (2002), "Unveiling the structure of supply networks: case studies in Honda, Acura, and DaimlerChrysler", *Journal of Operations Management*, Vol.20 No.5, pp. 469-493.
- Choi, T.Y. e Kim, Y. (2008), "Structural embeddedness and supplier management: a network perspective", *Journal of Supply Chain Management*, Vol.44 No.4, pp.5-13.
- Choi, T.Y. e Wu, Z. (2009), "Triads in supply networks: theorizing buyer-supplier-supplier relationships", *Journal of Supply Chain Management*, Vol.45 No.1, pp. 8-25.
- Chopra, S. e Sodhi, M.S.(2004), "Managing risk to avoid supply chain breakdown", *MIT Sloan Management Review*, Vol.46 No.1, pp. 53-62.
- Cox, A., Sanderson, J. e Watson, G. (2006), "Supply chains and power regimes: toward an analytic framework for managing extended networks of buyer and supplier relationships", *Journal of Supply Chain Management*, Vol.37 No.2, pp. 28-35.
- Everett, M.G. e Borgatti, S.P.(1999), "The centrality of groups and classes", *Journal of Mathematical Sociology*, Vol.23 No.3, pp. 181-201.
- Fortunato, S. (2010), "Community detection in graphs", *Physics Reports*, Vol.486 No.3, pp.75-174.
- Freeman, L.C. (1977), "A set of measures of centrality based on *betweenness*", *Sociometry*, Vol.40 No.1, pp. 35-41.
- Freeman, L. C.(1979), "Centrality in social networks: conceptual clarification", *Social Networks*, Vol.1 No.3, pp. 215-239.
- Gaither, N. e Frazier, G. (2002), *Administração da Produção e Operações*, 8 ed. Cengage Learning, São Paulo, SP.
- Hendricks, K.B. e Singhal, V.R. (2005), "An empirical analysis of the effect of supply chain disruptions on long-run stock price performance and equity risk of the firm", *Production and Operations Management*, Vol.14 No.1, pp. 35-52.
- Hwang, H.B., Chong, C.S.P., Xie, N. e Burgess, T.F.(2005), "Modelling a complex supply chain: understanding the effect of simplified assumptions", *International Journal of Production Research*, Vol.43 No.13, pp. 2829-2872.
- Ketchen Jr., D.J., Hult, G.T.M.(2007), "Bridging organization theory and supply chain management: the case of best value supply chains", *Journal of Operations Management*, Vol.25 No.2, pp. 573-580.
- Kim, Y., Choi, T.Y., Yan, T. e Dooley, K.(2011), "Structural investigation of supply networks: A social network analysis approach", *Journal of Operation Management*, Vol.29 No.1, pp. 194-211.
- Krackhardt, D.(1990), "Assessing the political landscape: structure, cognition, and power in organizations", *Administrative Science Quarterly*, Vol.92, pp. 142-154.
- Lazzarini, S.G., Chaddad F.R. e Cook, M.L.(2001), "Integrating supply chain and network analyses: the study of networks", *Journal on Chain and Network Science*, Vol.1 No.1, pp. 7-22.
- Lee, H.L.(2004), "The triple – A supply chain", *Harvard Business Review*, Vol.83 No.10, pp.102-112.
- Marsden, P.V.(2002), "Egocentric and sociocentric measures of network centrality", *Social Networks*, Vol.24 No.4, pp. 407-422.
- Niemenen, J.(1973), "On the centrality in a directed graph", *Social Science Research*, Vol. 2 No.4, pp. 371-378.
- Nooy, W; Mrvar, A.; Batagelj, V. (2005), *Exploratory Social Network Analysis with Pajek*, Cambridge University Press, New York.
- Sabidussi, G. (1966), "The centrality index of a graph", *Psychometrika*, Vol.31 No.4, pp. 581-603.
- Scott, J. (2000) *Social Network Analysis: a Handbook*, 2 ed. Sage Publications, London.
- Shaw, M.E. (1954), "Group structure and the behavior of individuals in small groups", *The Journal of Psychology*, Vol.38 No.1, pp. 139-149.
- Van der Aalst, W.M.P. e Song, M. (2004), "Mining Social Networks: Uncovering interaction patterns in business processes", *Business Process Management*, Vol.3080, pp.244-260, 2004.
- Wagner, S.M. e Neshat, N.(2010), "Assessing the vulnerability of supply chains using graph theory", *International Journal Production Economics*, Vol.126 No.1, pp. 121-129.
- Wasserman, S. e Faust, K. (1994), *Social Network Analysis: Methods and Applications*, Cambridge University Press, New York.
- Wilding, R.(1998), "The supply chain complexity triangle: uncertainty generation in the supply chain", *International Journal of Physical Distribution & Logistics*, Vol.28, No.8, pp. 599-616.