CEFET/RJ
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO

UMA ABORDAGEM DOS CONCEITOS DE REDES SOCIAIS APLICADOS AO GERENCIAMENTO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS – CASO EMPRESA DO SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO

Carlos Henrique Zuim Cerqueira

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Tecnologia, Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, CEFET/RJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de mestre em tecnologia.

Orientador

Prof.: Diego Moreira de Araujo Carvalho, D.Sc.

Rio de Janeiro

Junho / 2014

UMA ABORDAGEM DOS CONCEITOS DE REDES SOCIAIS APLICADOS AO GERENCIAMENTO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS – CASO EMPRESA DO SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Tecnologia do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca CEFET/RJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de mestre em tecnologia.

Carlos Henrique Zuim Cerqueira

Aprovada por:

_____

Presidente, Prof.: Diego Moreira de Araujo Carvalho, D. Sc. (orientador)

_____

Prof.: Rafael Garcia Barbastefano, D. Sc.

_____

Prof.: Leonardo Silva de Lima, D. Sc.

_____

Prof.: Peter Fernandes Wanke, D. Sc. – (UFRJ)

Rio de Janeiro

Junho / 2014

RESUMO

UMA ABORDAGEM DOS CONCEITOS DE REDES SOCIAIS APLICADOS AO GERENCIAMENTO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS – CASO EMPRESA DO SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO

Carlos Henrique Zuim Cerqueira

Orientador:

Prof.: Diego Moreira Araujo Carvalho

Resumo da Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-graduação em Tecnologia do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, CEFET/RJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de mestre em tecnologia.

A abordagem do tema de redes sociais avançou robustamente em seu conteúdo, que, atualmente, associada a outras áreas, como a biotecnologia, engenharia, tecnologia da informação, tem se demonstrado uma ferramenta prática para analisar o poder de influência, o posicionamento estratégico e a importância de diversas empresas inseridas na cadeia de suprimentos. Desta forma, a estrutura de relacionamento destas empresas pode ser compreendida como uma rede social. As suas relações de parceria e fluxos de materiais demonstram o quanto pode ser intenso a interação entre uma empresa compradora e outra fornecedora, seja pelo fornecimento de materiais e serviços, seja pelas relações contratuais. Neste contexto, os conceitos de redes sociais podem facilitar o entendimento desta interação entre fornecedor e comprador e fornecer parâmetros de avaliação baseados em medidas de centralidade da teoria de redes sociais. Os parâmetros de gerenciamento da cadeia de suprimentos como, *lead time*, níveis de serviço, valor contratual de fornecimento, etc, podem complementar a análise da rede sob o método da Regressão Linear Multivariada ou associadas às medidas de centralidade de uma rede social: *betweenness*, *closeness*, grau de conectividade, tamanho diametral da rede. Assim, o estudo de logística é favorecido com um novo ponto de observação sobre as relações intrínsecas entre fornecedores e compradores em uma rede de suprimentos.

Palavras-Chave: medidas de centralidade, cadeia de suprimentos, análise de redes.

Rio de Janeiro

Junho /2014

ABSTRACT

AN APPROACH OF SOCIAL NETWORKS CONCEPTS APPLIED IN A SUPPLY CHAIN MANAGEMENT – CASE OF A BRAZILIAN ENERGY COMPANY

Carlos Henrique Zuim Cerqueira

Advisor:

Prof.: Diego Moreira Araujo Carvalho

Abstract of dissertation submitted to Programa de Pós-graduação em Tecnologia - Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca CEFET/RJ as partial fulfillment of the requirements for the degree of master in technology.

The approaching of social networking is debated fully on its content, which currently associated with other areas such as biotechnology, engineering, information technology have demonstrated a practical tool for analyzing power of influence, strategic positioning and the importance several companies linked in the supply chain. Thus, the structure of the relationship of these companies can be understood as a social network. Their partnership and material flows demonstrate how much can be intense the interaction between an acquiring company and the market supplier, either by providing materials and services or through establishing contractual relationships. In this context, the concept of social networks facilitates the understanding of this interaction between supplier and buyer and also it provides others evaluation parameters of measures of centrality from the Social Network Analysis Theory. The supply chain management parameters of lead time, service levels, contract value for supplying, etc., using the Linear Regressive Method and even when associated with measures of centrality in a social network: betweenness, closeness, degree of connectivity, diametrical size of the network. Thus, the study of logistics is favored with a new vantage point on the intrinsic relationship between suppliers and buyers in a supply network relationship.

Keywords: centrality measures, supply chain, network analysis

Rio de Janeiro

Junho / 2014

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central do CEFET/RJ

C416 Cerqueira, Carlos Henrique Zuim
Uma abordagem dos conceitos de redes sociais aplicados ao gerenciamento da cadeia de suprimentos – Caso empresa do setor elétrico brasileiro / Carlos Henrique Zuim Cerqueira.—2014.
xi, 94f. + anexo : il.color. , grafs. , tabs. ; enc.

Dissertação (Mestrado) Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, 2014.
Bibliografia : f. 85-94
Orientador : Diego Moreira de Araujo Carvalho

1. Logística empresarial. 2. Redes sociais. 3. Análise de redes (Planejamento). 4. Energia elétrica – Brasil. II. Carvalho, Diego Moreira de Araujo (Orient.). II. Título.

CDD 658.5

SUMÁRIO

Capítulo I - Introdução 12

I.1 A análise de redes sociais na linha do tempo 12

I.2 O comportamento em rede e as propriedades estruturais. 13

I.3 Objetivo do estudo 14

I.4 O problema 14

Capítulo II - O Gerenciamento da cadeia de suprimentos na indústria – uma visão de redes. 16

II.1 O relacionamento estratégico na cadeia de suprimentos. 16

II.2 O compartilhamento de valor e de informações na rede de suprimentos. 17

II.2.1 A ecologia de rede como fundamento de avaliação de estratégia 18

Capítulo III - O modelo de formação das relações entre atores fornecedores e compradores 21

III.1 Modelos de relacionamento em rede entre empresas. 21

III.2 As estratégias no posicionamento em rede e os seus tipos de relacionamento .. 21

III.3 A formação estrutural de rede e os riscos inerentes ao modelo utilizado 23

III.3.1 Seleção de vértices e arestas 23

III.3.2 A vulnerabilidade de rede – a vulnerabilidade da cadeia de suprimentos em diferentes níveis de análise 24

III.4 A intensidade da força de relação entre os atores da rede – peso das arestas .. 25

III.5 Pesos e intensidade das arestas (medidas de centralidade) 28

III.6 Referências de utilização do software CYTOSCAPE 30

III.7 Definição e critérios de seleção das medidas de centralidade 31

III.7.1 Coeficientes topológicos 33

III.7.2 Conectividade de vizinhança 34

III.7.3 Os caminhos mais curtos 35

III.7.4 Linha de referência 35

III.7.5 Excentricidade de um grafo 36

III.8 A ruptura de rede 37

III.9 Um quadro comparativo com a cadeia de suprimentos 38

Capítulo IV - Regressão Linear Multivariada 41
IV.1 Aplicações do Método de Regressão Linear Multivariada (RLM) 41
IV.2 Objetivos 41
IV.3 Variáveis dependentes 42
IV.4 Variáveis dependentes 42
IV.5 ANOVA 43
IV.6 Teste de Hipótese 44
IV.7 Análise de Resíduos 45
Capítulo V - O caso de uma empresa do setor elétrico brasileiro 47
V.2 O cenário de transporte (transmissão e distribuição) 48
V.3 A estrutura do setor elétrico no organograma político-brasileiro 49
V.4 Leis e normas da administração pública aplicáveis a uma empresa estatal de economia mista 52
V.4.1 Lei 8.666/93 – Lei de Licitações e Contratos 52
V.5 A logística e a cadeia de suprimentos da empresa 53
Capítulo VI - Metodologia 57
VI.2 Seleção da amostra e a utilização da melhor métrica para análise das amostras 62
VI.3 Regressão Linear Multivariada 63
Capítulo VII - Análise de resultados 65
VII.2 Materiais de investimento versus vulnerabilidade 67
VII.3 Registro dos resultados 75
VII.3.2 Análise dos resultados do grafo com pesos nas arestas 75
VII.4 Posicionamento estratégico das 20 empresas de maior medida de centralidade 76
VII.5 Análise dos resultados da Regressão Linear Multivariada (RMV) 79
Conclusão 82
Referências Bibliográficas 85
Anexo I 95

LISTA DE FIGURAS

Figura II.1 - Relação entre comprador e fornecedor, através de arestas. 17

Figura III.1 Demonstração de uma rede esparsa e densa na presença do ego. 24

Figura III.2 Relação entre Centro de Distribuição e Fornecedor 28

Figura III.3 Rede com o ego apresentando arestas fracas e fortes numa rede densa e esparsa. 29

Figura III.4 Modelos gráficos de clusterização e ponderação das arestas. 30

Figura III.5 Exemplo de rede com cinco vértices e seis arestas. 34

Figura III.6 Gráfico de conectividade entre vários vértices de uma rede não dirigida 35

Figura III.7 Exemplo da linha de regressão para conectividade de vizinhança 36

Figura III.8 Diâmetros, centros e raios de um grafo sem peso (a) e em um grafo com pesos (b) (fragmento de WU e CHAO, 2004) 37

Figura III.9 Relação de fornecimento entre fornecedores e compradores 38

Figura V.1 Estrutura organizacional do sistema elétrico (fonte: Ministério de Minas e Energia) 51

Figura V.2 – Gráfico representativo da rede de suprimentos materiais e serviços. 54

Figura V.3 – A relação entre fornecedor e empresa de fluxo de materiais através de um contrato de fornecimento. 55

Figura V.4 – Macro fluxo do processo de aquisição entre empresa e fornecedor 56

Figura VI.1 Gráfico da rede e lista dos autores selecionados e analisados pela teoria de redes sociais, utilizando o programa Cytoscape. 59

Figura VI.2 Relação contratual entre dois vértices e a consolidação destas relações em pesos ou graus da aresta. 60

Figura VI.3 Peso das arestas entre dois atores 61

Figura VII.1 A rede global e os pontos que identificam os atores mais estratégicos da rede. 65

Figura VII.2 Gráfico comparativo entre a rede global (esquerda) e a rede de fornecimento de materiais de investimento (direita). Gráfico da medida de centralidade betweenness x degree (grau). Reta de Regressão Linear 66

Figura VII.3 Gráfico comparativo entre a rede global (esquerda) e a rede de fornecimento de materiais de investimento (direita). Gráfico da medida de centralidade closeness x degree (grau). Reta de Regressão Linear 66

Figura VII.4 Gráfico comparativo entre a rede global (esquerda) e a rede de fornecimento de materiais de investimento (direita). Gráfico dâmetro (radiality) e a medida degree (grau). Reta de Regressão Linear 67

Figura VII.5 A figura (a) representa a rede de fornecimento de materiais de investimento e a figura (b) representa a rede sem a influência de dois fornecedores importantes da cadeia de suprimentos..... 68

Figura VII.6 A relação entre a medida de centralidade betweenness e a medida degree (grau). Reta de Regressão Linear 69

Figura VII.7 A relação entre a medida de centralidade betweenness e a medida degree com pesos nas arestas..... 69

Figura VII.8 A relação entre a medida de centralidade closeness e a medida degree (grau). 70

Figura VII.9 A relação entre a medida de centralidade closeness e a medida degree com pesos nas arestas. 70

Figura VII.10 A relação entre a média dos comprimentos dos caminhos mais curtos (*average shortest path length*) e a conectividade de vizinhança *(neighborhood connectivity*)... 71

Figura VII.11 A relação entre a média dos comprimentos dos caminhos mais curtos (*average shortest path length*) e a conectividade de vizinhança *(neighborhood connectivity*) com pesos nas arestas..... 72

Figura VII.12 A relação entre a dimensão diametral (radiality) e o grau (degree) 73

Figura VII.13 A relação entre a dimensão diametral (radiality) e o grau (degree) com peso nas arestas. 73

Figura VII.14 A relação entre a dimensão diametral (*radiality*) e a excentricidade da rede..... 74

Figura VII.15 A relação entre a dimensão diametral (*radiality*) e a excentricidade da rede com pesos nas arestas..... 74

Figura VII.16 A relação entre a medida de centralidade *betweenness* e a excentricidade 76

Figura VII.17 Relação das empresas listadas pelas maiores medidas de centralidade das empresas fornecedoras de material..... 77

Figura VII.18 O caminho mais curto da rede 78

Figura VII.19 Gráfico de resíduos versus dias observados. 81

LISTA DE TABELAS

Tabela V.1 Dados de geração em operação no Brasil (fonte: banco de dados da geração ANEEL 2012)..... 47

Tabela VI.2 Análises das medidas de centralidade nas relações contratuais da rede... 63

Tabela VII.2 Valores das medidas de centralidade para os respectivos parâmetros de comportamento em rede. 75

Tabela VII.3 Quantidades de contratos por CD de cada empresa fornecedora de material. 78

Tabela VII.4 Correlação das variáveis associadas dos documentos contratuais da rede. 79

Tabela VII.5 Regressão Linear Multivariada das três variáveis dos documentos contratuais disponíveis na rede. 80

Capítulo I - Introdução

I.1 A análise de redes sociais na linha do tempo

A Análise de Redes Sociais (ARS) tem sido criticada e defendida tanto como uma abordagem conceitual, quanto uma metodologia analítica. Um dos debates, no que diz respeito à validade da ARS, questiona como uma disciplina teórica pode abordar mais do que um conjunto de métodos analíticos. Muitos destes métodos são avaliados pelo Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos (GCS) A teoria de rede social sugere que o comportamento e os resultados de um determinado ator estejam associados a algumas medidas de estrutura da rede (DEMPWOLF e LYLES, 2012).

Historicamente, ainda segundo DEMPWOLF e LYLES (2012), os conceitos teóricos que envolvem o relacionamento social estão registrados desde a Teoria dos Grafos em 1736, passando pela física social no início de 1800 e das comparações entre sociedades de atores em rede. As teorias da psicologia de Gestalt[1] e a teoria de campo[2] podem ser consideradas de grande relevância para Análise de Redes como mencionados por BORGATTI et al. (2009); CROSSLEY et. al. (2009); O'KANE et al. (2009) e SCOTT (1991). As divergências existentes entre as correntes americanas e as europeias foram ajustadas no início de 1934 com o estudo MORENO (1934). No artigo de FREEMAN (1996) consta de uma lista de autores que desenvolveram os conceitos e os métodos, que atualmente, utilizamos em ARS.

As décadas de 1940, 50, e 60 acompanharam o desenvolvimento contínuo de abordagens estruturais envolvendo o mapeamento dos atores e as relações em redes, o uso de álgebra matricial e a teoria dos grafos puderam manipular e analisar as estruturas matematicamente. Estudos influentes incluem DAVIES, GARDNER (1941), o estudo sobre status social entre as mulheres no Deep South, contribuindo também o estudo de BAVELAS (1948) e o Laboratório de Redes de Grupo sobre o efeito das estruturas de rede de comunicação na resolução de problemas em BORGATTI et al. (2008), o estudo de BOTT (1957) de grau de parentesco e redes sociais. DAVIES et al.(1941) foram capazes de identificar cliques[3] e status social entre um grupo de mulheres com base em seus padrões de atendimento em uma série de eventos sociais (WASSERMAN e FAUST, 1994). BAVELAS

[1]Observando-se o comportamento espontâneo do cérebro durante o processo de percepção, chegou-se á elaboração de leis que regem esta faculdade de conhecer os objetos. Estas normas podem ser resumidas como:
- **Semelhança**: Objetos semelhantes tendem a permanecer juntos, seja nas cores, nas texturas ou nas impressões de massa destes elementos. Esta característica pode ser usada como fator de harmonia ou de desarmonia visual.
- **Proximidade**: Partes mais próximas umas das outras,em um certo local, inclinam-se a ser vistas como um grupo.

[2]Dentro do ambiente psicológico, as pessoas, os objetos ou mesmo qualquer coisa mensurável pelo indivíduo podem adquirir "valências", que determinam um campo de forças psicológicas. Objetos, pessoas ou coisas com "valência positiva", tendem a atrair o indivíduo. Inversamente, "valência negativa" tende a afastar o indivíduo ou mesmo causar repulsa ou fuga

[3]Cliques em um grafo binário não direcionado consiste do maior número de atores com arestas interligadas a todos os outros membros da clique (WASSERMAN e FAUST, 1994) .

(1948) e sua equipe no MIT quantificaram a importância da coordenação no funcionamento eficiente de redes humanas, apresentados por BORGATTI et al. (2008). Um estudo antropológico de Bott (1957) analisou a influência das redes sociais sobre os papéis conjugais entre as famílias britânicas, constatação nas responsabilidades compartilhadas ou realizadas sob uma tradicional divisão de responsabilidades entre marido e mulher.

DEMPWOLF e LYLES (2012) sugerem que no ditado "não é o que você sabe, mas quem você conhece" é bem adequado, quando se trata das facilidades e dos meios utilizados para descrever as relações organizacionais. Sendo assim, existem dois tipos de conhecimento técnico (*o que você sabe*) e relacional (*quem você conhece*). Desta maneira, torna-se evidente, que estes dois tipos de conhecimento utilizam duas bases de dados. A primeira é sobre os atores a ser estudado, ao qual nos referimos como atributos, características dos atores individuais, por exemplo, sua raça, renda ou localização física, que são as variáveis primárias, consideradas na ciência social - tradicionalista. A segunda base de dados é relacional, isto é, dados sobre as relações entre os atores individualmente.

I.2 O comportamento em rede e as propriedades estruturais.

A Análise de Redes (AR) é um campo amplo, que está diretamente associado à área de estudo da sociologia, muitos pesquisadores têm desenvolvido critérios de análise, baseados nos conceitos de rede para avaliar a organização econômica e o desempenho organizacional.

LAZZARINI et al. (2001) estabelecem as principais fontes de valor em Análise de Redes: a estrutura social, que é a relação interpessoal e as posições de certos agentes no espaço; a aprendizagem, que é o nível de adequação destes atores ao meio a que estão inseridos e as externalidades, que advém de comportamentos econômicos ou adoção de tecnologia para controlar os seus processos produtivos ou a comunicação com outros atores em rede.

GRANDORI e SODA (1995) distinguem as propriedades de redes sociais como modelos de coordenação entre empresas, sendo simétrica e assimétrica. Dentre o conceito de simetria de redes, os autores descrevem que as relações entre atores, conectando empresas, através de contratos é a primeira forma de redes sociais. SCHRADER (1991) afirma que as informações confidenciais de valor podem circular nas redes, que são muito relevantes para a economia de valor, mas ainda desconhecida à percepção direta do avaliador. GRANOVETTER (1985); ALDRICH e GLINOV (1990) indicam que a manutenção da confiança de rede está na aceitação das parcerias mais bem enraizadas na rede de relacionamento.

I.3 Objetivo do estudo

O objetivo deste estudo consiste em utilizar os conceitos de redes sociais e aplicá-los na análise tradicional de gerenciamento da cadeia de suprimentos para identificação de empresas estratégicas de uma rede de relacionamento. Esta análise apresentará métricas de avaliação da Análise de Redes Sociais (ARS), que complementam os indicadores operacionais de gestão da cadeia de suprimentos. Neste estudo serão abordados os conceitos de características de rede de relacionamento, permitindo identificar os respectivos atores como empresas compradoras e fornecedoras, interligadas através das suas relações contratuais e avaliar as suas interações, através da intensidade do fluxo de informações confidenciais que percorrem toda rede. Esta análise permite avaliar o comportamento e o relacionamento estratégico de uma empresa de geração e transmissão de energia elétrica com os seus fornecedores de materiais e equipamentos. Estas características devem estar segmentadas pela importância estratégica na rede, pelo valor empregado e assim, comparar o desempenho entre os atores. Desta maneira, a análise de rede estará apoiada nas métricas de ARS, que estão descritos nos capítulos seguintes.

No capítulo II estão apresentados os tipos de relações entre as empresas e como as atribuições de pesos nas relações podem identificar o grau de uma interação entre comprador e fornecedor. No capítulo III são apresentas a identificação e o posicionamento estratégico destas empresas cujas abordagens estão ampliadas e direcionadas para uma análise de redes rompidas. No capítulo IV está apresentada uma abordagem do método de Regressão Linear Multivariada aplicada à rede de suprimentos. No Capítulo V, o estudo de caso com uma empresa do setor elétrico brasileiro e a estrutura de sua rede de suprimentos. No capítulo VI é apresentada a metodologia utilizada para analisar o comportamento dos atores, utilizando as regras de centralidade de rede e a verificação do tema alinhado com os conceitos de gerenciamento da cadeia de suprimentos. Os resultados estão apresentados no capítulo VII.

Esperamos demonstrar ao final deste trabalho, que a combinação de medidas de centralidade em ARS pode indicar um comportamento ora não identificado pelos conceitos mais tradicionalistas na gestão da cadeia de suprimentos, sustentada pela abordagem de Regressão Linear de Multivariáveis (RLM).

I.4 O problema

Inserir os conceitos de ARS como um novo modelo de análise da cadeia de suprimentos. Enquanto, o gerenciamento da cadeia de suprimentos fornece uma avaliação direta, através de indicadores operacionais (tempo de atendimento, volume negociado, fornecedor estratégico), em ARS é possível verificar outros conceitos (posicionamento na rede, proximidade de uma empresa a outra e níveis de importância), que podem complementar os dados fornecidos do GCS.

Outra análise consiste na verificação da rede em caso de ruptura, ou seja, a falta de um fornecedor importante na rede e o impacto que este produz no contexto de relacionamento social.

Capítulo II - O Gerenciamento da cadeia de suprimentos na indústria – uma visão de redes.

II.1 O relacionamento estratégico na cadeia de suprimentos.

A formação de grupos estratégicos entre as indústrias pode ser identificada com base em semelhanças de produção em escala, semelhança de produtos e serviços, preços, características e qualidade; pode acontecer de haver similaridade na tecnologia, ou a semelhança em clientes parceiros.

OLIVER e WEBBER (1982) apresentaram os benefícios da integração dos processos de negócio interno de compra, produção, venda e distribuição. Historicamente, a frase, gerenciamento da cadeia de suprimentos, pode ter originado no início dos anos 80. Atualmente, a frase aparece em muitos relatórios de empresas, planejamentos estratégicos e periódicos acadêmicos.

HARLAND (1996) aponta a análise para alguns conceitos de Gerenciamento da Cadeira de Suprimentos: a forma de integração, as conexões de negócio (fornecedores versus compradores) e as tendências gerenciais de desintegração das relações verticais, gestão de fornecedores, foco na operação, subcontratação, *just in time*[4] e parcerias de fornecimento.

O elo entre um comprador e fornecedor pode estar visualizado em uma aresta de relacionamento, Figura II.1, que pode ser cooperativista ou oportunista; forte ou fraca; múltipla ou simples, detendo claras as implicações no comportamento estratégico de uma empresa e no seu desempenho. Basta observar que certas características desta interação podem não só ser valiosas, mas também, uma oportunidade dos concorrentes imitarem, devido à história e a reputação da empresa. DYER e NOBEOKA (2000) fornecem uma ilustração poderosa, demonstrando os recursos da rede de fornecedores da Toyota nos EUA e dos benefícios que se obtêm tanto da Toyota, quanto de seus fornecedores, resultado da confiança e complexos incentivos que a Toyota usa em sua rede.

Na figura II.1 está apresentada a relação entre empresa e fornecedor. Uma relação pode ser mais intensa, forte do que outra. A relação entre empresas é verificada por arestas de ligação.

[4] Just-in-time como o próprio nome sugere corresponde a produção de bens no mesmo momento do uso ou venda. (ADEYEMI, S. L., 2010)

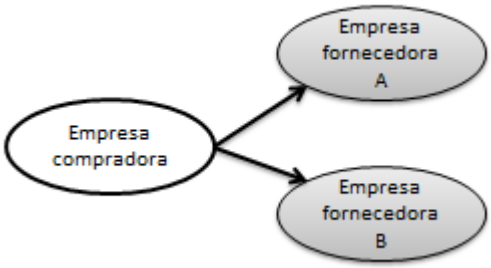


Figura II.1 - Relação entre comprador e fornecedor, através de arestas.

Por outro lado, as arestas de rede podem carregar informações ocultas, indicando que quanto mais distante as relações com clientes, menos vantajosa pode ser o desempenho da empresa. GULATI e LAWRENCE (1999) descobriram uma diferença considerável no desempenho da rede de fornecimento no setor automobilístico. Eles identificaram que a natureza do produto associada a cada aresta de relacionamento pode desempenhar um papel crítico no comportamento da rede, na segregação de grupos de fornecimento como de compradores.

Uma consideração importante, apresentada ainda por GULATI (1995) é a questão dos custos de transação e da contratação. A análise de redes com a inserção de empresas pode reforçar a percepção de confiança que um ator possui sobre o outro. Este nível de parceria pode explorar a vulnerabilidade do outro, como apresentado por BARNEY e HANSEN (1994). O nível de confiança pode ser promovido de várias maneiras: identificando as capacidades de uns com os outros; reconhecer o nível de recursos disponíveis que um parceiro possui sobre o outro, reunir informações que se destacam entre as ligações existentes entre um comprador e fornecedor. Resumindo, a ARS pode reduzir as dificuldades informacionais, sendo estas assimétricas, o que pode ocasionar um aumento no custo de contratação por falta de precisão ou detalhamento dos dados. Buscaremos neste estudo a comprovação desta afirmativa.

II.2 O compartilhamento de valor e de informações na rede de suprimentos.

CACHON e FISCHER (2000) assumem que a informação é sempre compartilhada com sinceridade. Considerando as análises de LEE et al. (2000) e GAVIRNENI et al. (1999), a fonte de inventário pode ser perfeitamente confiável, o que minimiza o impacto sobre o varejista, isto porque as ordens recebidas e processadas são compartilhadas diretamente com os fornecedores, fonte do inventário. Este compartilhamento de informações pode ter um impacto significativo sobre os varejistas, que podem influenciar nas ofertas de fornecimento. Uma tendência de aferimento do comportamento destes atores na cadeia de suprimentos é a aplicação de tecnologia na redução do tempo de processamento e a definição do tamanho dos

lotes. Por outro lado, se esta relação não tiver clareza e objetividade, o comportamento e o fluxo de informações entre estes atores podem estar comprometendo o compartilhamento das informações.

II.2.1 A ecologia de rede como fundamento de avaliação de estratégia

Um dos fundamentos válidos para compreender o comportamento de atores de uma rede de influências é a compreensão de redes ecológicas. Este entendimento permite identificar os fluxos de entrada e saída de uma célula ecológica, entende-se por célula organizacional, o nível de dependência entre atores e as influências exercidas sobre um ator e outro.

A avaliação das unidades organizacionais como um sistema ecológico adaptativo (LEVIN, 1998) é um conceito de apoio ao entendimento de sobrevivência destas unidades dentro de um sistema estratégico, competitivo onde é possível mensurar o comportamento em diferentes graus de interação. O dinamismo do ecossistema permite avaliar as interações entre estas unidades, antes do sistema enfrentar mudanças bruscas (rupturas) nos processos que controlam os comportamentos de cada ator da rede (GUNDERSON e HOLLING, 2002).

A perspectiva evolutiva sobre estratégia surge para estudar a ecologia intra-organizacional, assim como as células organizacionais (departamentos, unidades de negócio) se comportam dentro do mundo corporativo às pressões externas. O foco principal é a proliferação de atividades que possibilitem a sobrevivência das empresas em um ambiente de relacionamento formal entre a estrutura interna e externa. Esta abordagem verificaria a viabilidade das estratégias idealizadas pelas organizações, considerando este processo como um fenômeno fundamental de interesse a ser avaliado (BURGELMAN, 1986). HANNAN e FREEMAN (1977) atribuiram os conceitos de ecologia, em paralelo, ao comportamento dos vários atores em redes sociais que analisaram o desempenho das empresas. Desta maneira, a análise de redes pode ser composta por várias técnicas de análise sistemática de redes de fluxos ecológicos: entrada externa ao sistema, fluxos entre componentes, saída para outros sistemas e perdas dissipantes (ruptura). A análise de rede ecológica fornece aos pesquisadores um conjunto de mecanismos ou ferramentas, que variam desde a simples consideração de álgebra linear à teoria dos grafos, usando uma grande variedade de índices para classificar, comparar e analisar a estrutura em função do ecossistema. (BATTINI et al., 2007).

Segundo BATTINI et al, (2007), além de descrever a estrutura industrial de processos como uma rede ecológica, ele relata algumas aplicações de paradigmas de análise de rede e indicadores ecológicos, aplicados à cadeia de suprimentos moderna, a fim de calcular o nível de complexidade e o nível de organização de uma rede industrial. Três tipos de semelhanças

entre redes industriais e ecológicas podem ser sublinhadas para apoiar esta abordagem: similaridade na estrutura de rede, similaridade em fluxos, similaridade dos vértices.

• *Similaridade na estrutura da rede* - Ecossistemas são coleções de plantas e animais, espécies organizadas em estruturas de redes complexas, porque a energia e a matéria são transformadas e transferidas. Analogamente, a cadeia de uma empresa de suprimento consiste em diferentes departamentos cujas atividades estão delimitadas, desde a aquisição de materiais até o atendimento ao cliente, desta maneira, compreendendo atividades socioeconômicas que transformam e transferem energia, informação, bens e serviços, estes processos se interligam com as atividades de outro cenário de fornecimento cuja estrutura de teia é semelhante;

• *Similaridade dos fluxos* - os sistemas ecológicos são geralmente descritos em termos de troca de energia e matéria, trocar bens da cadeia de suprimentos industriais, dinheiro, etc. Em ambos os casos, o desempenho de todo o sistema é fortemente dependente da incerteza dos fluxos, sobre o número de vértices e suas extremidades. É importante compreender o *trade-desligado* (relação de compromisso) entre a complexidade da rede e a organização da rede de uma estrutura. Na verdade, a eficiência máxima (complexidade mínima) para uma rede significa uma máxima vulnerabilidade e menos flexibilidade para mudanças repentinas, por outro lado, a alta redundância e complexidade de vértices e arestas aumentam os custos totais e a redução do desempenho de todo sistema.

• *Similaridade dos vértices* – quando as espécies dentro de um ecossistema estão ligadas a outras espécies, através de uma relação de dependência. Da mesma maneira, parceiros em uma rede de suprimentos têm diferentes papéis dentro da cadeia e está inserido entre um relacionamento fornecedor-consumidor, sendo maior ou menor o nível de dependência. Em ambos os casos, é importante medir quanto um vértice é dependente de outro vértice e quantas ligações ou arestas são redundantes Em redes sociais, o indicador ecológico pode avaliar a dependência e a influência dos atores, com valores relacionados às medidas aplicadas ao grau dos vértices e da intensidade das suas relações estratégicas. Nos capítulos a seguir serão apresentadas as definições dos valores das medidas de centralidade de rede, tendo como referência o indicador ecológico entre células organizacionais. Estas relações devem ter pesos atribuídos as suas ligações, ao que classificamos de peso ou intensidade das arestas.

O objeto do trabalho de BATTINI et al. (2007) é a investigação da complexidade organizacional no "Fornecimento de Rede em Cadeia" (FRC) e trabalhar para o desenvolvimento de uma Análise de Redes da Cadeia de Suprimentos, medindo os fluxos de mercadorias (unidades de carga, valores monetários ou custos por período) entre os diferentes setores de atividade dentro das fronteiras da cadeia de suprimentos. O entendimento desta

dinâmica pode ser complementado ao construir uma rede de fluxos e assim, efetuar a investigação das interações existentes, através da análise de redes.

Neste capítulo consolidamos a ideia da estratégia de relacionamento entre empresas compradoras e fornecedoras como um sistema ecológico. As interações ou elos entre estes atores, identificados por arestas, podem demonstrar o comportamento de um negócio em diversos graus. Esta variação permite identificar grupos estratégicos que podem interferir, modificar e influenciar em todo o sistema organizacional. A ruptura deste sistema sugere que os custos envolvidos nestas transações podem ser um delimitador para avaliar o nível de dependência de uma unidade sobre outra, ou seja, o nível de comprometimento de uma empresa compradora a um grupo de empresas fornecedoras.

Capítulo III - O modelo de formação das relações entre atores fornecedores e compradores

III.1 Modelos de relacionamento em rede entre empresas.

As abordagens mais tradicionalistas para gestão das relações entre compradores e fornecedores, concentraram-se na concepção e na manutenção da ideia de verticalidade, uma série ordenada das relações entre um comprador e seus fornecedores. A análise destas estruturas hierárquicas sugere que a escolha de certos fornecedores deve ser seletiva e receberem classificações para avaliação de desempenho e capacidades potenciais no atendimento de recursos críticos para o comprador. (ASANUMA, 1989).

KULMALA (2004) e STUART et al. (1998) desafiam este ponto de vista ao sugerirem que as interações entre compradores e fornecedores são igualmente importantes, pois as informações inter-organizacionais devem incluir dados parciais ou integrais sobre as atividades e custos envolvidos. A fabricação japonesa é um exemplo clássico de relações horizontais, onde os fornecedores são organizados, através de associações, *kyoryokukai*, que visam promover o intercâmbio de conhecimentos e a sua socialização (NISHIGUCHI, 1994; DYER e NOBEOKA, 2000). Ao contrário do senso comum japonês, as associações de fornecedores surgiram devido a uma iniciativa governamental para promover a cooperação, mesmo embora, em alguns casos - como na associação da Toyota - onde foram reforçadas por iniciativas privadas. Este modelo associativo de fornecedores também foi replicado a outros países, como em fábricas da Toyota nos EUA (HOLMSTROM e ROBERTS, 1998; DYER e NOBEOKA, 2000) e na Austrália (LANGFIELD - SMITH e GREENWOOD, 1998).

DYER e NOBEOKA (2000) identificaram em seu estudo alguns pontos chaves no modelo da empresa Toyota, seja no intercâmbio, seja na gestão do conhecimento, socializando as suas necessidades com os demais fornecedores. Assim, identificou-se um grau forte de relacionamento, que estava interligado entre a empresa e seus fornecedores, que agregavam sistematicamente valor ao sistema de produção. A forma organizada da Toyota permitiu identificar os caminhos para a redução de custos do processo, inovações tecnológicas e a partilha de experiências em toda a sua rede.

III.2 As estratégias no posicionamento em rede e os seus tipos de relacionamento

Um dos estudos que utilizou de modelos matemáticos para determinação de menor custo de fornecimento para a cadeia foi apresentado por PISHVAEE e RABBANI (2010). O algoritmo possibilita o desenvolvimento de um método com abordagem heurística, tomando

como base referencial, os problemas apresentados no embarque direto e indireto na cadeia de suprimentos e, posteriormente, a avaliação dos problemas, convertendo esta relação de estudo num grafo bipartido.

Há um número de maneiras diferentes, em que podem ser estabelecidas as relações entre as empresas na rede de suprimentos. Por exemplo, uma relação, definida por uma aresta de interligação pode ser estabelecida entre duas empresas, se estas estiverem colaborando em um novo desenvolvimento do produto como apresentado no estudo de CHOI e HONG (2002).

As empresas podem estar ligadas por causa da entrega e do recebimento de materiais, ou elas podem estar ligadas, através de uma relação contratual (CHOI e HONG, 2002). Em uma estrutura de árvore de fluxo de materiais (BERRY et al. , 1994; CHOPRA e SODHI, 2004; HWARNG et al., 2005), a rede segrega os fornecedores por cliente. Outro tipo de relação é a contratual, que estabelece um contrato entre um fornecedor de segunda ou terceira camada ou nível e dirige a outro fornecedor de primeira linha para receber o produto oriundo deles (CHOI e KRAUSE, 2006; CHOPRA e SODHI, 2004). GULATI et al. (2000) apresentaram uma abordagem sobre o baixo índice nas pesquisas para a atenção dispensada em diversas implicações estratégicas das empresas quando analisadas em rede. Os modelos tradicionais de competição estão focados nas variáveis estratégicas tais como, escala de atendimento, intensidade da propaganda, similaridade de produtos e interdependência ao longo da cadeia, que permitem compreender as diferenças de valores negociados entre as empresas. Outro fator estratégico importante é o posicionamento na rede. Quando uma competição entre fornecedores apresenta uma intensidade relevante, o posicionamento destes atores pode estar representando o seu respectivo nível no mercado. Neste contexto, o entendimento de redes ecológicas facilita o entendimento do poder de influência nas relações comerciais com compradores estratégicos. Esta percepção pode estar obscurecida nas abordagens mais tradicionalistas de GCS. Assim como, a eficiência na relação dos custos de uma transação pode avaliar não apenas um simples relacionamento entre comprador e fornecedor, mas toda rede de relações entre estas empresas.

Uma solução de compromisso pode ser possível, em que as decisões de localização estratégica são implementadas no início do horizonte de planejamento, mas em outras decisões (nomeadamente tático / operacional), como a atribuição de demandas dos clientes às instalações, podem mudar ao longo do tempo (MELO et al., 2009). Estas atribuições podem não ter características lineares no decorrer do tempo, mas expressar picos de atendimentos às demandas com efeito nas produções de empresas fornecedoras. Desta forma, podem ocorrer implicações reais, se não houver um planejamento de atendimento às necessidades anterior a este atendimento.

III.3 A formação estrutural de rede e os riscos inerentes ao modelo utilizado

III.3.1 Seleção de vértices e arestas

A rede de empresas pode ser estruturada em dois elos, o que permite afirmar ou utilizar o termo “a cadeia de dois elos”: a relação entre fornecedor e empresa e outra relação entre empresa e consumidor. Assim, o conceito de cadeia de empresas se torna mais ampla como rede de empresas. (BORGATTI e LI, 2009)

A rede social pode estar representada pela relação de intimidade psicológica entre dois atores. Aqui, utilizamos a descrição de BORGATTI e LI (2009), pois foram os autores que trabalharam na associação entre o ser social e o ser físico. A ideia apresentada é tangibilizar nas relações, um valor que expressasse o tamanho e a importância da rede, quanto ao comportamento de seus atores. Então, considera-se importante definir que os vértices sejam pessoas, empresas, países etc e as ligações entre eles a representação das suas relações de amizade, competição, parceria etc. Estas interações estão representadas por arestas, que expressam “o valor de amizade” fluindo de um vértice a outro. A tipologia destas arestas é separada em 4 grupos: as similaridades, as classes de relações sociais, as interações e os fluxos. É de interesse em nosso estudo compreender as características destes fluxos. Portanto, é importante considerar nas relações entre atores (vértices) o valor representativo (relações contratuais) que possa dar subsídio na análise e compreensão na rede de relacionamento entre empresas, um acréscimo no entendimento dos parâmetros de avaliação da cadeia de suprimentos.

Na busca de uma abordagem que associe os conceitos de redes sociais com os conceitos de gerenciamento da cadeia de suprimentos, BORGATTI e LI (2009) definiram o conceito de rede de Ego. Este conceito consiste de um ator focal, denominado Ego dentre um grupo de atores com arestas interligadas aos atores adjacentes a cada um. Faz-se necessário, manter em mente os conceitos de Ego para definir principalmente os posicionamentos de certos atores na rede. Este posicionamento pode registrar o grau mais estratégico de cada um na rede. Por exemplo, se, o relacionamento dos atores adjacentes é denso, ou seja, se todos os atores estão interconectados, vale ressaltar, que a informação que um ator possui deve estar disponibilizada no ator conectado e assim por diante. A melhor representação da rede pode estar representada nos dados coletados do “ator-ego”. Desta forma, é melhor do que coletar as informações de toda a rede. Considera-se que a parte mais importante da rede está na relação direta com atores influentes. As informações que circulam pelo vértice Ego são importantes para o comportamento de toda rede. Neste estudo será abordada a análise de rede de suprimentos. O propósito deste estudo visa desenvolver um estudo das relações entre os atores e compreender a relevância do posicionamento de cada um e analisar o nível de informações que circula por cada ponto ou grupo da rede.

Na figura III.1 é possível visualizar os dois tipos de redes que podem explicitar as relações, o posicionamento e o fluxo de informações em uma rede social. Uma rede esparsa pode reter informações em níveis e separadamente por grupo de atores, enquanto em uma rede densa, a informação pode estar disponibilizada a todos os atores da rede. Esta pode representar uma estrutura organizacional confiável para uma organização.

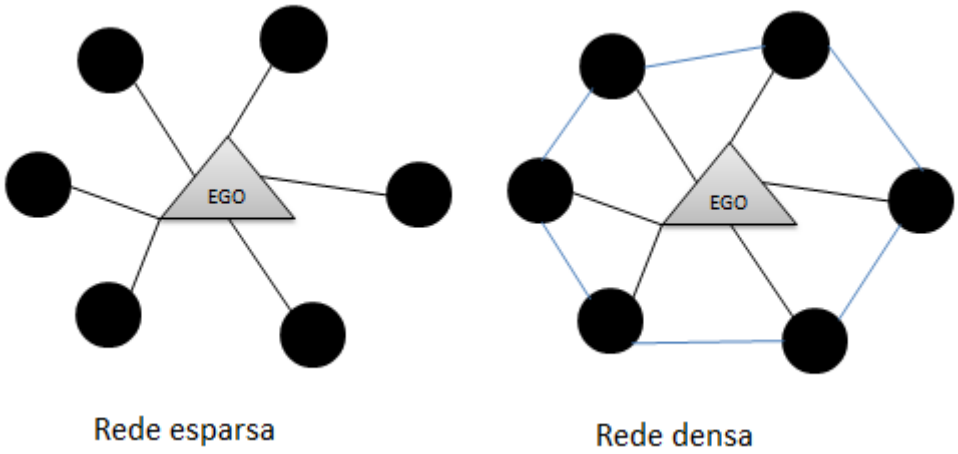


Figura III.1 Demonstração de uma rede esparsa e densa na presença do ego.

Outra abordagem interessante para a ARS é a relação que pode representar, por exemplo, amizade, simpatia, comunicação, fluxo de trabalho, ou a troca de bens entre os atores que representam os indivíduos, organizações ou mesmo nações (SCOTT, 2000). CARTER et al. (2007a) descreve a importância da análise de redes sociais como uma metodologia adequada para descrever e analisar as inter-relações de unidades ou vértices dentro de uma rede. Os vértices de redes podem ser indivíduos, um grupo de indivíduos, como um departamento dentro de uma organização ou organizações dentro de uma maior rede como uma cadeia de suprimentos. Dado a flexibilidade na definição desses vértices, a ARS pode ser efetivamente usada para estudar ambos os fenômenos organizacionais e interorganizacionais.

III.3.2 A vulnerabilidade de rede – a vulnerabilidade da cadeia de suprimentos em diferentes níveis de análise

A vulnerabilidade da cadeia de suprimentos pode ser medida e gerenciada em diferentes níveis na cadeia de suprimentos, Os tomadores de decisão, posicionados nestes diferentes níveis podem definir medidas para reduzir a vulnerabilidade de toda rede. O ator Ego pode indicar o nível das relações e a intensidade de aproximação entre eles. Desta forma,

quanto maior o nível das relações, maior é a dificuldade para uma empresa individual influenciar em toda cadeia de suprimentos.

No estudo de MCKINNON (2006) é possível analisar qualitativamente a vulnerabilidade da economia do Reino Unido com a interrupção temporária do sistema de transporte rodoviário de mercadorias do país. Ele conclui que as empresas individuais pouco podem fazer para reduzir a vulnerabilidade decorrente de uma temporária paralisação do transporte rodoviário de mercadorias. Aliado a esta informação, os formuladores de políticas públicas teriam de compreender a vulnerabilidade das cadeias de abastecimento para tal fonte de risco e tomar medidas mitigadoras, em caso de estímulo perturbador. Este se configura um exemplo de relação em rede onde a informação estratégica não está claramente disponibilizada.

WAGNER e NESHAT (2010) estimaram a vulnerabilidade da cadeia de suprimentos com a ajuda da Teoria dos Grafos, conceito utilizado para calcular e quantificar os índices de vulnerabilidade no abastecimento da rede. No entanto, a teoria foi estendida para as questões relacionadas à cadeia de suprimentos. Esta é uma referência importante para direcionamento deste estudo.

Um fator importante, que está associado à vulnerabilidade ou ao risco de uma rede é a observação da dinâmica dos comportamentos de cada ator (vértices). A maioria das redes depende da sua função e conectividade, ou seja, a existência de caminhos que levam entre pares de vértices. Se estes vértices são removidos, o comprimento típico desses caminhos tende a aumentar. Assim, os pares podem se desconectar e a comunicação ser interrompida.

Aproveitamos a analogia descrita por NEWMAN (2003) para determinar a importância da rede em se comportar de forma resiliente, como exemplo, ele cita:

> *"a vacinação das pessoas contra a doença não só impede que os indivíduos vacinados contraiam a doença, mas também pode destruir os caminhos entre outros indivíduos, através do qual a doença pode se propagar. (...) O efeito pode ser mais amplo e promover uma substancial vantagem para a saúde pública".*

A informação quando transmitida em rede pode ter um alcance e um desempenho propagador mais eficiente do que quando tratados como indivíduos separadamente, mesmo estando inseridos em uma rede de relacionamento. A diversidade de cada ator definida através das suas características intrínsecas darão forma à estrutura da rede global. A composição dos valores de amizade, competição, negócios pode definir o tamanho, o alcance e a importância desta rede no universo que ele compõe.

III.4 A intensidade da força de relação entre os atores da rede – peso das arestas

A relação comprador - fornecedor representa uma díade entre dois vértices, mas apenas uma ligação, em termos de rede. Cada vértice pode ser conceituado como um ator,

executante de atividades com o objetivo de geração de valores (HENDERSON e QUANDT 1971; DEMSETZ 1992). Cada um requer recursos para o seu negócio, o comprador demanda por peças e materiais de seu fornecedor e o fornecedor demanda por contratos e pagamentos do comprador.

No estudo realizado por CHOI e KIM (2008) foram realizadas algumas análises que ocorrem frequentemente numa díade entre comprador e fornecedor. As relações de um ator com outro pode ser realizada de forma direta ou indireta, demonstrando os níveis de organização nas relações comerciais.

No contexto de grafos não orientados, observa-se que cada ponto a ponto que corresponde a um par é tratado como vértice e a conexão entre estes dois vértices é definida como aresta. O grau de associação de dois vértices conectados pode ser quantificado e computado e registrado como sendo peso da aresta. Um valor alto de conexão (aresta) que interliga estes dois vértices pode indicar um alto grau de associação. Um grupo de vértices, arestas e pesos das arestas formam um grafo. Um grafo não orientado contempla um único peso relacionado a cada aresta. Do contrário, um grafo orientado (ou dígrafo) consiste de uma ou duas arestas com pesos atribuídos a cada uma, que podem estar orientados em sentidos contrários. (WANG e MA, 2014)

O nível organizacional destas relações determina a força ou tensão dos laços entre os atores em redes. Todas as redes, incluindo cadeias de suprimento devem conter atores (vértices) e ligações. Nas cadeias de suprimento, os atores são geralmente identificados como unidades de negócios ou empresas (LAMBERT et al. 1998).

No entanto, o que constitui os vínculos ou as conexões em redes, era considerado obscurecido pela ciência, em parte devido à terminologia inconsistente entre as várias disciplinas das ciências sociais, onde os conceitos de rede foram utilizados livremente. O conteúdo e a força relativa destes fluxos entre as empresas são importantes para o estudo teórico da rede e da gestão da cadeia de suprimentos.

TOIVONEN et al. (2007) delimita a força das relações entre os vértices como o peso que eles carregam. Em redes sociais, o peso da aresta é avaliado pelas medidas de centralidade. A tensão da aresta (força) está integrada aos atores que se comportam em determinadas distâncias ou o caminho que ele desenvolve para concretizar o seu negócio. Desta maneira é possível verificar nos estudos de WASSERMAN e FAUST (1994), nos conceitos de redes sociais e nos estudos de BORGATTI e CRUZ (2003), na integração da informação em um ambiente de rede, a referência desta métrica. Algumas pesquisas específicas estão relacionadas à integração de processos da cadeia de suprimentos, integrando os conceitos de tensão das arestas em redes sociais aos conceitos de gerenciamento da cadeia de suprimentos (BOWERSOX et al. 2000, DEFEE e STANK 2005, LEE 2005)

De acordo com LI e CHOI (2009), o comprador pode ser a ponte no relacionamento entre o cliente e o fornecedor. Nas relações encontradas em rede de suprimentos, os atores consumidores e os atores fornecedores de serviços ou materiais podem estar identificados, através de índices ou medidas de centralidade que possibilitem a classificação por grau, que os listem de acordo com a sua relação em níveis de importância. Esta classificação pode demonstrar o posicionamento estratégico de cada ator geograficamente na rede global.

As principais formas de redes entre empresas podem ser analisadas utilizando os mecanismos de coordenação empregados e a extensão que estes estão formalizados em acordos contratuais (GRANDORI, 1995). Na relação contratual é possível graduar o valor do relacionamento, indicado pelo potencial explorado dos contratos firmados e assim, apresentar um nível de informações de valor, seja esta relação de informações forte ou fraca, representado pelo valor negociado. STABER (1985) aborda os problemas de conexão de rede para regular as colaborações das empresas com a finalidade do negócio bem similares e WILLIAMSON (1985) aborda as relações contratuais como mecanismo de regulação de interdependência das transações comerciais.

KIM et al. (2011) avaliam diferentes métricas de redes sociais aplicadas nas relações de fluxo de materiais e de relações contratuais, considerando alguns critérios para carregar os pesos nas estruturas de rede de suprimentos, tais como: carga de fornecimento, carga de demanda, criticidade operacional, mediação relacional e interdependência informacional.

Algumas arestas, em uma rede de suprimentos, apresentam atribuições de fornecimento e outras arestas com a atribuição recíproca de recebimento de materiais ou serviços. Segundo, HARLAND (1996), a relação entre os atores, figura-se numa ponte de valor empregado à medida que oferece a possibilidade de um ator acessar os recursos de outros. O estudo de redes deve estar relacionado a redes de atores (empresas e indivíduos), atividades (processos) e recursos. Esta relação pode comprovar um ator estratégico, que apresenta os seus elos fortes (medidas de centralidades) tanto em fluxo de materiais, como em questões importantes para avaliar o desempenho das relações contratuais (KIM et al., 2011). Na Figura III.2 está a proposta contributiva de pesquisa utilizada neste estudo.

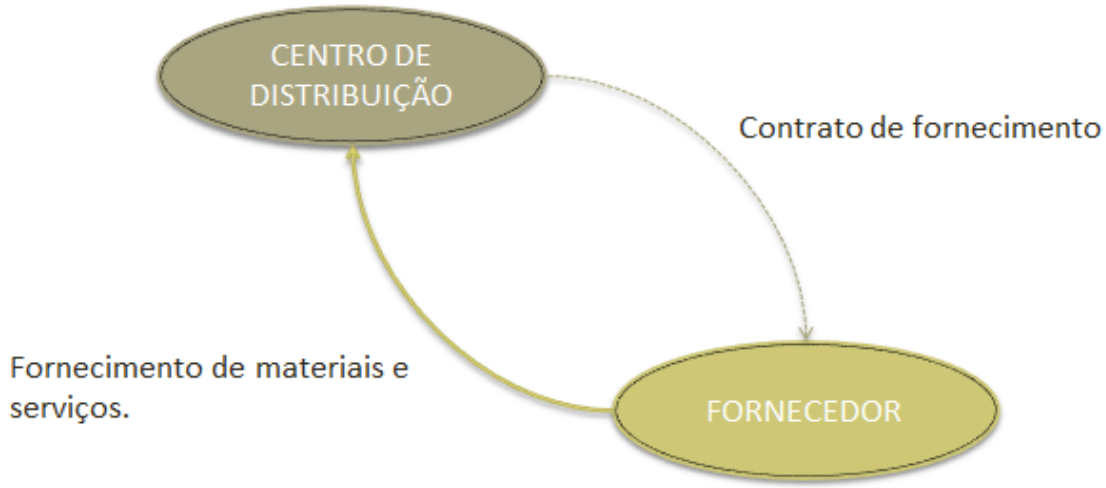


Figura III.2 Relação entre Centro de Distribuição e Fornecedor

A importância ou localização estratégica de um ator na rede pode revelar a influência e o poder deste mesmo ator sobre outro, sendo a qualidade da informação, um mecanismo chave para o processo decisório de GCS (BRASS et. al, 2004; TERPEND et. al, 2012; IVENGAR et. al, 2013). A qualidade da informação transpassa os canais entre os demais atores, elevando a outros subníveis da rede, assim, verificando que a velocidade de atualização da informação na rede eleva o desempenho de toda cadeia de suprimentos (BRASS et. al, 2004; MIZRUCHI E MARQUIS, 2006; CAPÓ-VICEDO et. al, 2011; WU e CHOI, 2005; MENA et al, 2013). A este ícone de atualização da eficiência pode-se compreender a elevação de questões de rede, transpassando por diversos níveis de relacionamento entre fornecedor-comprador, fornecedor-fornecedor, comprador-consumidor e assim, ampliar a avaliação da dinâmica do fluxo de informações em rede.

III.5 Pesos e intensidade das arestas (medidas de centralidade)

NEWMAN (2004) aborda o tema de redes valoradas (pesos das arestas) em que as ligações entre os vértices carregam pesos, que representam a sua força ou capacidade de atuação (intensidade da aresta), como demonstrado na Figura III.3. As conexões em muitas redes não são entidades meramente binárias, mas têm pesos associados que registram os seus pontos fortes em relação um ao outro. Esta relação identifica o grau de interação e de importância entre um ator e outro, dentro da mesma rede.

Considerando em redes de suprimentos, é possível afirmar que quanto mais intenso e mais regular a interação entre uma empresa e um fornecedor, a rede pode demonstrar um alcance mais equilibrado e mais eficaz (EPSTEIN, 1969). GRANOVETTER (1973) também afirmou utilizando a definição de egocentrismo que algumas arestas fortes podem formar uma

rede densa. Por outro lado, uma aresta fraca pode ser importante para separar os setores densos e menos densos de uma rede, onde percorrem as informações importantes e menos importantes entre comprador e fornecedor. Na figura III.3 está demonstrado a separação de grupos, através de arestas fracas.

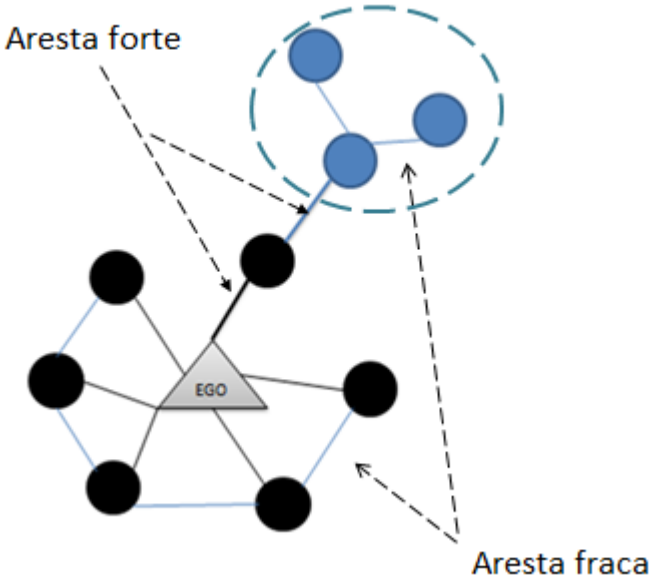


Figura III.3 Rede com o ego apresentando arestas fracas e fortes numa rede densa e esparsa.

As empresas com arestas de valor baixo (arestas fracas) podem estar distantes das informações mais relevantes que percorrem a rede. Esta distância pode segmentar os atores em diversos patamares, afastando ou não dos níveis de decisão ao nível do principal mercado fornecedor. Outra abordagem é quando todos os fornecedores interagem um com o outro. Esta interação denominada clique, universaliza as informações e o seu fluxo por toda rede.

Uma clique em um grafo não direcionado G = (*V,E*) é um subgrafo, que consiste na aresta que interliga dois vértices em G.

Na figura III.4, é possível visualizar a representação gráfica de clusterização do fluxo de informação, que é muito maior quando o fluxo de materiais ou outros tipos de conexão estão numa rede eficiente, rede fechada (HEARNSHAW e WILSON, 2013).

Na teoria dos grafos, o coeficiente de clusterização é a medida do grau cujos vértices no grafo tendem a uma formação mais conjunta. Em uma rede densa, os vértices tendem a criar grupos mais coesos; a esta possibilidade tende a ser maior do que a probabilidade de uma aresta se estabelecer entre dois vértices. (HOLLAND e LEINHARDT, 1971)

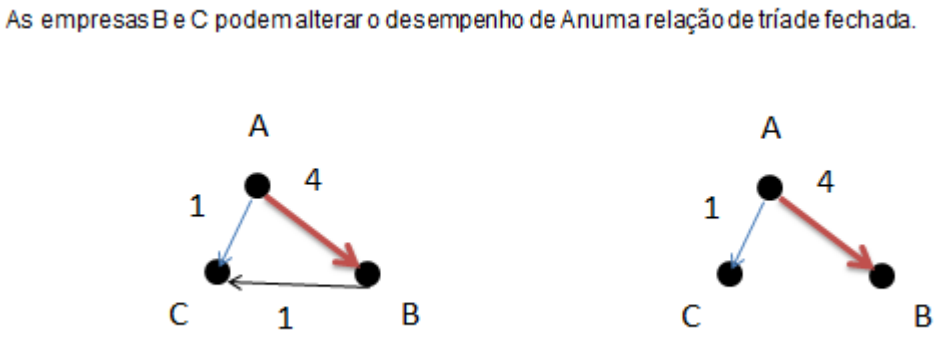


Figura III.4 Modelos gráficos de clusterização e ponderação das arestas.

Se, A está diretamente conectado a B por uma aresta e se estes são adjacentes a C, há apenas um caminho geodésico entre eles. Se, um único caminho geodésico, conectando A e B, então este possui o comprimento maior do que 1, então outros pontos passam pelo caminho entre V_a e V_b, surgem como o complemento para todas as possibilidades de conexão. FREEMAN (1978); FREEMAN (1979).

BRASS et al. (2004) fazem uma abordagem sobre redes interorganizacionais assumindo as limitações nas relações de cooperação de longo prazo entre organizações, fornecedores, clientes, concorrentes e outros atores organizacionais cujas organizações mantenham o controle sobre os seus próprios recursos. Nestas parcerias, os problemas são tipicamente resolvidos através de debates, das regras e das normas de reciprocidade que asseguram a cooperação, conceito associado por POWELL (1990).

O debate continua sobre os efeitos do grau das arestas sejam elas fortes ou fracas, onde perpassa uma quantidade de informações percorridas, através dos caminhos entre um vértice ao outro. A intensidade define o posicionamento estratégico na rede. No artigo publicado por ROWLEY et al. (2000) foi constatado que as arestas fortes aumentaram o desempenho na indústria siderúrgica, antes estável, enquanto as arestas fracas aumentaram o desempenho na dinâmica indústria de semicondutores. Assim, as arestas fracas que facilitam a coleta de informações são mais valiosas quando há muita informação a recolher, enquanto as arestas fortes são mais importantes quando as empresas procuram reduzir a intensidade competitiva em indústrias em um ambiente estável.

III.6 Referências de utilização do software CYTOSCAPE

O programa Cytoscape é um programa de utilização livre, que produz resultados favoráveis à análise de redes sociais. O programa foi escolhido dentre uma lista de outros, como: UCINET, Pajek, Structure, StOCNET, MultNet e GRADAP, Netdraw, SIENA e KrackPlot (RIBEIRO, R., 2010). O Cytoscape é largamente utilizado para visualização de redes de

biologia molecular. A decisão de utilização do programa é a facilidade que ele proporciona ao trabalhar os dados em planilhas do Office Excel e importá-los em formato, que possibilite a geração do gráfico da rede.

A principal ferramenta do Cytoscape para analisar e gerar os dados da rede é o *NetworkAnalyzer*, que computa e demonstra uma série de parâmetros topológicos e medidas de centralidade para redes diretas e indiretas, incluindo o número de vértices, arestas e componentes conectados, o diâmetro da rede, raio, densidade, e características do comprimento do caminho mais curto (ASSENOV et. al, 2009).

III.7 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 e 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 vértices que possuem uma distância curta para outros vértices e, consequentemente, 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 de acordo com a Equação 1:

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

Um caminho em um grafo G é uma sequência $v_0e_1v_1e_2\ldots v_{e-1}e_ev_e$, 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≤i≤e. Se v_0=x e v_e=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 onde seus vértices não possuem ligações com vértices dos demais subgrafos são chamados componentes conexas (BONDY e MURTY, 2008).

Outra abordagem de grau é a centralidade de proximidade (*closeness*), onde 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.

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

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 à 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.

$$\mathbf{Bet(v)} = \sum_{\mathbf{i \neq j \neq v, i \neq v}} \frac{\boldsymbol{\sigma}_{\mathbf{i,j}}(\mathbf{v})}{\boldsymbol{\sigma}_{\mathbf{i,j}}} \qquad (3)$$

Em que:

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

$\sigma_{i,j}(v)$ 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 vértices indiretamente relacionados dependem de atores intermediários, como pode ser visto em FREEMAN (1979).

Os dois valores (*closeness e 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).

III.7.1 Coeficientes topológicos

O coeficiente topológico T_n de um vértice n com vizinhos k_n é calculado como se segue, Figura III.5:

T_n= med(J(*n, m*)) / k*n*.

Aqui, J (*n, m*) é definida para todos os vértices *m* que compartilham pelo menos um vizinho com *n*. O valor de J (*n, m*) é o número de vizinhos compartilhados entre os vértices *n* e *m*, mais um se houver uma ligação direta entre *n* e *m*.

Por exemplo, na Figura 6, J (*b, c*) = J (*b, d*) = J (*b, e*) = 2. Portanto, T_b = 2/3.

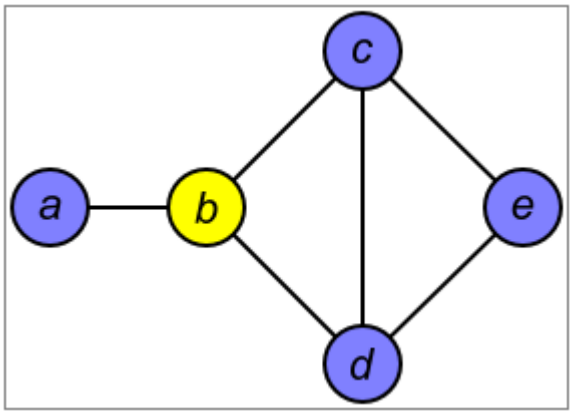


Figura III.5 Exemplo de rede com cinco vértices e seis arestas.

O coeficiente topológico é uma medida relativa à medida que expressa o compartilhamento de um vértice com os seus vizinhos. O *NetworkAnalyzer* calcula os coeficientes topológicos para todos os vértices com mais de um vizinho na rede. Os vértices que têm um ou nenhum vizinho compartilhado é atribuído um coeficiente topológico de valor 0 (zero).

III.7.2 Conectividade de vizinhança

A vizinhança é dada por um vértice n e seus respectivos vizinhos. A conectividade de n, denotada por K_n, é o tamanho de seus vizinhos. A média do número de vizinhos indica a média de conectividade de um vértice em uma rede.

A conectividade de vizinhança de um vértice *n* é definida como a média de conectividade de todos os vizinhos de *n*, segundo MASLOV e SNEPPEN (2002). Esta distribuição fornece a média de conectividades de vizinhança de todos os vértices *n* com *k* vizinhos para k = (0,1,2, ..., k_n). A Figura III.6 demonstra a distribuição de conectividade para a vizinhança de rede de uma rede não dirigida.

Exemplo: o vértice *d* possui sete vizinhos. A média de todos os vértices no universo (U) de k atores é a média da soma da quantidade de todos os vizinhos de cada vértice ligados ao vértice *d*.

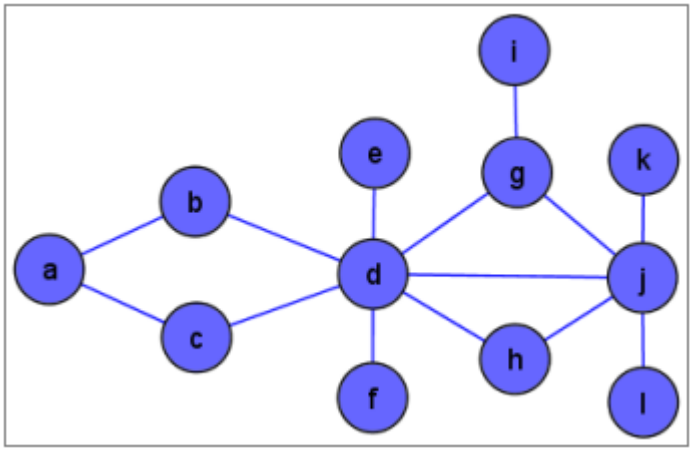


Figura III.6 Gráfico de conectividade entre vários vértices de uma rede não dirigida

III.7.3 Os caminhos mais curtos

O comprimento de um caminho é o número de arestas que o formam. Podem existir múltiplos caminhos entre dois vértices. O comprimento do caminho mais curto (L) entre dois vértices, *n* e *m* é L (*n, m*). A distribuição do comprimento do caminho mais curto indica o número de pares de vértices (*n, m*) com a L (*n, m*) = k para k = (1,2,3,...,k_n)

O diâmetro da rede é o comprimento máximo entre dois vértices. Se uma rede for desconexa, o seu diâmetro é o valor máximo de todos os diâmetros de seus componentes conectados.

O diâmetro da rede e a distribuição do comprimento dos caminhos mais curtos podem proporcionar a combinação de algumas informações, como o peso e o comprimento das arestas para indicar o nível estratégico de cada relação, se caracterizadas como forte ou de fraca intensidade. (WATTS e STROGATZ, 1998).

III.7.4 Linha de referência

O *NetworkAnalyzer* fornece uma facilidade ao inserir uma linha sobre os pontos de dados plotados no gráfico. O método aplicado é a medida de ajustamento para a regressão linear (Weinstein). O *NetworkAnalyzer* fornece a correlação entre os pontos de dados apresentados e os pontos correspondentes da linha ajustada. Além disso, o valor de R-quadrado (também conhecida como coeficiente de determinação) é apresentado neste algoritmo. O exemplo da Figura III.8 demonstra a apresentação da linha de referência. Esta abordagem está apresentada no Capítulo IV.

A linha pode ser usada para identificar as dependências lineares entre os valores das coordenadas *x* e *y* em um parâmetro complexo. A figura demonstra a linha com uma distribuição de conectividade de vizinhança.

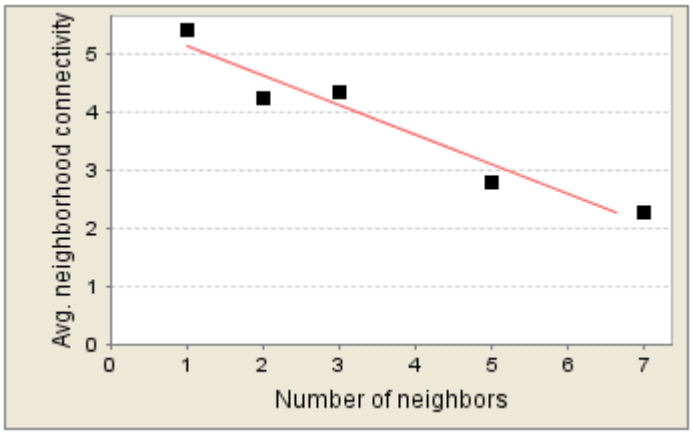


Figura III.7 Exemplo da linha de regressão para conectividade de vizinhança

A última etapa consiste na análise dos dados gerados graficamente e pelo programa CYTOSCAPE. Esta comparação deve verificar a importância de cada ator na rede, analisar o seu comportamento e influências informacionais que perpassam e cruzam toda rede.

III.7.5 Excentricidade de um grafo

Segundo WU e CHAO (2004), seja um grafo G=(V, E, w) e U $\subset$ V. A distância D_G (v, U), é a máxima distância do vértice v a qualquer outro vértice em U. Para um vértice v, a excentricidade de v é a distância máxima a qualquer vértice no grafo, exemplo: $\max_{u \in V} \{d_G(v,u)\}$ ou $D_G(u, V)$. O diâmetro de um grafo é o máximo valor de excentricidade de qualquer vértice no grafo. O termo diâmetro é definido como a máxima excentricidade e a distância mais longa dos caminhos mais curtos no grafo. Não devendo ser confundido como o caminho mais longo do grafo.

O raio do grafo é a menor excentricidade dentre todos os vértices no grafo e o centro do grafo é o vértice cuja excentricidade é igual ao raio. Na figura III.9a, o caminho mais curto entre v_1 e v_4 é o diâmetro de comprimento 6. Enquanto, v_2 e v_4 são pontos que representam outro diâmetro.

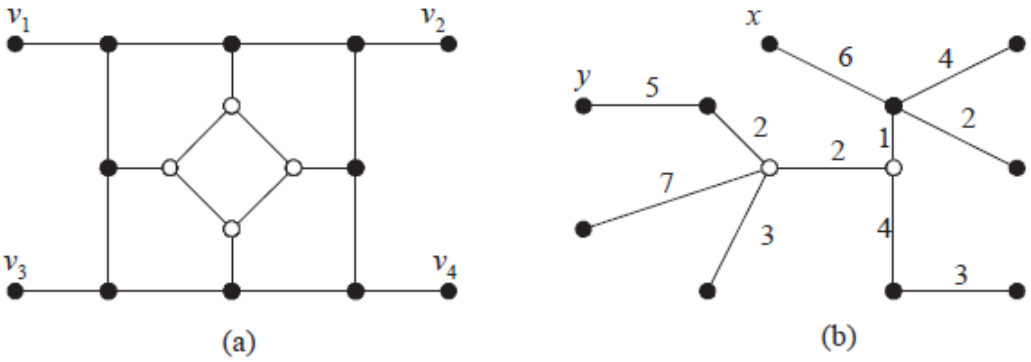


Figura III.8 Diâmetros, centros e raios de um grafo sem peso (a) e em um grafo com pesos (b) (fragmento de WU e CHAO, 2004)

A integração de um ator representa o grau de um indivíduo que está conectado com muitos outros na rede. Um ator integrado pode ser alcançado por muitos outros de maneira bem rápida. Um fornecedor pode alcançar diversos centros de distribuição de maneira a facilitar o fluxo de informações indicadas em suas arestas de relacionamento. Estas distâncias indicam o tamanho diametral da rede. A medida representa o grau de alcance das relações individuais na rede fornecendo ou propiciando acesso a muitos outros dentro da mesma rede (GUIMARÃES, 1972; DANOWSKI, 1986).

A medida do tamanho diametral pode ser obtida ao utilizar a medida geodésica. O geodésico indica o tamanho do caminho mais curto entre dois nós na rede. As primeiras medidas de centralidade utilizaram o geodésico e a reciprocidade para computar a medida de centralidade (FREEMAN, 1979).

III.8 A ruptura de rede

A ruptura da cadeia de suprimentos direcionada à ocorrência do risco, não é o único fator determinante, mas o resultado final que pode representar uma perda fundamental no desempenho estratégico das empresas. Assim, WAGNER e BODE (2009) apresenta a definição da vulnerabilidade da cadeia de suprimentos, afirmando que os atores envolvidos podem estar sujeitos a danos de grande relevância.

A proposta deste estudo consiste em considerar a análise dos resultados de CERQUEIRA et. al. (2013) e reavaliar a rede de suprimentos sem duas das cinco empresas mais estratégica da rede de suprimentos. Desta maneira, a ruptura estaria configurada por se tratar de empresas estrategicamente posicionadas no fornecimento de materiais e equipamentos para geração e transmissão de energia elétrica. Esta abordagem está descrita no Capítulo VI, referente a metodologia empregada neste trabalho.

III.9 Um quadro comparativo com a cadeia de suprimentos

Nas arestas entre fornecedores, centros de distribuição e compradores, Figura III.10, os pesos podem ser representados pela unidade de custo transportado de uma unidade a outra, bem como o tempo de entrega dos materiais. Nesta rede de suprimentos pode-se exprimir a relação para definir o custo médio variável para uma cadeia de suprimentos (PISHVAEE e RABBANI, 2010).

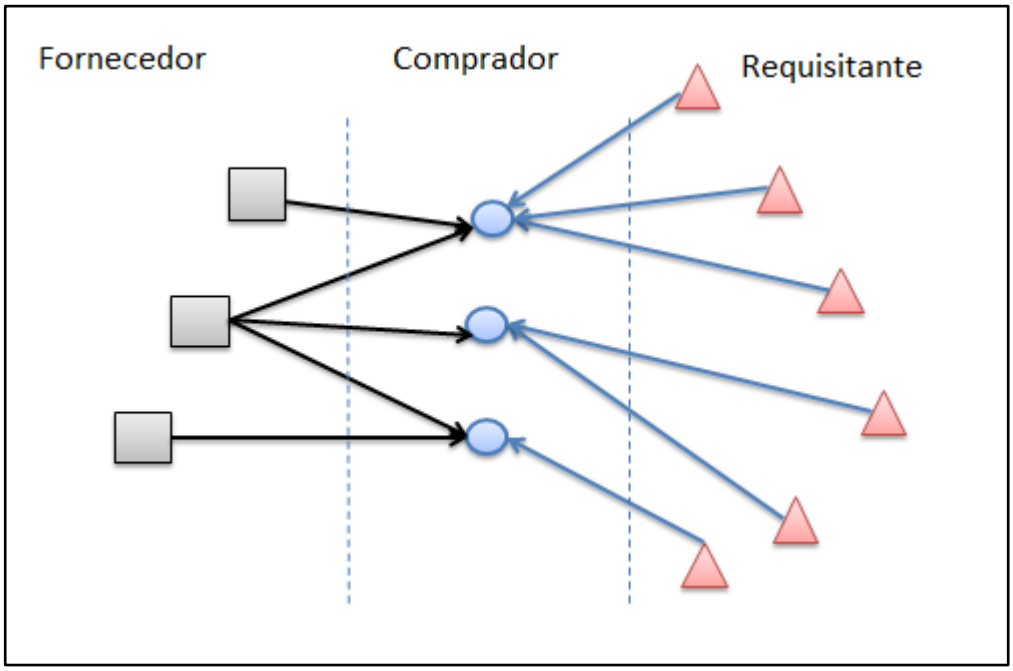


Figura III.9 Relação de fornecimento entre fornecedores e compradores

MELO et al. (2009) apresentam as medidas ponderadas das distâncias entre localidades e os custos envolvidos no fornecimento. A relação entre dois atores estratégicos numa rede de fornecimento de materiais está estabelecida em duas vias, influenciadas pelo tempo de atendimento e pelo valor envolvido na transação. Portanto, considerando a relação comprador-fornecedor estabelecida nas relações contratuais para aquisição de um bem ou serviço e na relação de fornecimento entre fornecedor-comprador para entrega do bem ou serviço. Esta última está relacionada ao fluxo de materiais entre uma empresa e outra. Segundo KIM et al. (2011) esta relação de complexidade de rede está associada ao número de vértices e o grau em que estão interconectados, tomando como exemplo o estudo de FRENKEN (2000). Nas relações de fluxos de materiais, significa o quão impactante é a informação (*betweenness centrality*) no desempenho do fornecedor em custo, qualidade e no *lead-time* de todo o processo de fornecimento. Por outro lado, esta mesma informação pode intervir ou controlar as interações de outras empresas presentes na rede, através da relação

contratual. A quantidade de interações em um grafo de rede exprime o nível de relevância informacional que percorre os vértices.

A disponibilidade de estudos e informações para verificar a intensidade ou grau desta relação de rede ainda é pequena. Em se tratando de pesos, as informações são ainda mais restritivas. BELLAMY e BASOLE (2012) relatam que alguns autores focam na intensidade de relação como propriedades do nível das arestas *(link-level properties*), de outra forma HOLWEG e PIL (2008) e COOPER et al (1997) utilizaram esta definição para abordar a qualidade, a frequência e o desempenho da cadeia de suprimentos.

Uma outra apresentação das relações está apresentada no modelo proposto por NOBEOKA (1996). A análise de redes para as empresas automobilísticas japonesas está associada ao índice de Herfindahl, que é definido como a soma dos quadrados das quotas de mercado das 50 maiores empresas (ou soma de todas as empresas, se houver menos de 50) dentro da indústria. O resultado é proporcional à quota média de mercado, ponderada pela participação no mercado. Como tal, pode variar entre 0 a 1,0, movendo-se de um grande número de empresas pequenas para um único produtor ou fornecedor monopolista. Os valores para o índice Herfindahl alto, geralmente indica uma redução da concorrência e aumento do poder de mercado, ao passo que a redução do índice indica o oposto.

Segundo GRANOVETTER (1973), uma aresta fraca (*weak tie*) pode ser apenas um elo de intermediação entre dois outros vértices com arestas fortes. Neste caso, esta ponte pode oferecer um papel importante a toda estrutura da rede. Mas, o estudo não abordou as medidas operacionais, ou seja, os pesos das arestas. Porém, em seu estudo em 1985 ele estabelece a fronteira para analisar os efeitos de uma aresta de tensão fraca e forte, atribuindo pesos às arestas (*strength of tie*) que numa análise empírica, apresenta as teorias e argumentos para a ampliação do seu estudo. Um exemplo é a coordenação e unificação, como resultados desta ligação, então, é possível especular que quanto mais forte uma aresta, mais forte a comunhão de destino das informações (BORGATTI e LI, 2009).

Na avaliação da importância dos vértices da rede, das suas interações e da estratégia da informação percorrendo toda a rede de suprimentos, é possível avaliar o peso das arestas para demonstrar a importância de cada elo, segundo o modelo de influência dos vértices apresentado por TOIVONEN et al. (2007) e FREEMAN (1978 e 1979). As arestas que apresentarem maior grau de interação, definidos os graus de centralidade, serão as arestas mais importantes. Quanto maior o valor, maior o grau de importância.

A contribuição deste trabalho visa buscar nas argumentações de redes sociais uma alternativa de análise estrutural para os fornecedores mais importantes de uma rede de suprimentos. YU et al. (2008) analisaram o nível de colaboração da rede de informação e disseminação de tecnologia na China, que através da medida de centralidade *betweenness* identificou os elos mais importantes da rede. Assim, em sua abordagem YU et al. concluiram

que os resultados oferecidos pela medida de centralidade *betweenness* é a medida mais aderente para indicar o ator e sua relevância dentre outros na rede, descrevendo as suas respectivas dependências. Uma aresta com um grau de centralidade *betweenness* forte estabelece a posição de poder deste fornecedor na cadeia de suprimentos. Nesta análise YU et al. (2008), combinaram o grau da rede para fortalecer as análises de seus conceitos. Também, CHOI e HONG (2002) demonstraram a importância do grau de centralidade nas redes de suprimentos. Eles apresentaram o nível de influência exercido pelo consumidor final sobre os fornecedores da cadeia de suprimentos, classificando como uma rede centralizada. Ou seja, o comprador decidiria por toda a rede, por outro lado, os fornecedores decidem individualmente, autonomamente, classificando como uma rede descentralizada.

É importante refinar as análises quando combinadas com as informações de GCS, pois, a rede colaborativa de fornecimento, um fornecedor entregando a outro fornecedor, possa ser uma tentativa de agregar valor ao negócio. No entanto, MENA et al. (2013) assume a dificuldade de abordar a dinâmica do relacionamento e o respectivo desempenho em rede, mas afirma que quanto mais extensa a cadeia de suprimentos, mais benefícios podem ser estendidos pelo seu potencial alcance. A eficiência em rede, ou a visão estratégica da rede pode melhorar o fluxo de informação e auxiliar na difusão de produtos inovadores (HEARNSHAW e WILSON, 2013).

Num gráfico valorado, cada aresta está associada a um grau, expressando o valor do custo, peso, comprimento ou outras medidas de referência, dependendo da aplicação. A representação de um grafo valorado pode sugerir soluções de roteamento de problemas, buscando o melhor caminho a percorrer, assim como apresentado em algoritmos do caixeiro viajante. Assim, otimizar os parâmetros de gerenciamento da cadeia de suprimentos (NILSSON, 1982).

Neste capítulo verificamos a estrutura de rede de uma relação entre os vértices de empresas fornecedoras e compradoras. A interligação entre os vértices definida como aresta de ligação representa o nível de interação entre um ator e o outro. Buscamos nas abordagens apresentadas por KIM et al. (2011) a representação da relação contratual entre compradores e fornecedores, o objeto a ser analisado neste estudo. Algumas abordagens sobre densidade de rede foram discutidas, demonstrando a formação de comunidades, parte da rede, quando submetidas às análises das regiões mais ou menos densas. A densidade de rede está diretamente associada ao valor ou peso das arestas, podendo estar classificadas como forte ou fraca. Uma empresa estratégica pode estar interligada por uma aresta forte e assim, influenciar no restante da rede retendo ou permitindo o fluxo das informações entre todas elas. O estudo está concentrado na identificação das arestas fortes, obtidas pelas medidas de centralidade e identificação dos atores mais estratégicos.

Capítulo IV - Regressão Linear Multivariada

IV.1 Aplicações do Método de Regressão Linear Multivariada (RLM)

Em diversos problemas das áreas médica, biológica, industrial, química entre outras, é de grande interesse verificar se duas ou mais variáveis estão relacionadas de alguma forma. Para expressar esta relação é muito importante estabelecer um modelo matemático. Este tipo de modelagem é chamado de regressão, e ajuda a entender como determinadas variáveis influenciam outra variável, ou seja, verifica como o comportamento de uma variável pode mudar o comportamento de outra.

Esta relação pode ser analisada como um processo. Neste processo, os valores de $X_1, X_2, \ldots, X_n$ são chamados de Variáveis de Entrada ou Regressoras (inputs) e Y de Variável de Saída ou Resposta (output).

A Análise de Regressão possibilita encontrar uma relação razoável entre as variáveis de entrada e saída, por meio de relações empíricas. A utilização desta abordagem necessita de coleta de dados e do uso de métodos estatísticos de Análise de Regressão Linear. A coleta de dados permite conhecer a natureza da relação entre as variáveis e realizar estudos capazes de acomodar situações inesperadas, como por exemplo, variabilidade na matéria prima, temperatura ambiente, máquina e operadores.

O interesse de utilizar a relação de apenas uma variável de entrada com a variável resposta é favorecida com a aplicação da Regressão Linear Simples. Mas, se queremos relacionar a variável resposta com mais de uma variável regressora, a Regressão Linear Múltipla é a mais utilizada.

Caso a variável resposta seja uma variável categórica, ou seja, a variável apresenta como possíveis realizações uma qualidade (ou atributo) e não mais uma mensuração, utilizamos o Modelo de Regressão Logística.

IV.2 Objetivos

Modelos de Regressão são construídos com os objetivos:

i) Predição - Uma vez que esperamos que grande parte da variação da variável de saída seja explicada pelas variáveis de entrada, podemos utilizar o modelo para obter valores de Y correspondentes a valores de X que não estavam entre os dados. Esse procedimento é chamado de predição e, em geral, usamos valores de X que estão dentro do intervalo de variação estudado. A utilização de valores fora desse intervalo recebe o nome de extrapolação e deve ser usada com muito cuidado, pois, o modelo adotado pode não ser correto fora do

intervalo estudado. Acredita-se que a predição seja a aplicação comum dos modelos de regressão;

ii) Seleção de variáveis - Frequentemente, não se tem ideia de quais são as variáveis que afetam significativamente a variação de Y. Para responder a esse tipo de questão, estudos são realizados com um grande número de variáveis. A análise de regressão pode auxiliar no processo de seleção de variáveis eliminando aquelas cuja contribuição não seja importante;

iii) Estimação de parâmetros - Dado um modelo e um conjunto de dados referente às variáveis resposta e preditoras, estimar parâmetros ou ajustar um modelo aos dados significa obter valores ou estimativas para os parâmetros, por algum processo, tendo por base o modelo e os dados observados;

iv) Inferência - O ajuste de um modelo de regressão em geral tem por objetivos básicos, além de estimar os parâmetros, realizar inferências sobre eles, tais como, testes de hipóteses e intervalos de confiança.

IV.3 Variáveis dependentes

As variáveis dependentes podem ser modeladas individualmente (ou seja, desconsiderando eventuais correlações entre elas) ou em conjunto. As regressões RMQ (Regressões dos Mínimos Quadrados Ordinários) e RMG (Regressão de Mínimos Quadrados Generalizados) são as mais utilizadas, principalmente, em aplicações de pacotes computacionais de análise estatística e simultaneamente proporcionar uma fácil compreensão do analista gestor. DERRINGER e SUICH (1980) utilizam RMQ na modelagem de variáveis dependentes altamente correlacionadas (correlações da ordem de 0,8), resultando em modelos com alta variância de predição.

A técnica de modelagem SURE (seemingly unrelated equations regression) é bastante utilizada em estudos de Econometria. A regressão RMV (Regressão Multivariada) é um caso especial de SURE, onde cada variável dependente é modelada como função de um mesmo grupo de variáveis independentes, porém com diferentes coeficientes de regressão. A regressão SURE produz modelos cujas predições apresentam variância pelo menos tão pequena quanto aquelas obtidas usando as demais técnicas de regressão (SRIVASTAVA & GILES, 1987). Assim, recomenda-se a modelagem de variáveis dependentes correlacionadas utilizando a regressão SURE.

IV.4 Variáveis dependentes

Considere um grupo de dados multivariados formado por P variáveis dependentes e C variáveis independentes, observadas em T situações ou níveis distintos. É natural que as observações das variáveis independentes corresponderiam aos tratamentos em um

experimento planejado. O vetor x = [x1,…, xC]′ apresenta os valores observados para as C variáveis independentes em uma dada situação. Yi (x) designa o valor da iésima variável dependente quando os níveis das variáveis independentes correspondem a x.

As variáveis dependentes são preditas por modelos de regressão desenvolvidos a partir de um grupo de dados com características dadas acima. Supõe-se o seguinte modelo genérico de regressão para a iésima variável dependente:

$$yi = Xi\,\beta i + ui\ ,\ i = 1,\ldots,P \qquad (4)$$

onde yi = [Y1i,…, YTi]′ é um vetor (T x 1) de observações da variável dependente; Xi é a matriz (T x Ki) de regressores, onde Ki indica o número de regressores no iésimo modelo; β i = [β 0i , β 1i,…, K i (i −1) β]′ é um vetor (Ki x 1) de coeficientes de regressão; e ui = [u1i,…, uTi]′ é um vetor (T x 1) formado por resíduos supostamente seguindo uma distribuição Normal, com matriz de covariâncias dada por

$$D[ui] = Vi \qquad (5)$$

onde: Vi é uma matriz (TxT) definida positiva que se supõe conhecida (um caso especial de Vi é Vi = σ i 2.IT, ou seja, resíduos não correlacionados com variância comum dada por σ i2). Por exemplo, seja K1 = 4; então o modelo de regressão para a variável dependente Y1 possui quatro termos. Os termos, também denominados regressores, são (por exemplo) a média, x1, 22 x , e x1 x2. Suponha que a primeira situação ou tratamento experimental observado corresponda a x1 = -1 e x2 = -1. Assim, a primeira linha da matriz X1 será dada por (1, -1, 1, 1) e o vetor de coeficientes β 1 por (β 01, β 11, β 221, β 121)′ .

IV.5 ANOVA

ANOVA é uma coleção de modelos estatísticos no qual a variância amostral é particionada em diversos componentes devido a diferentes fatores (variáveis), que nas aplicações estão associados a um processo, produto ou serviço. Através desta partição, a ANOVA estuda a influência destes fatores na característica de interesse.

No estudo destas influências, alguns autores como Eisenhart (1947), perceberam que havia, na verdade, dois tipos fundamentalmente diferentes de efeitos que os chamou de efeitos fixos e efeitos aleatórios. Neste módulo, vamos apresentar os modelos associados à técnica da ANOVA para ambos os tipos de efeitos.

A função estimada para a formação do valor deve ser eficiente e não tendenciosa. A hipótese nula sobre o modelo de regressão deve ser rejeitada somente com nível de significância máximo de 1% (ANOVA). Já as hipóteses nulas sobre os parâmetros do modelo de regressão devem ser testadas com nível de significância máximo de 10% para o teste unilateral (teste t) ou 5% em cada ramo no teste bilateral. Devem ser analisadas as seguintes condições básicas referentes aos resíduos do modelo ajustado aos dados: Gaussianidade, homogeneidade da variância e independência. Desta forma os resíduos devem ser Gaussianos, independentes e identicamente distribuídos, ou seja, εi ~ N (0, σ2).

IV.6 Teste de Hipótese

Testes de hipóteses individuais para os coeficientes da regressão são fundamentais para se determinar se cada variável explicativa é importante para o modelo de regressão. Por exemplo, o modelo pode ser mais eficaz com a inclusão ou com a exclusão de novas variáveis.

Adicionar uma variável ao modelo de regressão sempre causa um aumento na soma dos quadrados da regressão e um decréscimo na soma dos quadrados do erro. Entretanto, a adição de variáveis regressoras também aumenta a variância do valor ajustado $\widehat{Y}$. Por isso, devemos ter cuidado para incluir somente variáveis regressoras que realmente explicam a variável resposta.

As hipóteses para testar a significância de qualquer coeficiente de regressão individualmente são dadas por,

$$\begin{cases} H_0 : \beta_j = 0 \\ H_1 : \beta_j \neq 0 \end{cases} \quad ; \quad j = 0, 1, \ldots, p.$$

Se H_0 ($\beta_j = 0$) não é rejeitada, então podemos retirar x_j do modelo já que esta variável não influencia a resposta de forma significativa.

Sabemos que $Y \sim N_p(X\beta; \sigma^2 I_p)$ e que $\widehat{\beta} = (X'X)^{-1}X'Y$. Como $\widehat{\beta}$ é combinação linear de distribuições normais, segue que $\widehat{\beta}$ também é normal, isto é

$$\widehat{\beta} \sim N_p(\beta; \sigma^2 C),$$

em que $C = (X'X)^{-1}$. Logo, temos que $\widehat{\beta}_j \sim N(\beta_j; \sigma^2 C_{jj})$ com C_{jj} sendo o j-ésimo elemento da diagonal de $(X'X)^{-1}$, $j = 0, 1, \ldots, p$. Portanto, obtemos

$$N_0 = \frac{\widehat{\beta}_j - \beta_j}{\sqrt{\sigma^2 C_{jj}}} \sim N(0, 1).$$

Temos também que

$$\frac{(n-p-1)\widehat{\sigma}^2}{\sigma^2} \sim \chi^2_{(n-p-1)},$$

independente de N_0. Logo, sob H_0 temos que a estatística de teste é dada por

$$t_0 = \frac{\frac{\widehat{\beta}_j}{\sqrt{\sigma^2 C_{jj}}}}{\sqrt{\frac{(n-p-1)\widehat{\sigma}^2}{\sigma^2}}} = \frac{\widehat{\beta}_j}{\sqrt{\widehat{\sigma}^2 C_{jj}}} \sim t_{(n-p-1)},$$

A hipótese nula $H_0 : \beta_j = 0$ é rejeitada se
$| t_0 | > t_{(1-\frac{\alpha}{2}, n-p-1)}$.
Considerando o p-valor, dado por meio da expressão
$2 * P\left(t_{n-p-1} > | t_0 |\right),$
rejeitamos H_0 se p_valor $< \alpha$.

O denominador é frequentemente chamado de erro padrão de $\widehat{\beta}_j$ e denotado por
$se_{(\widehat{\beta}_j)} = \sqrt{\widehat{\sigma}^2 C_{jj}}.$

IV.7 Análise de Resíduos

O modelo ajustado tanto na Regressão Linear Simples (RLS) quanto na Regressão Linear Múltipla (RLM) precisam ser validadas para que os resultados sejam confiáveis. Chamamos de Análise dos Resíduos um conjunto de técnicas utilizadas para investigar a adequabilidade de um modelo de regressão com base nos resíduos. Como visto anteriormente, o resíduo (e_i) é dado pela diferença entre a variável resposta observada (Y_i) e a variável resposta estimada $(\widehat{Y}_i)$, isto é:

$$e_i = Y_i - \widehat{Y}_i = Y_i - \widehat{\beta}_0 - \widehat{\beta}_1 x_{1i} - \cdots - \widehat{\beta}_p x_{pi} \quad i = 1, \ldots, n. \tag{6}$$

A ideia básica da análise dos resíduos é que, se o modelo for apropriado, os resíduos devem refletir as propriedades impostas pelo termo de erro do modelo. Tais suposições são:

$Y = X\beta + \varepsilon$, em que $\varepsilon = (\varepsilon_1, \varepsilon_2, \cdots, \varepsilon_n)'$, com

i. ε_i e ε_j são independentes $(i \neq j)$;
ii. $Var(\varepsilon_i) = \sigma^2$ (constante);
iii. $\varepsilon_i \sim N(0, \sigma^2)$ (normalidade);
iv. Modelo é linear;
v. Não existir outliers (pontos atípicos) influentes.

Na Regressão Múltipla, além das suposições listadas acima, precisamos diagnosticar colinearidade e multicolinearidade entre as variáveis de entrada para que a relação existente entre elas não interfira nos resultados, causando inferências errôneas ou pouco confiáveis.

As técnicas utilizadas para verificar as suposições descritas acima podem ser informais (gráficos) ou formais (testes). As técnicas gráficas, por serem visuais, podem ser subjetivas e por isso técnicas formais são mais indicadas para a tomada de decisão. O ideal é combinar as técnicas disponíveis, tanto formais quanto informais, para o diagnóstico de problemas nas suposições do modelo.

Capítulo V - O caso de uma empresa do setor elétrico brasileiro

A geração é o segmento da indústria de eletricidade responsável por produzir energia elétrica e oferecê-la aos sistemas de transporte (transmissão e distribuição) para que alcance os consumidores. No Brasil, o segmento de geração está bastante pulverizado, atualmente contando, segundo dados da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), com 2.661 empreendimentos geradores.

Dentre estes empreendimentos, 1.570, são usinas termelétricas de médio porte, movidas a gás natural, biomassa, óleo diesel, óleo combustível e carvão mineral, os dados de geração no Brasil estão listados na Tabela IV.2. Apesar disso, praticamente 70% da capacidade instalada no país, e 74% da energia gerada são de origem hidrelétrica e limpa, contando com 199 empreendimentos de grande porte, 418 Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) e 385 micro usinas hidrelétricas.

Tabela V.1 Dados de geração em operação no Brasil (fonte: banco de dados da geração ANEEL 2012)

Empreendimentos de geração em operação no Brasil		
Tipo	**Quantidade**	**Potência Instalada (kW)**
Micro Usinas Hidrelétricas (menor que 1MW)	385	228.866
Central Geradora Eolielétrica (Eólica)	79	1.638.232
Pequena Central Hidrelétrica (entre 1 MW e 30 MW)	**418**	**4.020.623**
Usina Fotovoltaica (Solar)	8	1.494
Usina Hidrelétrica de Energia (maior que 30 MW)	**199**	**78.826.649**
Usina Termelétrica de Energia (Fósseis ou Biomassa)	1.570	32.143.273
Usina Termonuclear (Nuclear)	**2**	**2.007.000**
Total	**2.661**	**118.866.137**

V.2 O cenário de transporte (transmissão e distribuição)

A energia gerada pelas empresas geradoras é transmitida por todo o país, através das linhas de transmissão de alta tensão, destinadas às empresas distribuidoras, em sua maioria. Posteriormente, as empresas distribuidoras entregam esta energia para os consumidores finais (familiar e industrial)

O segmento de geração era considerado um segmento competitivo no Brasil até 2012, pois a maioria absoluta dos geradores estava livre para negociar seus preços, seja diretamente com consumidores, seja por meio de leilões regulados. A aprovação da Medida Provisória 579 permitiu que as tarifas de energia elétrica sofressem uma redução em torno de 18%, sendo assim, a lei 12.783, de 11 de janeiro de 2013 dispunha sobre as reduções dos encargos sociais e sobre a modicidade tarifária. A partir de 2013, muitas usinas hidroelétricas antigas passaram a ter seus preços controlados pela ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), pois essa foi a condição para a renovação antecipada de seus contratos de concessão.

O segmento de transmissão é responsável por transmitir grandes quantidades de energia provenientes das usinas geradoras para as regiões do país. No Brasil, esse segmento conta com 77 concessionárias, responsáveis pela administração e operação de mais de 100.000 km de linhas de transmissão espalhadas pelo país, conectando os geradores aos grandes consumidores ou, como é o caso mais comum, às empresas distribuidoras. O segmento de transmissão é responsável pela operação de linhas com tensão elétrica superior a 230 kV.

O segmento de distribuição, por sua vez, é responsável pela distribuição de energia de forma pulverizada para consumidores médios e pequenos. Existem também unidades geradoras de menor porte, normalmente menores do que 30 MW, que injetam sua produção nas redes do sistema de distribuição. No Brasil, esse segmento é composto por 63 concessionárias, as quais são responsáveis pela administração e operação de linhas de transmissão de menor tensão (abaixo de 230 kV), mas principalmente das redes de média e baixa tensão, como aquelas instaladas nas ruas e avenidas das grandes cidades.

V.3 A estrutura do setor elétrico no organograma político-brasileiro

A estrutura organizacional do Ministério de Minas e Energia (MME) tem como competências do MME as áreas de geologia, recursos minerais e energéticos; aproveitamento da energia hidráulica; mineração e metalurgia; e petróleo, combustível e energia elétrica, incluindo a nuclear. Na figura IV.2 está apresentado a atual estrutura do Ministério foi regulamentada pelo decreto n° 7.798, de 12 de setembro de 2012. As secretarias de Planejamento e Desenvolvimento Energético; de Energia Elétrica; de Petróleo, Gás Natural e Combustíveis Renováveis; e Geologia, Mineração e Transformação Mineral foram criadas pelo Decreto nº 5.267, de 9 de dezembro de 2004.

O Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) foi criado em 6 de agosto de 1997 pela Lei n° 9.478 vinculado à Presidência da República e presidido pelo ministro de Minas e Energia, com a atribuição de propor ao Presidente da República políticas nacionais e medidas para o setor.

O MME tem como empresas vinculadas a Eletrobrás e a Petrobras, que são de economia mista. A Eletrobrás controla as empresas Furnas Centrais Elétricas S.A., Companhia Hidro Elétrica do São Francisco (Chesf), Companhia de Geração Térmica de Energia Elétrica (CGTEE), Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A. (Eletronorte), Eletrosul Centrais Elétricas S.A. (Eletrosul) e Eletrobrás Termonuclear S.A. (Eletronuclear).

As atividades de governo são exercidas pelo CNPE, MME e CMSE. As atividades regulatórias e de fiscalização são exercidas pela ANEEL. As atividades de planejamento, operação e contabilização são exercidas por empresas públicas ou de direito privado sem fins lucrativos, como a EPE e ONS. As atividades permitidas e reguladas são exercidas pelos demais agentes do setor: geradores, transmissores, distribuidores e comercializadores.

O Conselho Nacional de Politica Energética – CNPE, presidido pelo Ministro de Estado de Minas e Energia, é órgão de assessoramento do Presidente da República para formulação de politicas e diretrizes de energia.

O Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico (CMSE) foi criado pela lei 10.848, de 2004, com a função de acompanhar e avaliar permanentemente a continuidade e a segurança do suprimento de energia elétrica em todo o território nacional.

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) é uma autarquia sob regime especial vinculado a MME com a finalidade de regular e fiscalizar a produção, transmissão e comercialização de energia elétrica, em conformidade com as Políticas e Diretrizes do Governo Federal.

A Empresa de Pesquisa Energética (EPE) criada sob o DECRETO 5.184, de 16 de agosto de 2004, tem por finalidade prestar serviços na área de estudos e pesquisas destinadas a subsidiar o planejamento do setor energético, tais como energia elétrica, petróleo e gás

natural e seus derivados, carvão mineral, fontes energéticas renováveis e eficiência energética, dentre outras.

O Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) é o órgão responsável pela coordenação e controle da operação das instalações de geração e transmissão de energia elétrica no Sistema Interligado Nacional (SIN), sob a fiscalização e regulação da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).

No setor elétrico brasileiro, existem agentes de governo responsáveis pela política energética do setor, como demonstrado na Figura V.1, sua regulação, operação centralizada e comércio de energia. Efetivamente, os agentes diretamente ligados à produção e transporte de energia elétrica são os de geração, transmissão e distribuição.

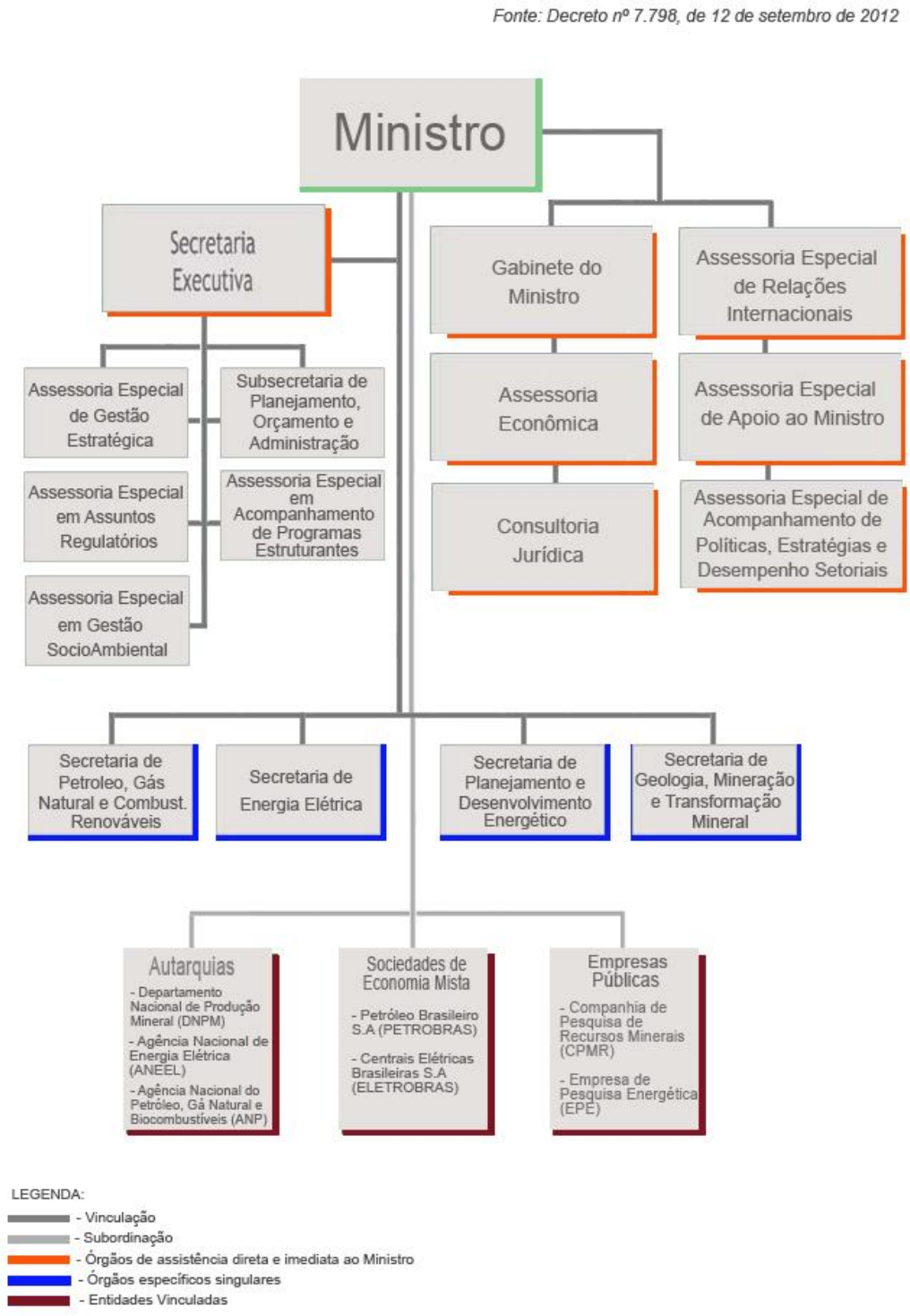


Figura V.1 Estrutura organizacional do sistema elétrico (fonte: Ministério de Minas e Energia)

As empresas do grupo Eletrobras são responsáveis por 61.534 quilômetros de linhas de transmissão, o que representa cerca de 55% do total das linhas do Brasil. Das 257 subestações que as empresas Eletrobras são responsáveis, 247 subestações são de propriedade corporativa e 10 subestações são de parcerias em SPE.

Um conjunto de Linhas de Transmissão interligadas a Subestações, cortando várias regiões geográficas do Brasil, forma o que comumente se chama de Sistema de Transmissão. Deste sistema, mais de 20.000 km fazem parte da rede básica de Furnas, configurada em linhas com tensões de 138, 230, 345, 500, 750 e ± 600 kV, que passam por oito estados e o Distrito Federal.

Entre os empreendimentos construídos e operados por Furnas, destaca-se o Sistema de Transmissão de Itaipu, integrado por cinco linhas de transmissão, que cruzam 900 km desde o Estado do Paraná até São Paulo. Este sistema possui três linhas em corrente alternada 750 kV e duas linhas em corrente contínua ± 600 kV, necessárias para contornar o problema de diferentes freqüências utilizadas por Brasil e Paraguai.

V.4 Leis e normas da administração pública aplicáveis a uma empresa estatal de economia mista

As empresas estatais necessitam se adaptar às intensas transformações políticas e sócio-econômicas que ocorreram e vêm ocorrendo durante os últimos anos. A sociedade brasileira não tolera mais desperdícios dos recursos arrecadados e exigem ética, moralidade e competitividade das entidades estatais perante o cenário de um mercado globalizado. Há uma percepção por parte da população que os recursos públicos não são bem geridos e uma das formas da falta de uma gestão eficiente é a adoção de políticas públicas que visam apenas à aquisição por produtos mais baratos. A lei que regulamenta este tipo de aquisição é a Lei 8.666 de 1993, conhecida como a Lei de Licitações e Contratos da Administração Pública que impõe como critério de julgamento, para processos de compras, a escolha da proposta que ofereça o menor preço.

Outra lei, mais recente que a Lei 8.666, é a Sarbanes-Oxley dos EUA, ou conhecida como SOX. Foi promulgada em 2002 como forma de proteger os acionistas das empresas de capital aberto nos Estados Unidos. Após vários escândalos envolvendo empresas que possuíam ações em bolsas de valores, esta lei surge como forma de padronizar os processos administrativos e contábeis das companhias que operam nas bolsas de valores americanas e assim tentar evitar fraudes. A SOX também possui como vantagem a facilidade em que os executivos terão em visualizar suas atividades.

V.4.1 Lei 8.666/93 – Lei de Licitações e Contratos

A administração pública nos últimos anos vem implementando uma política de responsabilidade social cada vez mais rigorosa. A Constituição Federal dispõe expressamente que incumbe ao poder público, na forma da lei, a prestação de serviços públicos. Para

desempenhar suas funções de satisfação do bem-estar da coletividade o Estado utiliza a administração pública, que executa diretamente o serviço ou delega a função.

A licitação é matéria regida pelo direito administrativo, o qual se delineia em função da consagração de dois princípios, a supremacia do interesse público sobre o privado e a presunção de legitimidade dos atos administrativos.

“Licitação é o procedimento administrativo mediante o qual a Administração Pública seleciona a proposta mais vantajosa para o contrato de seu interesse” (Meirelles, 1985). De acordo com Di Pietro (1998), licitação é o conjunto de formalidades que devem ser observadas para a prática de certos atos administrativos; equivale ao rito, a forma de proceder; o procedimento se desenvolve dentro de um processo administrativo. As obras, serviços, compras e alienações devem ser necessariamente precedidas de licitações, ressalvadas as exceções e dispensas previstas na lei (Brasil, art. 37, inciso XXI). A regulamentação do art. n 37, inciso XXI foi feita pela lei federal n 8.666 de 1993, que instituiu normas para licitações e contratos da Administração Pública.

V.5 A logística e a cadeia de suprimentos da empresa

A estrutura logística visa atender a 35 subestações espalhadas por 8 estados brasileiros, como demonstrado no Anexo I. Cada subestação está representada por um centro de distribuição. Os centros de distribuição são compreendidos por subestações, usinas, escritórios e demais áreas organizacionais. Todos os CD´s tem autonomia para realizar compras para a sua unidade de negócio. Esta aquisição é efetivada com fornecedores externos à empresa, podendo estar localizado ou não em território nacional.

Vários contratos podem ser firmados entre empresa e fornecedor. Não consideramos neste estudo a relação entre fornecedores, mas apenas, a relação entre fornecedor e empresa compradora.

A relação de fornecedores cadastrados no sistema da empresa para suprimento de materiais e equipamentos de investimento consiste de fornecedores de equipamentos de alta, média e baixa tensão de energia, equipamentos de controle e supervisão, cabos de alta, média e baixa tensão, empreiteiros responsáveis pela montagem e construção e modernização de usinas e subestações, aquisição de veículos e outros bens e serviços.

A rede global de fornecimento consiste das transações de materiais consumíveis, de materiais de investimento e demais serviços realizados em atendimento às demandas da empresa.

A maior parte dos serviços de investimento contratados no período de 2012 está relacionada diretamente a aquisição de bens de investimento, na Figura V.2 está apresentada o percentual de cada segmento na estrutura da cadeia de suprimentos da empresa.

O processo de aquisição está diretamente associado ao desempenho e as garantias de fornecimento elétrico, mantendo assim, a confiabilidade de todo o sistema, evitando intervenções inesperadas por falta de materiais ou equipamentos, evitando multas contratuais aplicadas pelos órgãos de fiscalização governamental.

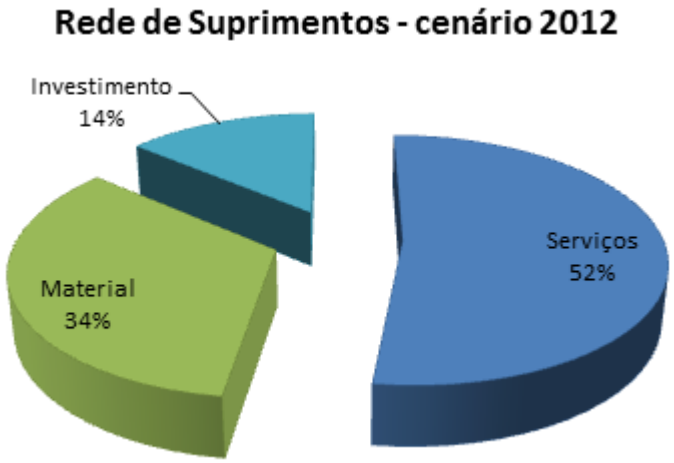


Figura V.2 – Gráfico representativo da rede de suprimentos materiais e serviços.

Duas importantes considerações devem ser ressaltadas, neste trabalho, como fonte de origem para o estudo em rede. Algumas orientações devem ser cumpridas em consonância com a Política de Suprimentos da empresa:

- Planejamento global do suprimento, desenvolvendo práticas adequadas ao contexto econômico-financeiro e institucional da empresa.
- Promoção da negociação para o equilíbrio da equação oferta/demanda de bens e serviços, evitando-se a elevação dos custos decorrentes da concorrência indevida entre empresas;

.

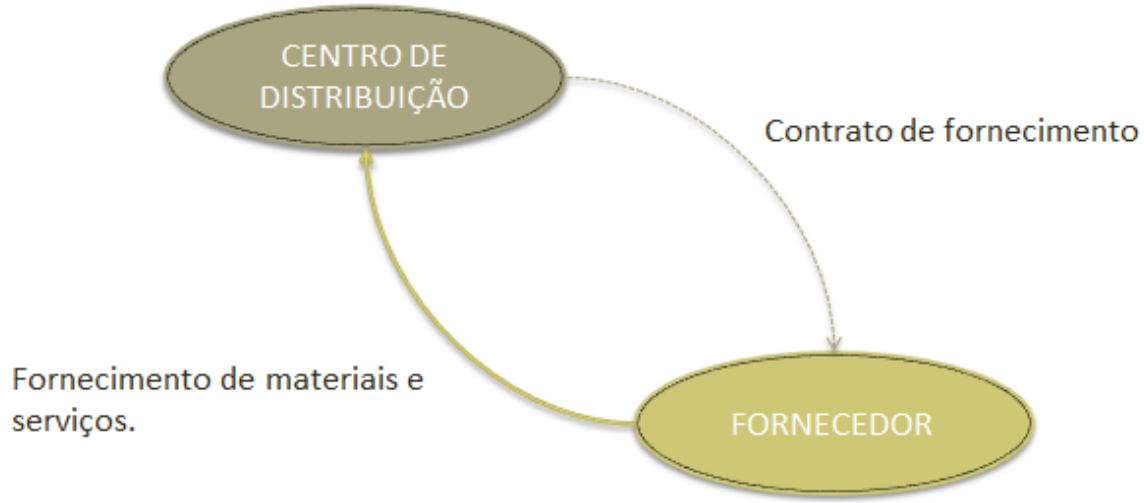


Figura V.3 – A relação entre fornecedor e empresa de fluxo de materiais através de um contrato de fornecimento.

A rede de suprimentos da qual analisamos é referente ao ano de 2012, contabilizando um valor global de negócios efetivados em torno de R$ 1.200.000.000,00 (um bilhão e duzentos milhões de Reais), somando todos os materiais de consumo direto, serviços e materiais de investimento. A estrutura de fornecimento externo consta de 8349 empresas espalhadas por todo estado brasileiro. Deste universo, cerca de R$ 540milhões de Reais estão relacionados à aquisição de bens e serviços de investimento.

O material segue através do processo de compras e é recebido em estoque para conferência e controle. Posteriormente, sob uma demanda de um órgão requisitante.

O fluxo de materiais segue em atendimento a uma necessidade demandada pelo requisitante, Figura V.3, que oferece as possibilidades de armazenamento e distribuição para os centros logísticos, o controle de saldos e a definição dos níveis de ressuprimento devem estar compatíveis com as demandas apresentadas dos órgãos requisitantes ou em atendimento à operação, Figura V.4.

Os materiais de investimento estão inseridos nas células que representam a operação ou a uma demanda do requisitante da área de construção. São equipamentos de aplicação direta na atividade que remunera a empresa.

As iniciativas de aquisição devem seguir ao estabelecido em normas específicas para contratação. Uma das principais regras é o estabelecido na lei 8.666, de 21 de junho de 1993, que ao estabelecer normas gerais sobre licitações e contratos administrativos pertinentes a obras, serviços, inclusive de publicidade, compras, alienações e locações no âmbito dos Poderes da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios, definindo, portanto, o tipo

de aquisição a ser utilizado e uma melhor seleção dos expoentes disponíveis no mercado. Neste caso, uma única empresa fornecedora de materiais ou serviços pode manter relações com todos os Centros de Distribuição (CD´s) da empresa.

Uma das áreas que se destaca no processo aquisitivo é a área de produção de energia, que compra de materiais e equipamentos de investimento, destinados à aplicação nos processos de transmissão e geração de energia, que é a área estratégica da empresa para se tornar competitiva e manter a segurança dos serviços de fornecimento de energia elétrica no país.

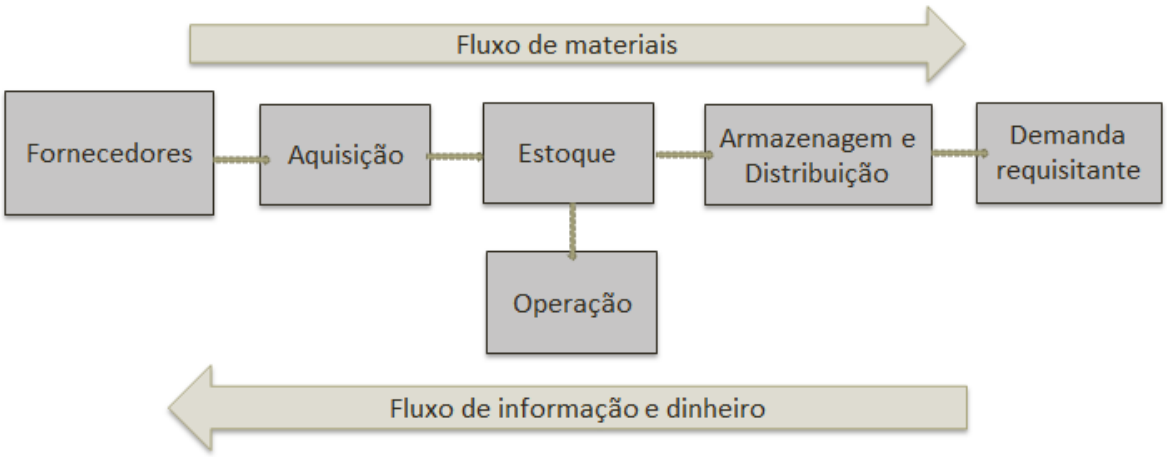


Figura V.4 – Macro fluxo do processo de aquisição entre empresa e fornecedor

Capítulo VI - Metodologia

Neste capítulo apresentaremos os critérios utilizados e as definições de atores que estão integrados na rede e as relações que carregam em cada interação. Primeiramente, definir que os atores envolvidos são a empresa de energia elétrica e os seus 35 CD´s (ver anexo I) e os fornecedores externos de equipamentos e materiais voltados ao investimento que a empresa praticou no ano de 2012. Também devem ser analisadas as interações já apresentadas por outros atores e defini-la como a mais adequada para o objeto deste trabalho.

Consideramos como dados informacionais relevantes, as relações contratuais entre comprador e fornecedor. SCHRADER (1991) afirma que informações confidenciais de valor podem circular nas redes, que são muito relevantes para a economia de valor, mas ainda desconhecida a percepção direta do avaliador.

A manutenção da coerência deste estudo deve estar referenciada e apoiada no desenho da rede fornecida por um programa de utilização livre, definido no item III.6, o que permite refinar o foco e melhorar a busca por resultados que sejam consistentes.

Assim, como apresentado por GULATI (1995), que apresentou os custos de transação e da contratação. Nesta análise tentaremos explicitar o grau de influência entre um sobre o outro. O coeficiente topológico pode ser utilizado para demonstrar o nível de influência e compartilhamento de um fornecedor sobre o outro. Quanto maior o coeficiente topológico, maior a liberdade dos atores analisados em compartilhar informações com os outros concorrentes na rede.

A medida de centralidade *betweenness* foi utilizada para interpretação dos resultados como sendo a medida cujo valor indica a importância geográfica de uma empresa na rede. Quanto mais centralizada no gráfico, mais importante é este ator para influenciar o comportamento de toda rede.

A medida de centralidade *closeness* foi utilizada para interpretação dos resultados identificando a proximidade de empresas não tão importantes e que influenciam pouco no comportamento da rede, mas que de alguma forma complementam as atividades das empresas identificadas na medida de centralidade *betweenness*.

Aproveitando os conceitos de BATINI et al. (2007) consideramos a estrutura de rede como um sistema ecológico, ou seja, a manutenção da similaridade dos fluxos. O coeficiente topológico e a conectividade de vizinhança podem determinar o nível de compartilhamento entre os atores vizinhos, configurando o fluxo de informação dentre todos os envolvidos na rede.

Os caminhos mais curtos e o seu comprimento definem o tamanho desta rede, pois estas medidas apoiada por pesos, como o valor do contrato negociado entre fornecedor e comprador, revela o diâmetro da rede de suprimentos.

DYER e NOBEOKA (2000) identificaram pontos chaves, que agregavam valor às relações entre comprador e fornecedor. Portanto, utilizaremos a percepção de CHOI e HONG (2002) para abordar as relações contratuais entre os atores. Associar os conceitos de ego desenvolvidos por BORGATTI (2009) na identificação dos atores mais estratégicos.

WAGNER e NESHAT (2010) e WAGNER e BODE (2008) indicaram a necessidade de avaliar o risco que uma rede possa estar submetida. Portanto, consideramos neste estudo a possibilidade de avaliar os riscos e vulnerabilidade da rede, analisando os comportamentos das medidas de centralidades apresentadas no item III.7.

Consideramos neste estudo, portanto, a relação de parceria entre comprador e fornecedor (HENDERSON e QUANDT, 1971; DEMSETZ, 1992) e os modelos apresentados por KIM et al. (2011). Na comprovação da influência de um ator sobre o outro, a importância de empregos de mecanismo decisório (BRASS et. al, 2004; TERPEND et. al, 2012 e IVENGAR et. al, 2013) e a atualização da informação no desempenho da cadeia de suprimentos os conceitos de (BRASS et. al, 2004; MIZRUCHI, 2006; CAPÓ-VICEDO et. al, 2011; WU et al, 2005; MENA et al, 2013).

A primeira etapa do estudo está na verificação de aderência do que os autores publicaram sobre a adequação da Análise de Redes Sociais aplicada à Cadeia de Suprimentos. A necessidade de compreender as relações entre os atores que analisam o tema, que sugere a aplicação em rede, como apresentado na Figura VI.1. A análise desta lista permite identificar os artigos publicados e suas evidências de aplicação na indústria no processo de suprimentos.

Após, selecionar a lista de todas as referências dos artigos que abordam o tema de redes sociais aplicadas à cadeia de suprimentos é realizada a análise no programa Cytoscape para calcular as medidas de centralidade *betweenness*, pois é uma das medidas que determina o fluxo de informações em uma rede, destacando os atores mais importantes da rede.

A decisão de tomar como base o artigo publicado por KIM et. al. (2011) por ter o tema uma aderência maior ao que propusemos desenvolver, proporcionou uma listagem de todos os artigos produzidos no ano de 2013, que citaram KIM et. al. (2011). Verificamos, através de uma rede de coautoria, os artigos que desenvolveram temas, similares ao proposto neste trabalho. A base referencial do estudo inicia no artigo de KIM et al. (2011). Visualizando o gráfico, é possível perceber uma aglomeração de cerca de 20 autores, que se concentram na área central do gráfico. Esta indicação gerada pela medida de centralidade *betweenness* lista os autores mais importantes da rede. Na figura VI.1 está apresentado a proximidade dos autores

BORGATTI e LI (2009), CARTER et al. (2007), CHOI e HONG (2002), CHOI e KIM (2008), CHOI e KRAUSE (2006).

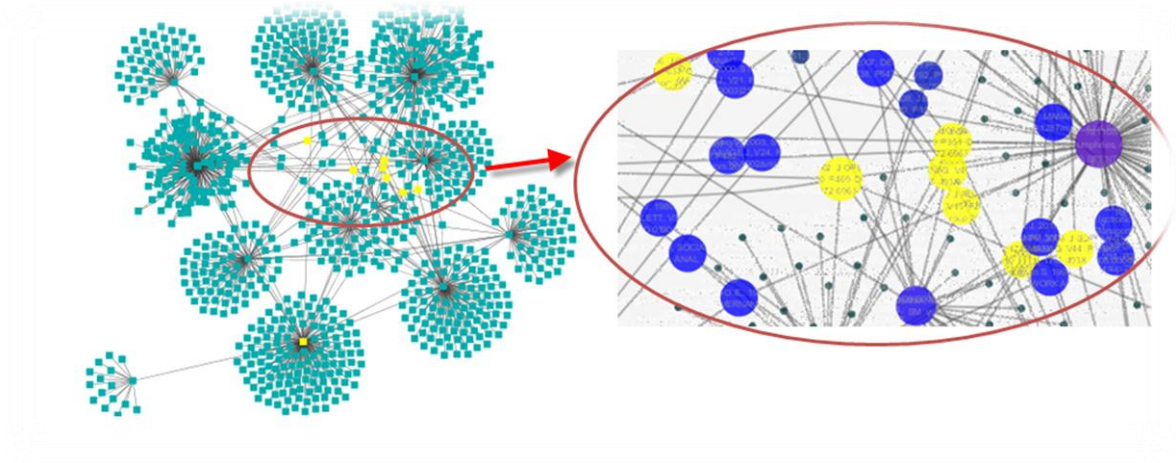


Figura VI.1 Gráfico da rede e lista dos autores selecionados e analisados pela teoria de redes sociais, utilizando o programa Cytoscape.

A facilidade de identificar os autores corresponde ao posicionamento dos artigos na região central da rede. Esta ação possibilita a identificação de artigos chaves, como: revisão, gerenciamento da cadeia de suprimentos, medidas de centralidade e estratégia para a rede.

Uma lista deve ser gerada, após a análise do gráfico em rede, o que deve facilmente, identificar a importância de cada autor no posicionamento do gráfico, considerando a medida de centralidade, *betweenness* (o que determina os principais atores por onde circula a informação de toda rede)

A Figura VI.2a indica a quantidade de contratos da relação contratual entre duas empresas e a Figura VI.2b indica as arestas com pesos referenciando a quantidade de contratos firmados entre elas numa mesma relação de fornecimento. Esta comparação demonstra a maneira de como foi tratado dos dados gerados de contratos emitidos para o ano de 2012. Quando da existência de uma relação múltipla entre determinados atores, a atribuição de grau (valor contratual) deve ser outro parâmetro a ser incorporado na análise dos resultados.

a) b)

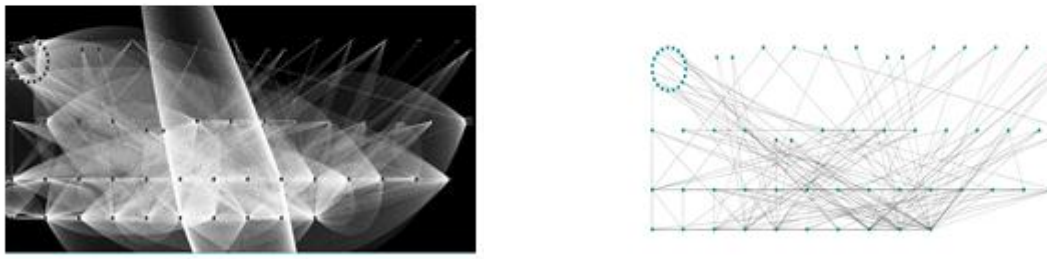


Figura VI.2 Relação contratual entre dois vértices e a consolidação destas relações em pesos ou graus da aresta.

Verifica-se nesta análise, a diferença da tratativa de uma rede de relacionamento quando o peso atribuído é de valor, relacionamento unívoco ou quando se atribui pesos às arestas, listando as quantidades de contratos registrados, no caso, da rede de suprimentos entre o fornecedor e o comprador.

Em CERQUEIRA et al. (2013) apresentam os 1043 fornecedores, que compõe a rede foram analisados pelas medidas de centralidade *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 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 quão 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.

Além disso, a análise de CERQUEIRA et al, (2013) possibilitou estratificar a rede global de suprimentos em uma rede fornecimento para materiais de investimento, verificou-se o posicionamento estratégico de cinco empresas e as suas respectivas divisões no mercado. A etapa posterior consiste na estruturação da rede. Deve-se implementar os dados de suprimentos da empresa referente ao ano de 2012 e todos os atores envolvidos. Posteriormente, separar parte desta rede, ou seja, uma rede específica para materiais de investimento e comparar com a rede global. A fim de testar a validade das informações e contrastar com os conceitos apresentados neste trabalho, posteriormente, deve-se eliminar dois dos cinco atores mais importantes e verificar graficamente os dados apresentados pelo programa Cytoscape na validação das informações de vulnerabilidade de rede.

Entende-se que a aresta que interliga um vértice representado pela empresa fornecedora e o vértice que representa a empresa compradora carrega um valor a que atribuímos como peso de uma aresta, Figura VI.3. Este peso representa o valor do contrato gerado entre estes dois atores. Neste estudo entendemos que o comprimento desta aresta pode estar representado pelo valor do contrato.

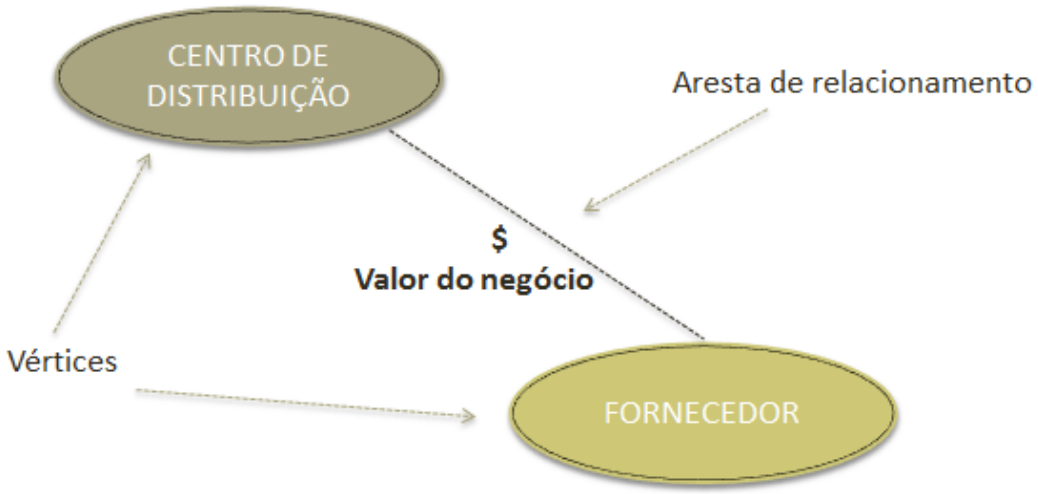


Figura VI.3 Peso das arestas entre dois atores

No entanto, considerando a metodologia adotada por CERQUEIRA et al. (2013), este estudo propõe a análise do desempenho das cinco empresas mais bem classificadas sob o entendimento de redes sociais, utilizando as métricas de *closeness* e *betweenness* e compará-las a rede de suprimentos com a utilização de graus ou pesos. Neste caso, vale ressaltar, que o peso da aresta, equivale ao valor da relação contratual de um fornecedor com um determinado centro de distribuição da empresa. Neste estudo consideraremos apenas dois

destes cinco fornecedores mais importantes. A seleção foi baseada no volume contratual negociado no ano de 2012.

Utilizamos a metodologia de intermediação (*betweenness*) apresentada por Girvan e Newman (2002) para aproximar a representação de todas as arestas da rede.

1. Calcular pontuações *betweenness* para todos os vértices da rede;
2. Definir a aresta com a medida de centralidade mais alta e removê-lo a partir da rede;
3. Recalcular *betweenness* para todas os vértices restantes;
4. Repetir a partir do passo dois e acrescentar outras medidas (*closeness*, *degree* (grau), comprimento do raio, conectividade de vizinhança, comprimento do caminho mais curto).

VI.2 Seleção da amostra e a utilização da melhor 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 vértices 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 vértice 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.

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 VI.1 pode-se observar como as informações que podem ser retiradas dessas redes de suprimentos através dos resultados de cada medida de centralidade.

Tabela VI.2 Análises das medidas de centralidade nas relações contratuais da rede

Relações Contratuais		
Centralidade de grau	*Centralidade closeness*	*Centralidade betweenness*
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.*

Neste estudo, não consideraremos a representação gráfica de clusterização, a relação entre fornecedores não é levada em consideração para o desenvolvimento do tema.

VI.3 Regressão Linear Multivariada

Neste trabalho utilizamos a linha de regressão linear traçada pelo programa Cytoscape e complementamos com o apoio do software Excel, onde disponibilizamos outro cenário de análise considerando três variáveis importantes para o GCS. Na mesma base de dados extratificamos os dados de valor do contrato, itens adquiridos por contrato e dias que contabilizam a assinatura do contrato à entrega do material na empresa.

Buscamos envolver estas três variáveis e analisar o grau de correlação entre elas. De posse desta informação, aplicamos a Análise de Regressão Multivariada no Excel para um complemento estatístico ao trabalho. Para obter o valor da variável Y em função de outras variáveis Xi independentes entre si, usamos o conceito de Regressão Linear Múltipla, dado por: $Y=X\beta+\varepsilon$: em que Y é o vetor das respostas observadas das n observações (contratos); X é a matriz do modelo de ordem n x p; ε é o vetor dos erros de dimensão n e β (a ser estimado) é o vetor de parâmetros de dimensão p.

Uma vez definido tais parâmetros, usa-se o modelo de regressão linear múltipla ajustado para estimar o valor do contrato estratégico para empresa.

$$\hat{y}_j = esc_j \, \widehat{\beta}$$

em que esc_j é o vetor dos escores e $\widehat{\beta}$ é o vetor de parâmetros estimados.

Capítulo VII - Análise de resultados

A abordagem proposta nesta etapa é verificar e comparar parte de uma rede, definida como rede de materiais de investimento, separada da rede global, Figura VII.1 e, assim, avaliar as informações de vulnerabilidade e risco, retirando os atores chaves (fornecedor A e C) desta mesma rede. A sua representatividade deve ser correspondente as proporções indicadas nas medidas de centralidade, demonstradas pelo *NetworkAnalyzer*. Verificamos nas Figuras VII.1, VII.2 e VII.3 a possibilidade de demonstrar a validade desta teoria combinando as medidas de centralidade *betweenness, closeness, degree e radiality* e verificar o nível de dispersão destes pontos, observando a proporcionalidade das medidas de centralidade em comparação com a rede global de suprimentos.

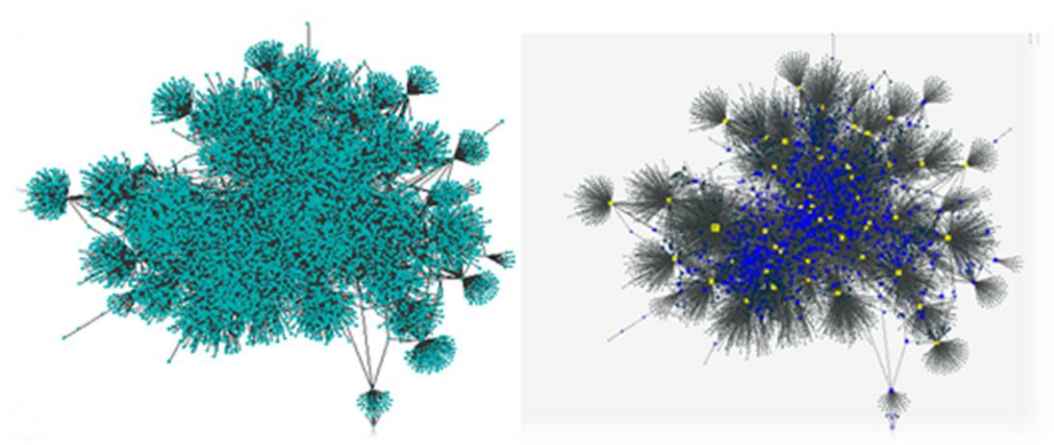


Figura VII.1 A rede global e os pontos que identificam os atores mais estratégicos da rede.

Na visualização gráfica a seguir, pode-se verificar que o desmembramento parcial da rede pode isolar os atores mais influentes e importantes, destacando-os dentre os demais. Um universo muito grande de atores pode não favorecer uma análise bem detalhada, por outro lado, um universo com um quantitativo menor pode dispersar os atores e fortalecer a análise completa do cenário. Por isso, o desmembramento da rede de fornecimento de materiais de investimento de toda a cadeia de suprimentos da empresa se configura como uma alternativa complementar para a análise global desta rede social.

Desta forma, podemos conferir graficamente, que na rede global a dispersão dos atores, embora a variação do grau seja maior, mas a visualização reflete a grande concentração destes, entre os graus de rede de valor 0 a 400. Enquanto, na rede de fornecimento de materiais de investimento, é possível, avaliar um quantitativo muito menor de atores envolvidos em rede, o que facilita a compreensão de parte da cadeia global.

.

Rede Global ***Rede de fornec. de mat. de investimento***

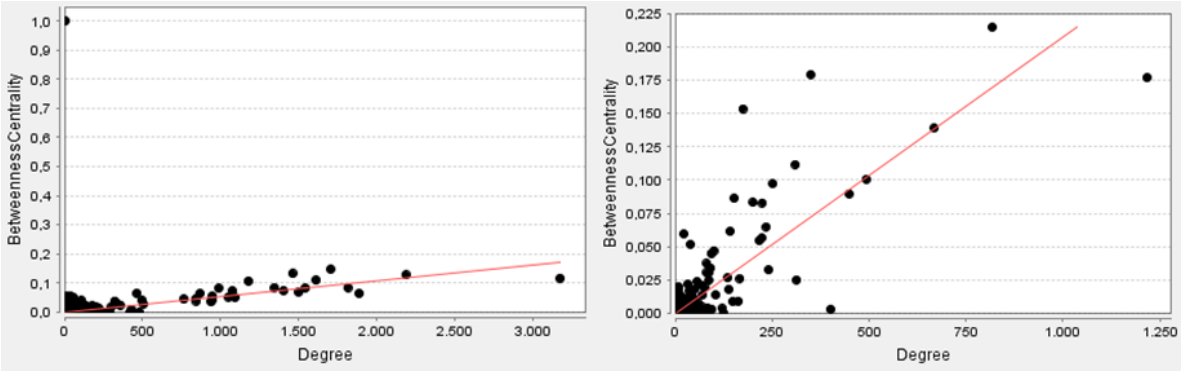


Figura VII.2 Gráfico comparativo entre a rede global (esquerda) e a rede de fornecimento de materiais de investimento (direita). Gráfico da medida de centralidade betweenness x degree (grau). Reta de Regressão Linear

Rede Global ***Rede de fornec. de mat. de investimento***

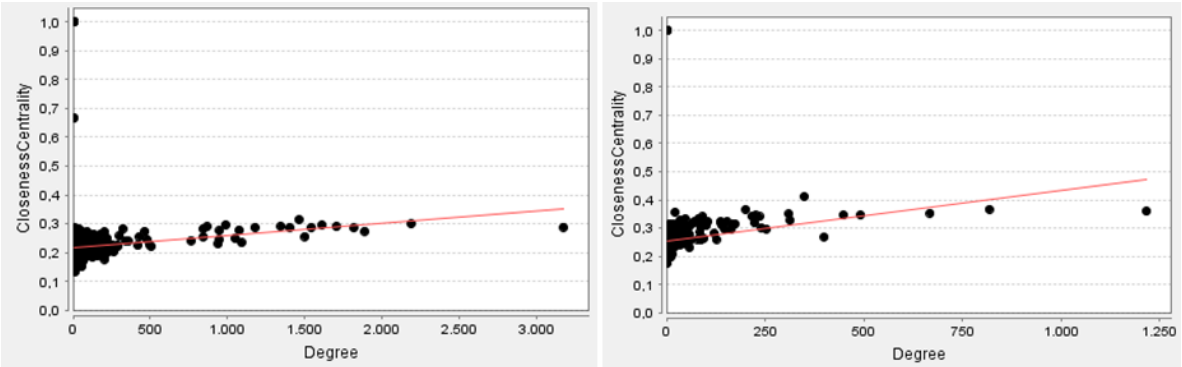


Figura VII.3 Gráfico comparativo entre a rede global (esquerda) e a rede de fornecimento de materiais de investimento (direita). Gráfico da medida de centralidade closeness x degree (grau). Reta de Regressão Linear

Rede Global ***Rede de fornec. de mat. de investimento***

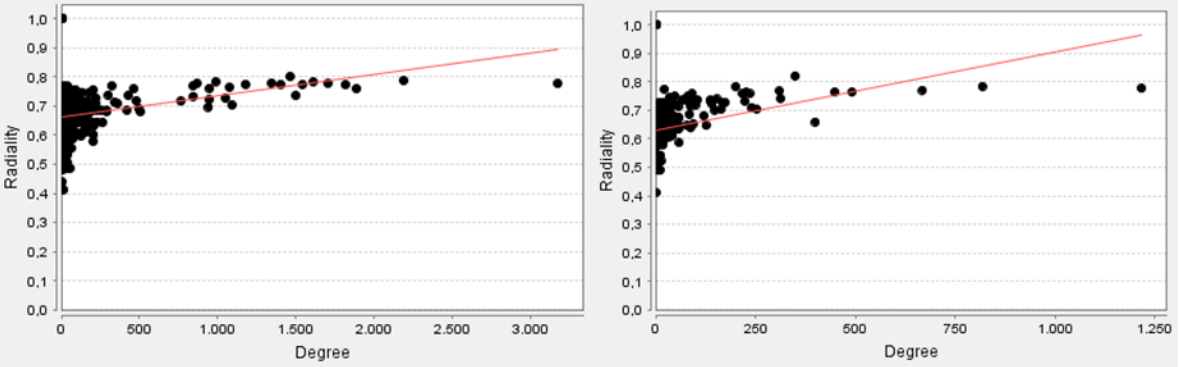


Figura VII.4 Gráfico comparativo entre a rede global (esquerda) e a rede de fornecimento de materiais de investimento (direita). Gráfico dâmetro (radiality) e a medida degree (grau). Reta de Regressão Linear

VII.2 Materiais de investimento versus vulnerabilidade

Na Figura VII.5, simulamos a ruptura da rede, retirando da análise dois dos mais importantes fornecedores de materiais para a rede global a que denominamos como fornecedor A e fornecedor C (CEQUEIRA et al, 2013), assim, avaliar o comportamento da rede nestes dois cenários.

Graficamente, é possível identificar uma aglomeração central no gráfico da rede dos atores em destaque, após a retirada dos fornecedores A e C. A área central apresentou um acréscimo “populacional” significativo. As extremidades da rede, também foram influenciadas pela retirada destes fornecedores, tornando a rede mais compacta. Porém, este dinamismo tende a ser observado em outros gráficos comparativos.

Rede forn. Materiais de invest. ***Rede de fornec. de mat. de investimento (ruptura)***

Figura (a) Figura (b)

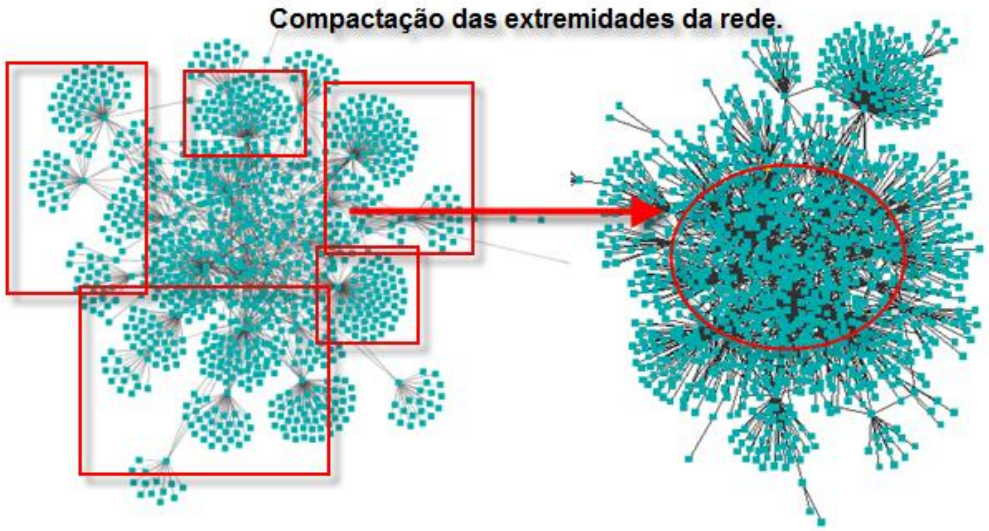


Figura VII.5 A figura (a) representa a rede de fornecimento de materiais de investimento e a figura (b) representa a rede sem a influência de dois fornecedores importantes da cadeia de suprimentos.

Nesta etapa, iniciamos a análise quantitativa dos atores envolvidos e assim, comparar os dois gráficos e verificar o risco da rede sem a presença dos fornecedores A e C. No gráfico 4 verificamos que cerca de 20 pontos (atores) se dispersam no gráfico, o que nos induz a verificar esta informação estatisticamente. A medida de centralidade *betweenness* da rede de fornecimento de materiais de investimento para os vinte atores mais importantes variam de 0,5952 a 0,04649. Sendo que o fornecedor A apresentou valor de 0,1645e o fornecedor B apresentou valor de 0,0942. O baixo valor da medida de centralidade *betweenness* para o fornecedor B indica uma menor relação com centros de distribuição ou ainda uma relação mais centralizada com alguns dos centros de distribuição mais estratégicos da empresa em comparação com o fornecedor A.

No gráfico formado, Figura VII.6, sem os fornecedores A e C, os valores da medida de centralidade *betweenness* variam entre 0,2285 e 0,04745. Esta variação é extremamente relevante para demonstrar a compactação dos atores em uma determinada faixa da medida de centralidade. Ou seja, a ausência dos dois fornecedores torna a rede mais compacta e homogênea.

A variação deste intervalo, dos vinte atores mais importantes, é de aproximadamente 381 % para a rede que apresenta ruptura, enquanto a variação da rede completa é de 1223 %. Na Figura VII.7 está apresentado a relação com pesos nas arestas.

Rede forn. Materiais de invest. ***Rede de fornec. de mat. de investimento (ruptura)***

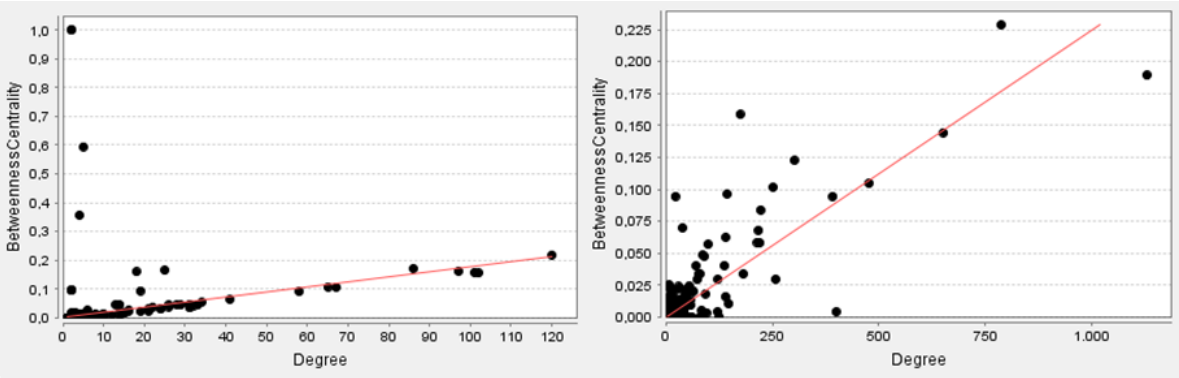


Figura VII.6 A relação entre a medida de centralidade betweenness e a medida degree (grau). Reta de Regressão Linear

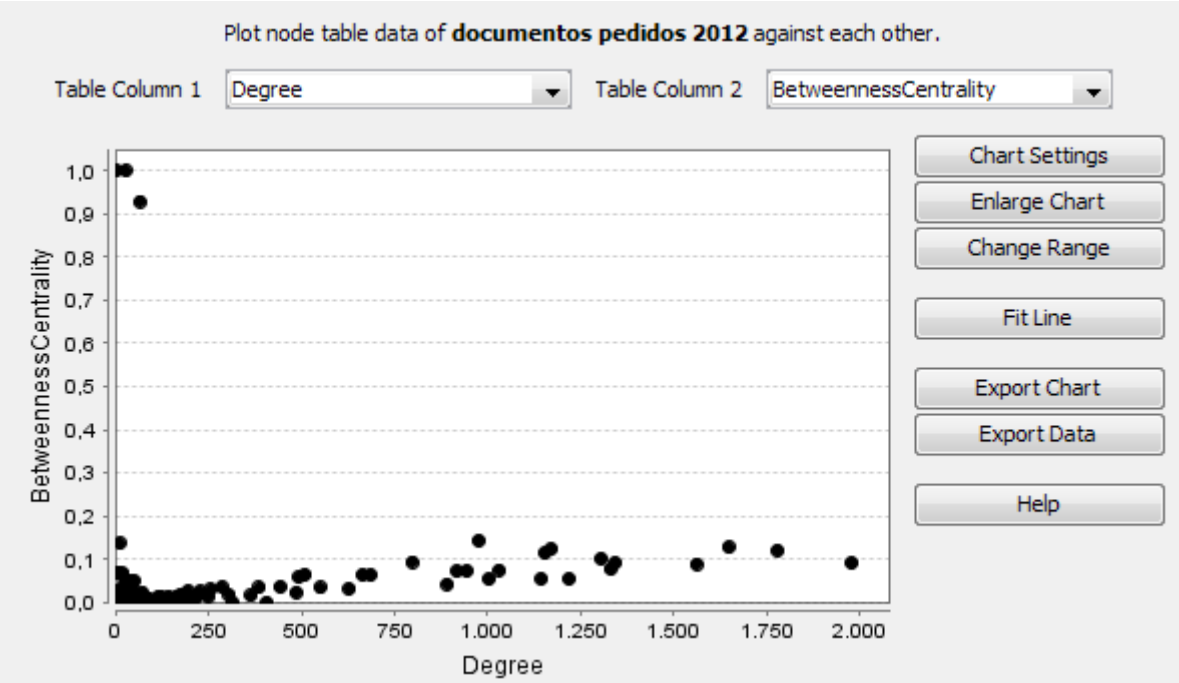


Figura VII.7 A relação entre a medida de centralidade betweenness e a medida degree com pesos nas arestas.

A medida de centralidade *closeness* da rede de fornecimento de materiais de investimento para os mesmos vinte atores mais importantes variam de 0,7 a 0,3084,

apresentado na Figura VII.8. Sendo que o fornecedor A apresentou valor de 0,3637 e o fornecedor B apresentou valor de 0,3423.

Repetindo, a sequência de avaliação dos 20 primeiros no gráfico da rede de ruptura, verificamos uma variação da medida de centralidade *closeness* entre 0,3602 a 0,3104, também demonstrando a compactação da rede. Nesta sequência confirma-se a presença de uma empresa concorrente, C, com valores de centralidade de 0,3212. A variação das medidas de centralidade da rede que apresenta ruptura é de aproximadamente 16%, enquanto a variação da rede completa é de 127 %. Na Figura VII.9 está apresentado o gráfico com peso nas arestas.

Rede forn. Materiais de invest. ***Rede de fornec. de mat. de investimento (ruptura)***

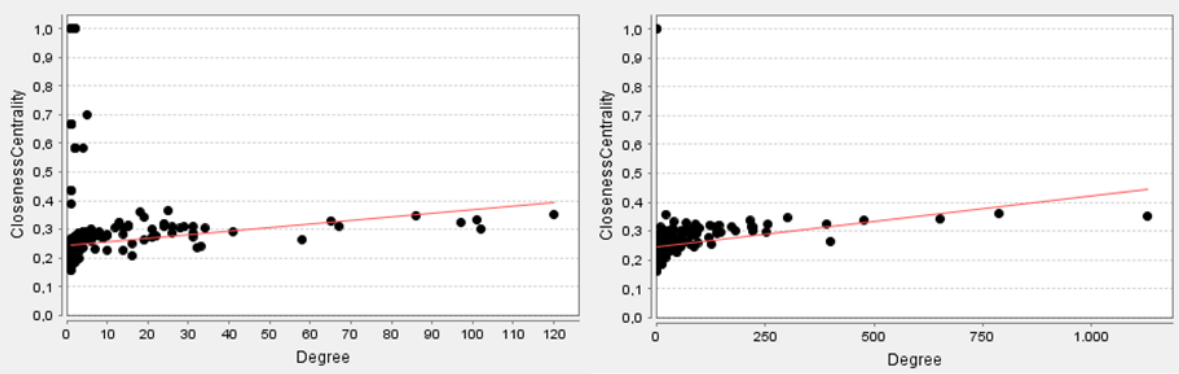


Figura VII.8 A relação entre a medida de centralidade closeness e a medida degree (grau).

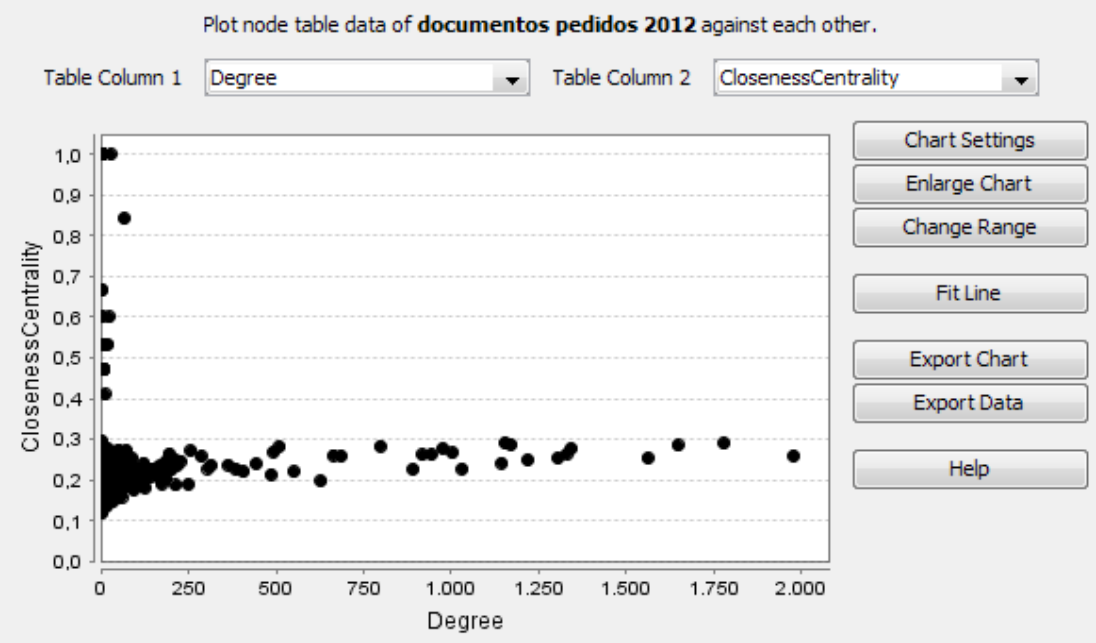


Figura VII.9 A relação entre a medida de centralidade closeness e a medida degree com pesos nas arestas.

A média dos caminhos mais curtos, Figura VII.10 deve ser considerada pela maior parte dos atores em rede ou em sua totalidade. Portanto, não se justifica, através da visualização gráfica, a seleção quantitativa destes, separadamente. Verifica-se que o fornecedor A possui uma média de caminhos mais curtos de 2,7488, enquanto o fornecedor B possui um valor de 2,9212. A rede varia de 1,7142 a 6,4615. Sendo assim, os fornecedores buscam um menor nível de relacionamento de interligação para processar os seus negócios.

No gráfico da rede que apresenta a ruptura, pode-se detectar a média dos caminhos mais curtos variando de 2,7758 a 6,2117, também identificando uma compressão da rede em termos de valores.

A variação das medidas da rede que apresenta ruptura é de aproximadamente 123%, enquanto a variação da rede completa é de 276 %. Na Figura VII.11 está apresentada a relação com pesos nas arestas.

Rede forn. Materiais de invest. ***Rede de fornec. de mat. de investimento (ruptura)***

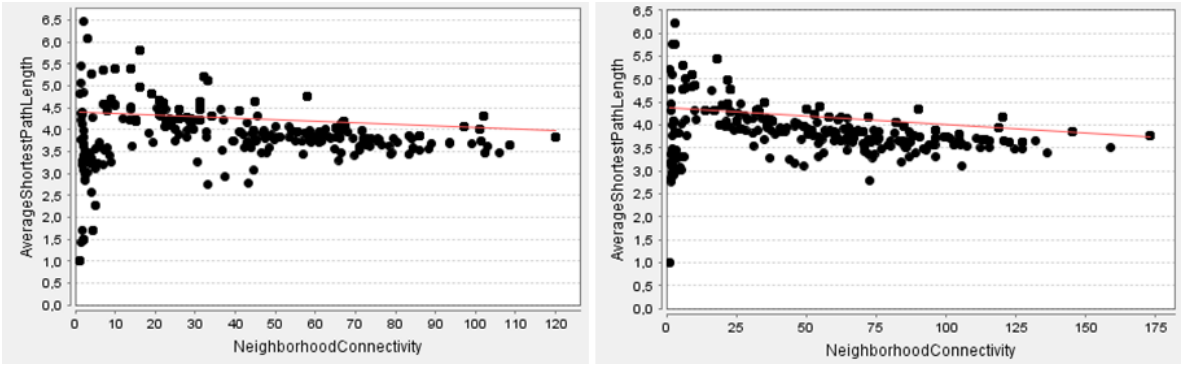


Figura VII.10 A relação entre a média dos comprimentos dos caminhos mais curtos (*average shortest path length*) e a conectividade de vizinhança *(neighborhood connectivity*).

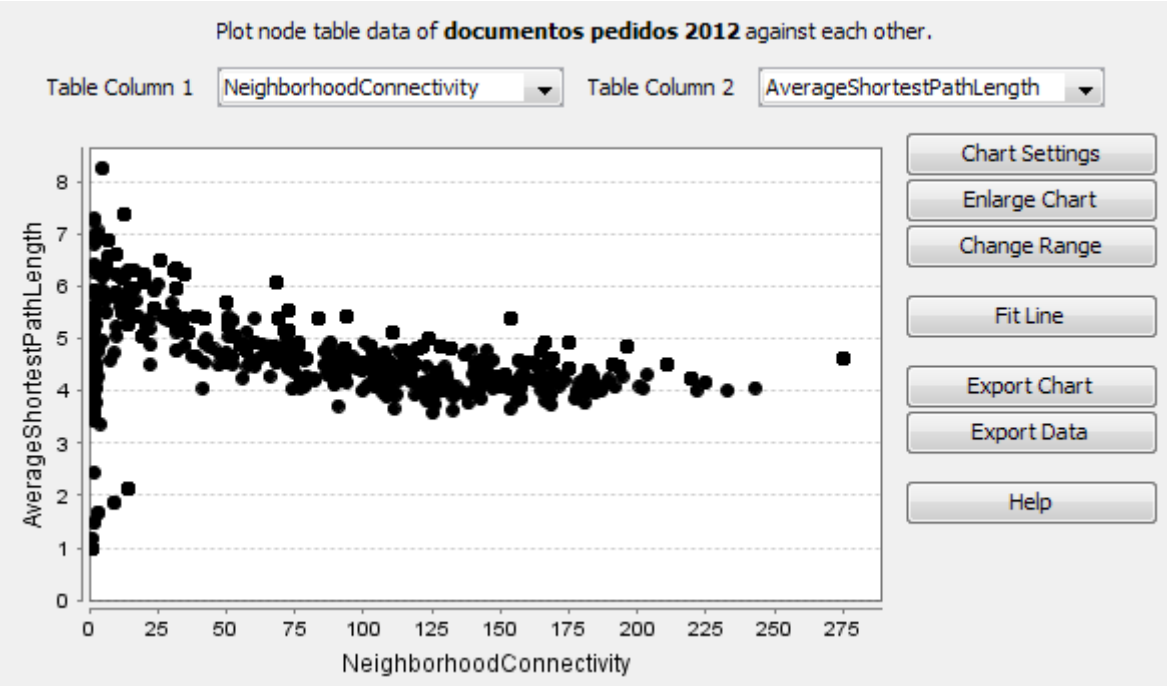


Figura VII.11 A relação entre a média dos comprimentos dos caminhos mais curtos (*average shortest path length*) e a conectividade de vizinhança *(neighborhood connectivity*) com pesos nas arestas.

Verifica-se que o fornecedor A possui uma média diametral de 0,7813 e o fornecedor B um valor de 0,7813, apresentado na Figura VII.12. A rede varia de 0,8928 a 0,7248. Destacando-se a proximidade dos dois fornecedores no centro da rede.

No gráfico da rede que demonstra a ruptura, a média diametral varia de 0,7780 a 0,6531.

A variação das medidas das dimensões diametrais da rede que apresenta ruptura é de aproximadamente 19%, enquanto a variação da rede completa é de 22,5 %. Na Figura VII.13 está apresentado a relação com pesos nas arestas.

Rede forn. Materiais de invest. ***Rede de fornec. de mat. de investimento (ruptura)***

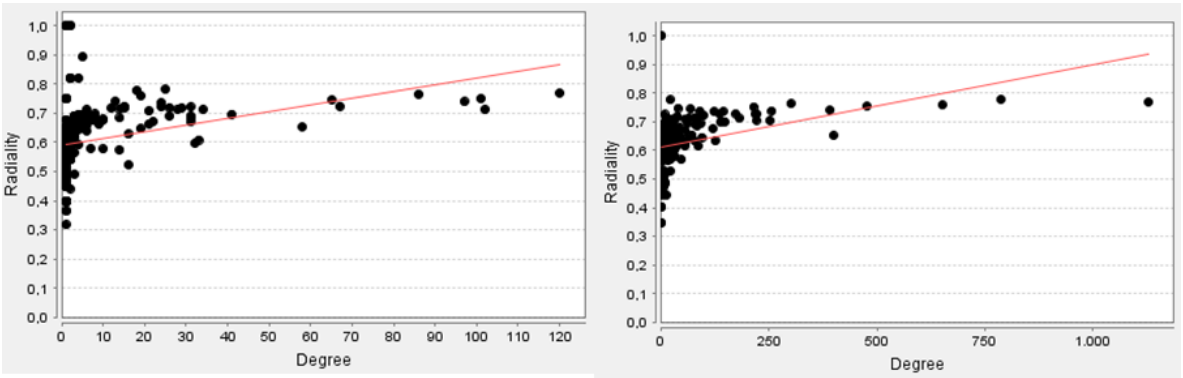


Figura VII.12 A relação entre a dimensão diametral (radiality) e o grau (degree)

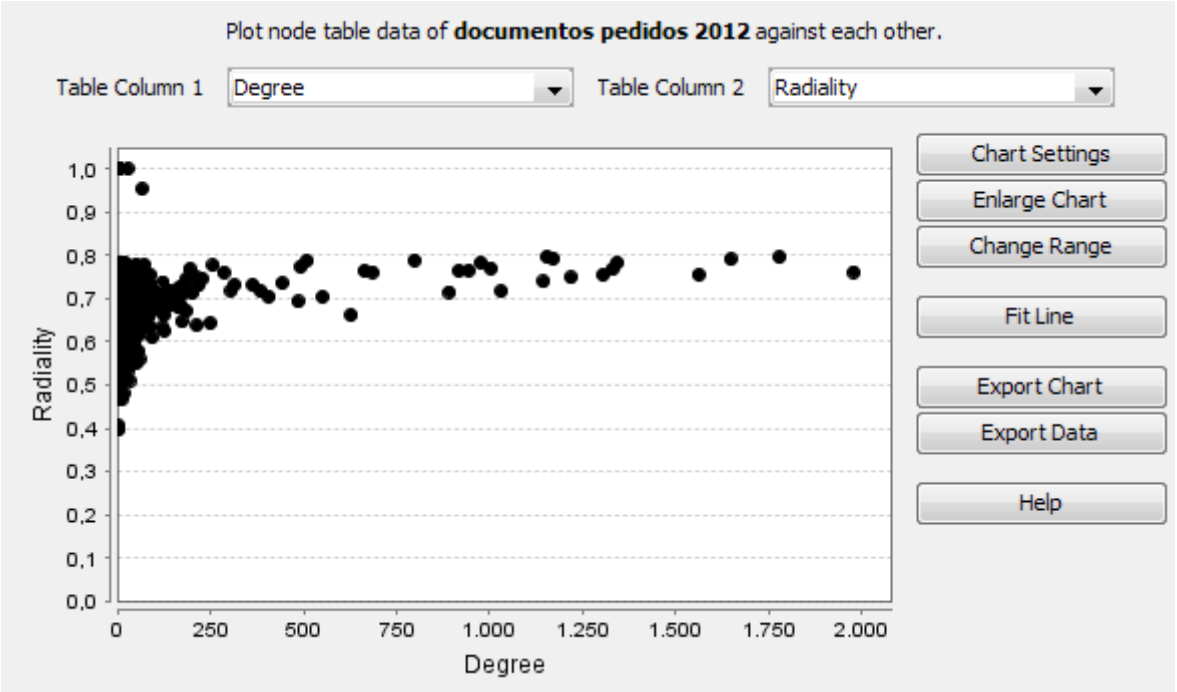


Figura VII.13 A relação entre a dimensão diametral (radiality) e o grau (degree) com peso nas arestas.

Quanto mais alto o valor de excentricidade de um vértice, mais próximos significa que todos os outros vértices estão próximos. Isto demonstra que o poder de influência deste ator na rede pode ter uma relevância extrema no dinamismo comportamental da rede. Quanto maior a excentricidade, os vértices vizinhos podem influenciar amplamente no comportamento deste fornecedor, caso contrário, combinando com outros parâmetros, pode-se avaliar de forma diferente e mais detalhada. Neste caso, combinamos com a dimensão diametral. Avaliamos o

cenário, pois o fornecedor A apresenta valor de centralidade de valor 4, enquanto o fornecedor B apresenta valor igual a 6. A rede completa varia de 1 a 8.

Nesta comparação os valores de excentricidade permanecem inalterados, comprovações devem ser visualizadas na Figura VII.14.

Rede forn. Materiais de invest. ***Rede de fornec. de mat. de investimento (ruptura)***

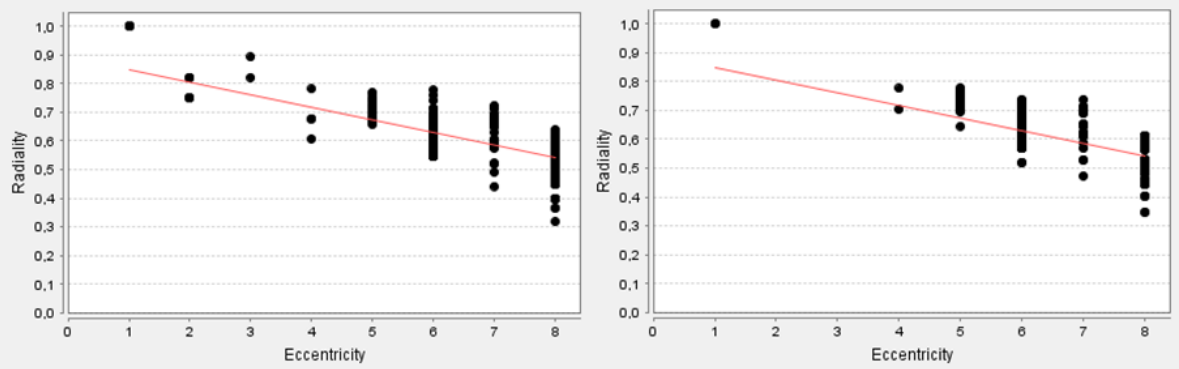


Figura VII.14 A relação entre a dimensão diametral (*radiality*) e a excentricidade da rede.

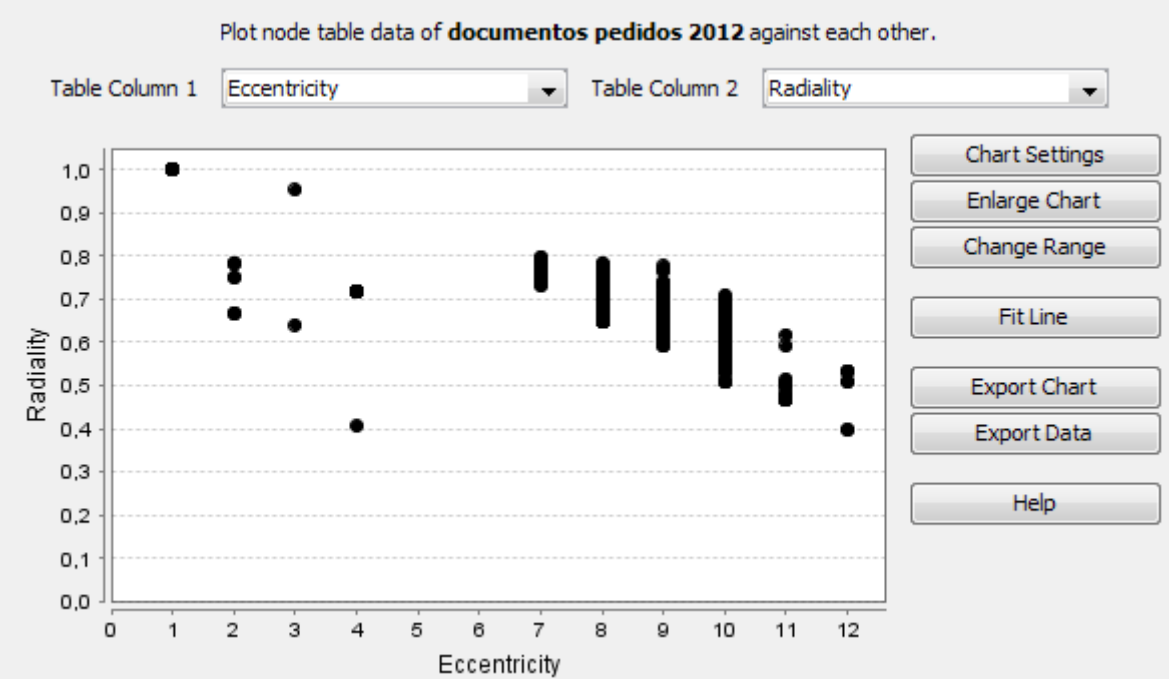


Figura VII.15 A relação entre a dimensão diametral (*radiality*) e a excentricidade da rede com pesos nas arestas

VII.3 Registro dos resultados

É relevante para análise de comportamento em rede, considerarmos que uma variação de aproximadamente 18,5% no tamanho diametral da rede possa demonstrar um risco à vulnerabilidade de toda cadeia. É necessária que seja executada a composição deste valor com outros índices. Variações relevantes podem ser identificadas nas medidas *betweenness* e *closeness*. Estas sim podem demonstrar os riscos e os impactos de toda rede de suprimentos. Pois, há a necessidade de reposicionar os demais atores para não comprometer a função integral. Esta arrumação é uma tentativa da rede de encontrar o seu ponto de equilíbrio original.

Consideramos a retirada dos dois fornecedores um impacto relevante para a cadeia e demonstra sim, a vulnerabilidade da rede por não manter a capacidade original de atendimento, como demonstrado na Tabela VII.1. O potencial de atendimento da rede que apresenta ruptura está muito distante dos valores. Ou seja, o equilíbrio não pode ser mantido.

Tabela VII.2 Valores das medidas de centralidade para os respectivos parâmetros de comportamento em rede.

Índice	Rede Global	Rede com ruptura
Poder na comunicação	1223	381
Poder de aproximação	127	16
Intensidade das relações	276	123
Tamanho da rede	22,5	19
Excentricidade	0	0

VII.3.2 Análise dos resultados do grafo com pesos nas arestas

Na visualização dos resultados apresentados pelos grafos onde foram atribuídos os pesos nas arestas, nota-se o comportamento modificado em virtude dos valores ponderados no relacionamento entre um vértice e outro. Estes valores se estendem ao longo da distribuição dos pontos no grafo. Como exemplo, percebemos nas Figuras VII.11 e VII.15 o aumento dos valores da média do caminho mais curto e da excentricidade. Os índices variaram entre 1 a 12, na Figura VII.16 podemos analisar os fornecedores que estão em um mesmo nível de excentricidade. Esta informação pode complementar a questão do posicionamento em relação ao centro do grafo e assim, definir níveis de relacionamento em uma rede.

As arestas mais fracas como observado nas medidas de centralidade betweenness e closeness pode identificar que mesmo contendo arestas fracas, um relacionamento pode apresentar características estratégicas seja no compartilhamento de informações, seja na proximidade de atores mais importantes e relevantes para toda rede.

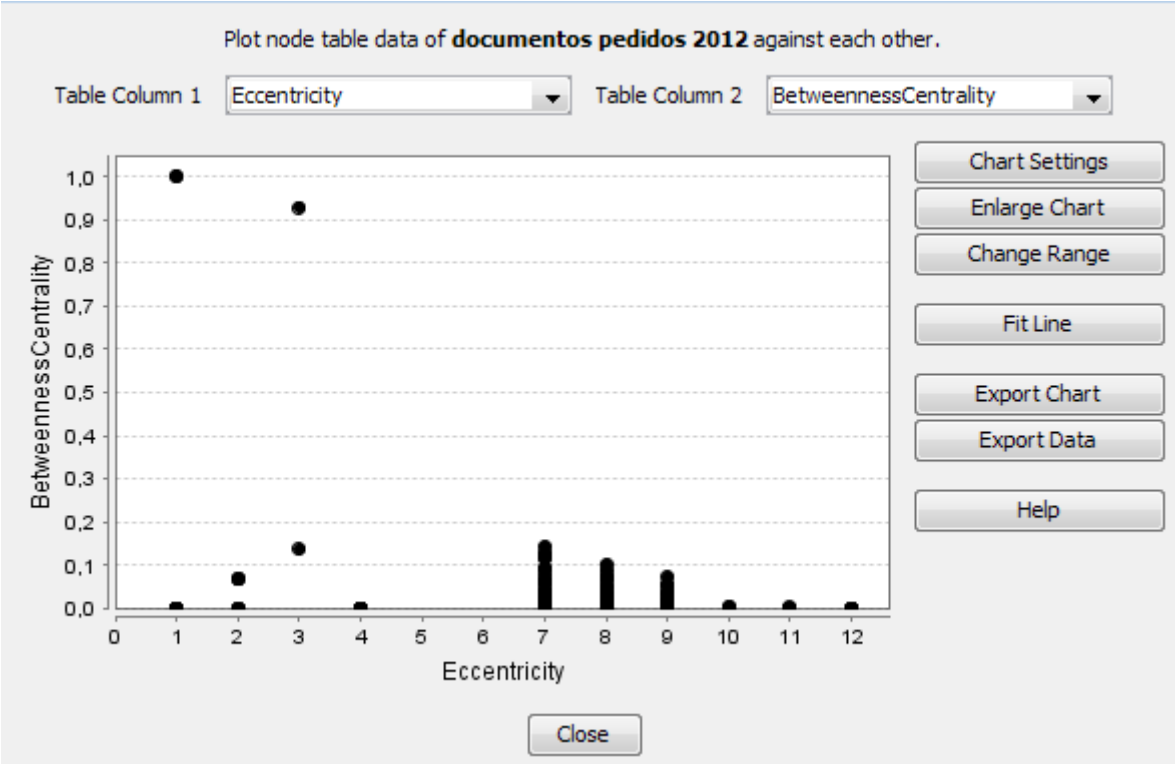


Figura VII.16 A relação entre a medida de centralidade *betweenness* e a excentricidade

VII.4 Posicionamento estratégico das 20 empresas de maior medida de centralidade

As medidas de centralidade são os melhores parâmetros para compreender as relações entre as empresas e o significado do que cada medida possa oferecer. Na Figura VII.17, observa-se na lista da medida de centralidade *betweenness*, as empresas mais centralizadas do grafo. Estas empresas representadas pelo valor negociado assumem um posicionamento estratégico centralizado na rede. Este posicionamento reflete o nível de interação e relacionamento com todas as outras empresas da rede. As relações podem expressar o caminho percorrido da informação por estes atores e assim, identificar os caminhos mais importantes dentre os mais curtos e o diâmetro da rede.

Comparando as duas listas entre as medidas de *betweenness* e *closenness*, observa-se que nas medidas de proximidade (closenness) podemos observar empresas posicionadas próximas das que estão no centro da rede e assim, observarmos o cenário de fornecimento de materiais. Algumas empresas posicionam-se próxima ao centro. Verifica-se nas medidas de closenness entre 0,2920 e 0,2837, o posicionamento de empresas importantes para grandes empreendimentos. Pois, são fornecedores de equipamentos de elétrica e eletrônica que complementam o projeto de montagem de grandes equipamentos.

Ainda na Figura VI.17 pode-se observar o posicionamento do maior valor para o menor das empresas listadas nas duas colunas que representam as medidas de centralidade *closenness* e *betweenness*.

Fornecedor (lista das maiores medidas de betweenness)		Fornecedor (Lista das maiores medidas de closenness)	
SIEMENS LTDA	0.16458251	SIEMENS LTDA	0.36378962
REASON TECNOLOGIA S.A.	0.15940229	REASON TECNOLOGIA S.A.	0.3599066
ALSTOM GRID ENERGIA LTDA	0.09422077	ALSTOM GRID ENERGIA LTDA	0.34232234
CONDUSPAR CONDUTORES ELETRICOS LTDA	0.04545892	CONDUSPAR CONDUTORES ELETRICOS LTDA	0.32558841
IHM ENGENHARIA E SISTEMAS DE	0.04477572	IHM ENGENHARIA E SISTEMAS DE	0.30514706
M.P.T. COMERCIO DE ELETRO	0.02546507	TOSHIBA INFRAESTRUTURA AMERICA DO S	0.30241031
MAGAZINE LUIZA S/A	0.02404685	HELMUT MAUELL DO BRASIL INDUSTRIA E	0.29209529
CASA DO ELETRICISTA PASSENSE LTDA	0.01894645	TROLLEY PARTS COMERCIO DE PRODUTOS	0.29162162
PRINTNESS SOLUÇÕES LTDA - ME	0.01781038	MAXXWELD CONECTORES ELETRICOS LTDA	0.29114949
TOSHIBA INFRAESTRUTURA AMERICA DO S	0.0162465	TELEMATICA SISTEMAS INTELIGENTES LT	0.29099245
IMPORTADORA E EXPORTADORA DE MEDIDO	0.0153919	CENTELHA EQUIP. ELETRICOS LTDA	0.28881156
TELEMATICA SISTEMAS INTELIGENTES LT	0.01535347	INDUSTRIA ELETROMECANICA	0.28865704
MAXXWELD CONECTORES ELETRICOS LTDA	0.0140654	NORTEL SUPRIMENTOS INDUSTRIAIS LTDA	0.28865704
INSTRUCAMP INSTRUMENTOS DE MEDICAO	0.01399863	COMERCIAL COMAG LTDA	0.28773333
SCHNEIDER ELECTRIC BRASIL LTDA	0.0137782	ABB LTDA	0.2872737
HELMUT MAUELL DO BRASIL INDUSTRIA E	0.01359173	M.P.T. COMERCIO DE ELETRO	0.2872737
WEBSITE ACESSORIOS E SUPRIMENTOS LT	0.01306639	BLINDA-INDUSTRIA E COMERCIO LTDA	0.2872737
TELVENT BRASIL S.A.	0.01270896	SCHNEIDER ELECTRIC BRASIL LTDA	0.283798
COGUMELO INDUSTRIA E COMERCIO LTDA	0.01213233	HIGH DIGITAL STORAGE INFORMATICA	0.2832021
CENTELHA EQUIP. ELETRICOS LTDA	0.01092385	OFFICER DISTRIB. DE PRODUTOS DE	0.2832021

Figura VII.17 Relação das empresas listadas pelas maiores medidas de centralidade das empresas fornecedoras de material.

Na tabela VII.2 observa-se as empresas mais estratégicas quanto ao seu valor de contrato e relação com centros de distribuição (CD). Esta apresentação da lista dos fornecedores indica que não é relevante apenas o valor do contrato, mas sim, o nível de relação com os CD´s da empresa. Na visão de gerenciamento da cadeia de suprimentos (GCS) a análise estaria estanque na quantidade de CD´s, contratos e valor do contrato, enquanto, na análise de redes o posicionamento indica o comportamento do ator e as suas relações quanto à informação disponibilizada.

Neste exemplo, é possível compreender que a informação transpassa pelos caminhos mais curtos destes fornecedores, indicando um nível de dependência da informação dentre estes atores.

Na figura VII.18 podemos observar que o comprimento das arestas de valor 4 e 6 apresentam as maiores frequências, indicando que os maiores pesos das arestas estão concentrados nestes dois pontos do grafo. Esta abordagem pode identificar o fluxo dos maiores contratos negociados entre empresas, ou seja, os maiores valores de contratos estão localizados nestes dois pontos.

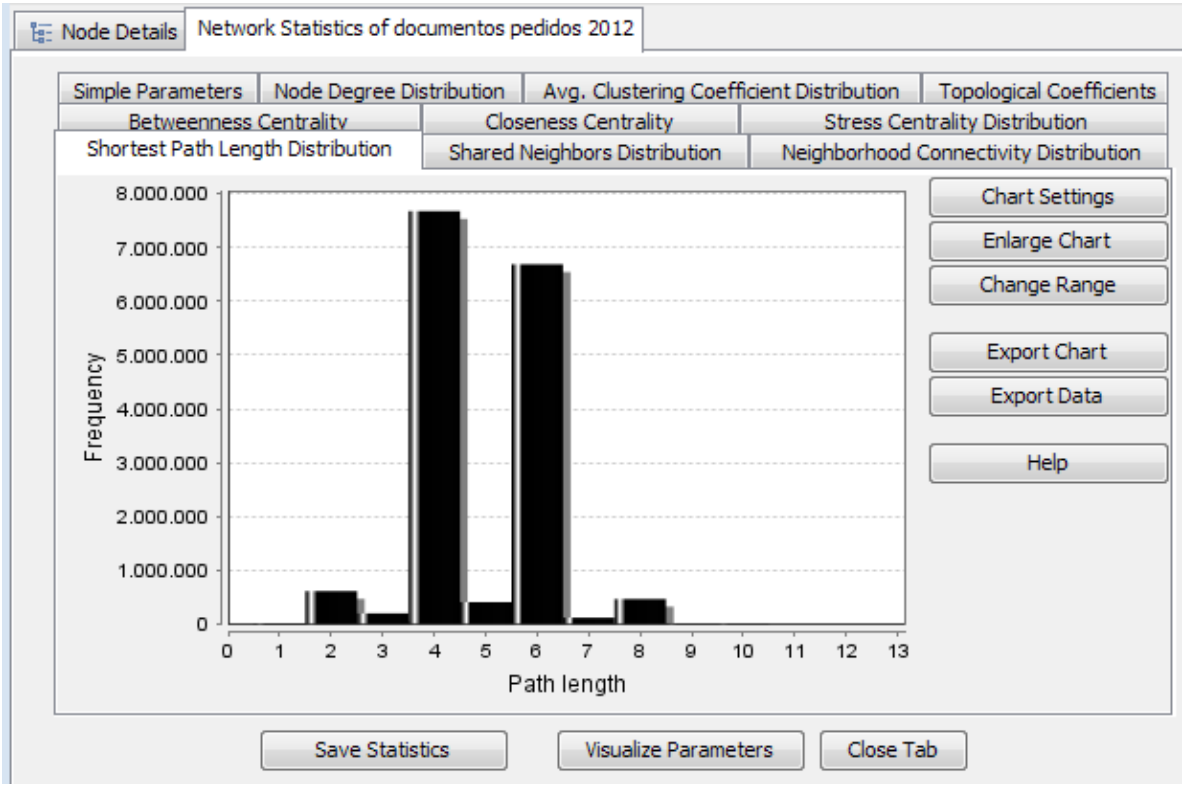


Figura VII.18 O caminho mais curto da rede

Tabela VII.3 Quantidades de contratos por CD de cada empresa fornecedora de material.

EMPRESAS	***CONTRATOS***	***CD***	***VALOR (em R$)***
SIEMENS	68	49	R$ 27.030.918,33
REASON	1	19	R$ 1.789.393,51
ALSTOM	48	24	R$ 12.761.110,48
CONDUSPAR	16	16	R$ 3.400.188,62
IHM ENGENHARIA	1	14	R$ 4.894.089,20
M.P.T. COMERCIO	3	3	R$ 44.267,00
TOSHIBA INFRAESTR.	2	7	R$ 9.496.305,36
HELMUT	6	7	R$ 952.856,93
MAXXWELD CONECT.	15	13	R$ 36.838,65

Desta análise, verificam-se nas relações com CD´s, patamares que impactam no relacionamento entre atores, pois quanto maior o relacionamento com os CD´s, mais relevante

este ator para rede. Esta verificação pode ser validada com a quantidade de contratos realizados com fornecedor e empresa.

Um contrato de menor valor como o de valor R$ 44.267,00 pode não ser relevante para a rede, mas demonstra uma proximidade com os atores mais importantes. Ou seja, esta empresa pode assumir um papel de relevância, através das ARS que não foi identificada em análises convencionais de gestão da cadeia de suprimentos.

Vale acrescentar que ao listar as 20 empresas mais importantes pela medida de centralidade *betweenness*, outras 8 empresas surgem listadas como mais importantes pela medida *closenness*. Esta comparação indica que a proximidade destas empresas com as mais estratégicas (*betweenness*) pode desenhar um comportamento de confiabilidade às relações. Pois, cada empresa listada em *closenness* é um indício de complementação das atividades realizadas pelas listadas em *betweenness*.

VII.5 Análise dos resultados da Regressão Linear Multivariada (RMV)

Nos resultados apresentados na Tabela VII.3, o índice de correlação entre as três variáveis (Montante = valor do item do contrato, dias da assinatura do contrato até a entrega do material e a quantidade de itens do contrato) não sugerem um índice adequado de correlacionamento. Percebe-se a baixa correlação e desta forma aplica-se o método de regressão SURE ou da Regressão Linear Multivariada como apresentado na Figura VII.19.

Tabela VII.4 Correlação das variáveis associadas dos documentos contratuais da rede.

	Montante em MI	*Dias*	*Qtd.em UMP*
Montante R$	1		
Dias	0,015842466	1	
Qtd.em UMP	0,245103838	0,004109348	1

Portanto, utilizando a regra de regressão linear dada pela fórmula já apresentada, yi = Xi β i + ui , i = 1,…,P (1), encontramos a fórmula do valor do contrato na Tabela VII.4, em relação às variáveis correlacionadas (data e quantidade).

Valor do Contrato = 32621,73 + 1310,00 Y1+ 0,99 Y2

Os intervalos do valor de contrato para o nível de confiança de 95% estão estimados entre R$ 15996,40 e R$ 49247,07. Podemos inferir que neste intervalo, o valor do contrato está condizente com a quantidade e datas de entrega, restringindo a possibilidade de não atendimento ou tornar a rede vulnerável a eventos de ruptura.

Tabela VII.5 Regressão Linear Multivariada das três variáveis dos documentos contratuais disponíveis na rede.

Estatística de regressão	
R múltiplo	0,280372253
R-Quadrado	0,0786086
R-quadrado ajustado	0,078282328
Erro padrão	598501,732
Observações	5651

ANOVA

	gl	*SQ*	*MQ*	*F*	*F de significação*
Regressão	2	1,72604E+14	8,63021E+13	240,9298449	0
Resíduo	5648	2,02314E+15	3,58204E+11		
Total	5650	2,19574E+15			

	Coeficientes	*Erro padrão*	*Stat t*	*valor-P*	*95% inferiores*	*95% superiores*	*Inferior 95,0%*	*Superior 95,0%*
Interseção	32621,73835	8480,653098	3,846606856	0,000121084	15996,40092	49247,07578	15996,40092	49247,07578
Dias	1310,007744	370,2387065	3,53827874	0,000405983	584,1976733	2035,817815	584,1976733	2035,817815
Qtd.em UMP	0,997919134	0,046022706	21,68319112	3,2769E-100	0,907696953	1,088141315	0,907696953	1,088141315

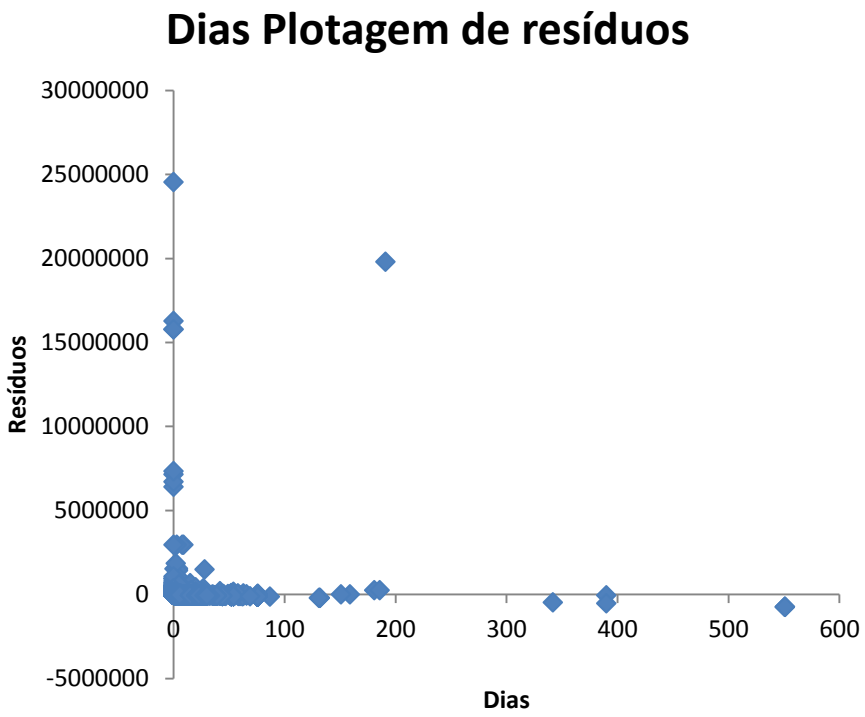


Figura VII.19 Gráfico de resíduos versus dias observados.

Conclusão

A metodologia tradicional de avaliação da cadeia de suprimentos permite sinalizar alguns indicadores operacionais das atividades inerentes ao relacionamento entre uma empresa compradora e fornecedora: volume negociado, fluxos de materiais, tempo de atendimento, custo de operação etc. Estes indicadores podem servir de parâmetros para os gestores de suprimentos na definição da estratégia de suas ações. Neste estudo, foi apresentada a metodologia de análise da teoria de redes sociais aplicadas à cadeia de suprimentos. Os parâmetros para análise de rede: medidas de centralidades, tamanho da rede, diâmetro da rede são alternativas complementares que fornecerão apoio ao gestor do negócio. Esta análise permite avaliar o grau de proximidade de um fornecedor a outro, o caminho percorrido pela informação e o posicionamento estratégico de cada empresa na rede.

As pesquisas realizadas em direção a Redes Sociais e Cadeia de Suprimentos foram um direcionador para Análise de Redes Sociais em redes de suprimentos. Neste estudo foram selecionados os artigos de BORGATTI (2007), CARTER et al (2007) na aplicação do tema na área de logística de suprimentos, Freeman (1977/79) aplicando a teoria de redes sociais, KIM et al (2011), e CHOI e HONG (2002) demonstrando as duas combinações teórico-prática na análise de redes em empresas japonesas, utilizando os conceitos de redes sociais.

Os resultados obtidos identificaram empresas chaves no processo de aquisição no fornecimento de equipamentos. A importância destes resultados traduz-se na possibilidade de visualizar todos os atores espalhados em rede e na identificação das empresas quanto ao seu grau e nível de importância e influência nos relacionamentos inter-organizacionais. Fornecedores de grandes equipamentos se destacam na análise, pois estão posicionados próximos no centro do grafo e apresentam medidas de centralidades em vários níveis, configurando o peso que estas arestas carregam, demonstrando forte interação em seus relacionamentos. Um fator importante desta análise é o posicionamento das pequenas empresas no mesmo nível geográfico das empresas maiores. Numa análise tradicional de gerenciamento da cadeia de suprimentos, seria difícil compreender ou visualizar localização e consequentemente, avaliar a importância e impacto de cada uma delas em comparação com uma grande empresa. É fato, que empresas de menor porte podem ter um papel fundamental no fluxo de informações que trafegam em toda rede, seja na intermediação entre grandes compradores e fornecedores, seja no apoio a qualquer empresa individualmente.

A ideia de visualizar a organização como ecossistema permite compreender a importância e a influência de um ator sobre outro. A visão de fluxos por processos, remete a ideia do que entra em uma célula e o que sai desta célula percorrendo os demais pontos da rede. Apoiamos este estudo nos conceitos discutidos por YU et al. (2008) e CHOI e HONG

(2002), que utilizaram as medidas de centralidade *betweenness* para listar e demonstrar o posicionamento estratégico de cada ator em rede. Deve-se considerar que o peso que carrega uma aresta é um fator primordial para o desempenho da rede global, demonstrando o tamanho do percurso percorrido pela informação pela rede. A aproximação das análises de medidas de centralidades e o valor de arestas permitem o gestor avaliar com maior nível de detalhamento os critérios e as decisões de gerenciamento sobre uma demanda de aquisição e suprimentos da empresa.

Podemos afirmar que estes critérios para seleção dos fornecedores, que tem alto desempenho numa rede é proporcional ao nível de abrangência que este se impõe nas relações com cada centro de distribuição da empresa. A definição de EGO sustenta esta afirmativa. As empresas de maior EGO podem ser classificadas como as mais estratégicas na rede. Os fornecedores que possuem relações com os centros de distribuição de maior nível orçamentário e centros de distribuição com grande representatividade e relevância no faturamento da empresa podem indicar a incidência dos riscos inerentes ao rompimento na cadeia de fornecimento e tornar uma unidade de negócio vulnerável a qualquer falha na relação entre comprador e fornecedor.

É possível afirmar que as medidas de centralidade *betweenness* e *closenness* complementam as informações geradas pelo gerenciamento da cadeia de suprimentos. Ao mesmo tempo, que identificamos como as mais importantes, mas também as que se posicionam próximas, até mesmo na região central da rede. Uma empresa pode gerar um contrato volumoso em suas negociações e impactar em toda rede quando comprovada a sua falta ou inexistência. Outras empresas atuam como coadjuvantes, apoiando no posicionamento central destas com atividades complementares de fornecimento de materiais de investimento.

A capacidade de sustentação das características de uma rede de suprimentos está na sua potencial energia de sustentar impactos sob uma falha relevante para todo o sistema. Esta capacidade resiliente indica o quanto uma rede está estruturalmente sólida em suas relações comerciais. Desta forma, utilizamos as análises de excentricidade, tamanho diametral da rede, coeficientes topológicos e grau de conectividade de vizinhança.

Algumas análises podem ser ampliadas ou incrementadas em estudos futuros, como a atribuição de pesos relacionados ao tempo de atendimento de uma demanda de aquisição; do custo de manutenção em um centro de distribuição logístico, custos administrativos (aquisição e armazenamento de materiais) de um dado CD em relação a um fornecedor. Por outro, lado, analisar o risco de ruptura na falha de fornecimento em qualquer cenário projetado.

Por fim, verificamos que as combinações das medidas de centralidade dos conceitos de ARS podem fornecer uma abordagem explícita de valores, que antes estavam obscurecidas em análises pontuais dos indicadores operacionais da gestão da cadeia de suprimentos. O objetivo foi completado e alcançado ao analisar uma cadeia de suprimentos como uma rede de

relacionamento social. Assim, verificar nas variações do tamanho de rede, nos caminhos mais curtos as relações comportamentais da rede. Nas medidas de centralidade *closeness* e *betweenness* o posicionamento estratégico na rede. Estes são mecanismos de gerenciamento, que oferecem uma nova visão de gestão de dados de uma cadeia de suprimentos. O mesmo entendimento podemos aplicar para o método de Regressão Linear Multivariada o que possibilita compreender a correlação de três variáveis ora independentes e identificar os limites de gestão de contratos apresentando a faixa de valores adequada para quantidades e dias de diligenciamento do contrato. O programa Cytoscape se apresentou como uma ferrmenta bastante adequada para o propósito deste estudo, combinando a ARS e a RLM. Esta regra pode ser aplicada a muitos outros cenários de logísticas na busca por correlações não consideradas em estudos convencionais.

Referências Bibliográficas

ADEYEMI, S. L., Just- in-time production systems (JITPS) in developing countries: the nigerian experience. *Journal of Social Science*, v. 22, n. 2, pp. 145-152, 2010.

ALDRICH, H. E. e GLINOV, M. A. Small world, isn´t it? Personal network and infrastructural development. Paper prepared for the International Technopolis Conference, San Francisco. 20-22, maio, 1990

ASANUMA, B. Manufacturer-supplier relationships in Japan and the concept of relation-specific skill. *Journal of the Japanese and International Economies* v.3, pp. 1-30, 1989.

ASSENOV, Y., DONCHEVA, N., LENGAUER, T., ALBRECHT, M. NetworkAnalyzer Demo: Computation and Visualization of Topological Parameters and Centrality Measures for Biological Networks. Disponível em http://wiki.cytoscape.org/NetworkAnalyzer, última edição fev/2009.

AUTRY, C. W., GRIFFIS, S. E. Supply Chain Capital: The Impact of Structural and Relational Linkages on Firm Execution and Innovation. *Journal of Business Logistics*, v.29, n.1, pp. 157-173, 2008.

BARABÁSI, A. L., ALBERT, R. Emergence of scaling in random networks. *Science* v. 286, n. 5439, pp. 509-512, 1989.

BARNEY, J. B., HANSEN, M. H. Trustworthiness as a source of competitive advantage. *Strategic Management Journal*, v. 15, n. 1, pp. 175-190, 1994.

BATTINI, D., PERSONA, A., ALLESINA, S. Towards a use of network analysis: Quantifying the complexity of supply chain networks. *International Journal of Electronic Customer Relationship Management*, v. 1, n. 1, pp. 75–90, 2007.

BAVELAS, A. “A mathematical model for group structure. *Applied Anthropology*, v. 7, n. 3, pp. 16-30, 1948.

BEAUCHAMP, M. A., An improved index of centrality, *Behavioral Science*, v.10, n. 2, pp. 161-163, 1965.

BELLAMY, M. A., BASOLE, R. C. Network Analysis of Supply Chain Systems: A Systematic Review and Future Research. *Systems Engineering*, v. 16, n. 2, pp. 235–249, 2012.

BERNARDES, E. S. The effect of supply management on aspects of social capital and the impact in performance: a social network perspective. *Journal of Supply Chain Management*, v. 46, n. 1, pp. 45-56, 2010.

BERRY, L. L., PARASURAMAN, A. e ZEITHAML, V. Improving service quality in America: lessons learned. Academy of Management Executive, v. 8, pp. 32–45, 1994.

BOLLOBAS, B. Random graphs. Cambridge University Press, 2001.

BONDY, J. A. e MURTY; U. S. R., Graph Theory with Applications, Macmillan, London,1976.

BORGATTI, S. P. e CROSS, R. "A relational view of information seeking and learning in social networks. Management Science, v. 49, n. 2, pp. 432-445, 2003.

BORGATTI, S. P. Centrality and network flow. Social Networks, v. 27, n. 1, pp. 55-71, 2005.

BORGATTI, S. P., EVERETT, M. G. A graph-theoretic perspective on centrality. *Social Networks*, v. 8, n. 4, pp.466-484, 2006.

BORGATTI, S.P. e LI, X. On social network analysis in a supply chain context. *Journal of Supply Chain Management*, v. 45, n. 2, pp. 5-22, 2009.

BORGATTI, S.P., MEHRA, A., BRASS, D. e LABIANCA, G. Network analysis in the social sciences. *Science*, v. 323, n. 5916, pp. 892-5, 2009.

BOTT, E. Family and social networks: roles, norms and external relationships in ordinary urban families", London: Tavistock, 1957.

BOWERSOX, D. J., CLOSS, D. J. e STANK, T. P. 21st Century Logistics: Making Supply Chain Integration a Reality, Oak Brook, IL: Council of Logistics Management, 2000.

BRANDES, U.A faster algorithm for betweenness centrality. *Journal of Mathematical Sociology*, v. 25, n. 2, pp. 163-177, 2001.

BRASS, D. J., GALASKIEWICZ, J., GREVE, H. R., TSAI, W.Taking stock of networks and organizations: a multilevel perspective, *Academy of Management Journal*, v. 47, n. 6, 795–817, 2004.

BURGELMAN, R. A. Organizational ecology and strategic management: an evolutionary process perspective. Research Paper, Graduate School of Business, Stanford, CA: Stanford University, 1986.

CACHON, G. e FISCHER, M. Supply chain inventory management and the value of shared information. *Management Science*, v. 46, n. 8, pp. 1032-1048, 2000.

CAPO-VICEDO, J., MULA, J., e CAPO, J. A social network-based organizational model for improving knowledge management in supply chains. *Supply Chain Management*, v.16, n. 5, pp. 379–388, 2011.

CARTER, C.R., ELLRAM, L.M. e TATE, W. The use of social network analysis in logistics research. *Journal of Business Logistics*, Vol.28 No.1, pp. 137-169, 2007a.

CARTER, C. R., LEUSCHNER, R., ROGERS, D. S. A social network analysis of the journal of supply chain management: knowledge generation, knowledge diffusion and thought leadership. *The Journal of Supply Chain Management*, v. 43, n. 2, pp. 15-28, 2007b.

CERQUEIRA, C. H. Z., COSTA, J., CARVALHO, D. M., Aplicação de Análise de Redes Sociais em uma Cadeia de Suprimentos de uma Empresa do Setor Elétrico Brasileiro. *Revista Sistemas&Gestão*, no prelo.

CHOI, T.Y. e HONG, Y. Unveiling the structure of supply networks: case studies in Honda, Acura, and DaimlerChrysler. *Journal of Operations Management*,v.20, n.5, pp. 469-493, 2002.

CHOI, T. Y. e KRAUSE, D. R The supply base and its complexity: Implications for transaction costs, risks, responsiveness, and Innovation. *Journal of Operational Management*, v. 24, n. 5, pp. 637–652, 2006

CHOI, T.Y. e KIM, Y. Structural embeddedness and supplier management: a network perspective. *Journal of Supply Chain Management*, v. 44, n.4, pp.5-13, 2008.

CHOPRA, S. e SODHI, M.S. Managing risk to avoid supply chain breakdown, *MIT Sloan Management Review,*v.46, n. 1, pp. 53-62, 2004.

COOPER, M. C., LAMBERT, D. M., PAGH, J. D. Supply chain management: more than a new name for logistics. *The International Journal of Logistics Management*, v. 8, n.1, 1997.

COX, A., SANDERSON, J. e WATSON, G. Supply chains and power regimes: toward an analytic framework for managing extended networks of buyer and supplier relationships. *Journal of Supply Chain Management*, v.37, n. 2, pp. 28-35, 2006.

CROSSLEY, N.; PRELL, C. e SCOTT, J. Social network analysis: introduction to special edition. *Methodological Innovations Online*, v. 4, pp. 1-7, 2009.

DAVIS, A., GARDNER, B. B. e GARDNER, M. R. Deep south, Chicago: The University of Chicago Press, 1941.

DEFEE, C. C. e STANK, T. P. Applying the structure-strategy-performance paradigm to the supply chain environment. *The International Journal of Logistics Management*, v. 16, n. 1, pp. 28-50, 2005.

DEMPWOLF, C. S., LYLES, L. W. The uses of social network analysis in planning: A review of the literature. *Journal of Planning Literature*, v. 27, n.1, pp. 3-21, 2012.

DEMSETZ, H. The emerging theory of the firm. *Acta Universitatis Upsaliensis* n. 33, University of Uppsala, 1992.

DERRINGER, G. & SUICH, R. Simultaneous Optimization of Several Response Variables. *Journal of Quality Technology*, v. 12, n. 4, 214-219, 1980.

DIESTEL, R. Graph theory. Electronic Edition, Springer-Verlag Heidelberg, New York, 2005

DYER, J.H. e NOBEOKA, K. Creating and managing a high-performance knowledge-sharing network: the Toyota case. *Strategic Management Journal*, vV.21 n. 3, pp. 345-67, 2000.

EMERSON, R. Power Dependence Relations. *American Sociological Review*, v. 27, pp. 31-41, 1962.

ERDŐS, P., RENYI, A. Publ Math Inst Hung Acad Sci, Serie A, v.5, pp. 17-61, 1960

FREEMAN, L.C. A set of measures of centrality based on betweenness. *Sociometry*, v. 40, n. 1, pp. 35-41, 1977.

FREEMAN, L. C. Centrality in social networks: conceptual clarification. *Social Networks*, v.1, n.3, pp. 215-239, 1979.

FRENKEN, K. A complexity approach to innovation networks. *Research Policy*, v. 29, n. 2, pp. 257-272, 2000.

GAVIMENI, S., KAPUSCINSKI, R. e TAYUR, S. Value of information in capacitated supply chains. *Management Science*, v. 45, pp. 16-24, 1999.

GIANNAKI, M., CROOM, S. R. Toward the development of a supply chain management paradigm: A conceptual framework, *Journal of Supply Chain Management*, v. 40, n. 2, pp. 27–37, 2004.

GIRVAN, M. e NEWMAN, M. E. J. Community Structure in Social and Biological Networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, v. 99, n. 12, pp. 7821-7826, 2002.

GOLICIC, S. L. e MENTZER, J. T. An Empirical Examination of Relationship Magnitude, *Journal of Business Logistics*, v. 27, n. 1, pp. 81-108, 2006.

GRANDORI, A., SODA, G. Inter Firm Networks: Antecedents, Mechanism and Forms. *Organization Studies*, v. 16, n. 2, pp. 183-214, 1985.

GRANOVETTER, M. S. The Strength of Weak Ties. *American Journal of Sociology*, v. 78, n. 6, pp. 1360-1380, 1973.

GRANOVETTER, M. S. Economic action and social structure: the problem of embeddedness. *American Journal of Sociology*, v. 91, n.3, pp. 481–510, 1985.

GULATI, R. Social structure and alliance formation patterns: a longitudinal analysis. *Administrative Science Quarterly*, v. 40, n. 4, pp. 619-52, 1985.

GUNDERSON, L. H. e HOLLING, C. S. Panarchy: understanding transformations in human and natural systems. *Island Press*, Washington, D.C., USA, 2002.

HANNAN, M. T. e FREEMAN, J. The population ecology of organizations. *American Journal of Sociology*, v. 82, n. 5, pp. 929-964, 1977.

HARLAND, C. M. Supply chain management: Relationships, Chains and Networks. *British Journal of Management*, v. 7, n. 1, pp.63-80, 1986.

HEARNSHAW, E. J. S., WILSON, M. M. J. A complex network approach to supply chain network theory. *International Journal of Operations & Production Management*, v. 33, n. 4, pp. 442-469, 2013.

HENDERSON, J. M. e QUANDT, R. Microeconomic theory: A mathematical approach McGraw-Hill, New York, 1971.

HENDRICKS, K. B., SINGHAL, V. R. The effect of supply chain glitches on shareholder value. *Journal of Operations Management*, v. 21 n. 5, pp. 501-522, 2003.

HENDRICKS, K., B. e SINGHAL, V., R. 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*, v.14, n.1, pp. 35-52, 2005.

HOLLAND, P. W. e LEINHARDT S. Transitivity in structural models of small groups, *Comparative Group Studies*, v.2, pp. 107–124, 1971.

HOLMSTROM, B. e ROBERTS, J. The boundaries of the firm revisited. *Journal of Economic Perspectives*, v.12, n. 4, pp. 73-94, 1998.

HOLWEG, M., PIL, F.K. Theoretical perspectives on the coordination of supply chains. *Journal of Operations Management*, v. 26, n. 3, pp. 389– 406, 2008.

HWARNG, H. B., CHONG, C. S. P., XIE, N. e BURGESS, T. F. Modelling a complex supply chain: understanding the effect of simplified assumptions. *International Journal of Productions Research*, v. 43, n. 13, pp. 2829-2872, 2005.

IYENGAR, D., RAO, S. e GOLDSBY, T. J. The Power and Centrality of the Transportation and Warehousing Sector within the US Economy: A Longitudinal Exploration Using Social Network Analysis. *Penn State University Press*, v. 51, n. 4, pp. 373-398, 2012.

KIM, Y., CHOI, T.Y., YAN, T. e DOOLEY, K. Structural investigation of supply networks: A social network analysis approach. *Journal of Operation Management*, V. 29 No. 1, pp. 194-211, 2011.

KINDER, T. Go with the flow—a conceptual framework for supply relations in the era of the extended enterprise. *Research Policy*, v. 32, n. 3, pp. 503–523, 2003

KOTABE, M., MARTIN, X., DOMOTO, H. Gaining from vertical partnerships: Knowledge transfer, relationship duration, and supplier performance improvement in the US and Japanese automotive industries. *Strategic Management Journal*, v. 24, n. 4, pp. 293–316, 2003.

KULMALA, H. I, *Developing cost management in customer-supplier relationships: three case studies*, Journal of Purchasing and Supply Management, v. 10, pp. 65-77, 2004

LAMBERT, D. M., COOPER, M. C., e PAGH J. D. Supply chain management: implementation issues and research opportunities. *The International Journal of Logistics Management*, v. 9, n. 2, pp. 1-19, 1998.

LAMPEL, J., GIACHETTI, C. International diversification of manufacturing operations: Performance implications and moderating forces. *Journal of Operations Management*, v. 31, n. 4 pp. 213-227, 2013.

LANGFIELD-SMITH, K., GREENWOOD, M. R. Developing co-operative buyer-supplier relationships: a case study of Toyota. *Journal of Management Studies*, v. 35, n. 3, p. 331-353, 1998.

LAZZARINI, S.G., CHADDAD, F.R., COOK, M.L. Integrating supply chain and network analyses: the study of netchains. *Journal on Chain and Network Science*, v. 1, n 1, pp. 7–22, 2001.

LEE, H. L. Creating value through supply chain integration. *Supply Chain Management Review*, v. 4, n 4, pp. 30–36, 2000.

LEE, P. D. Measuring supply chain integration: A social network approach. *Supply Chain Forum*: An International Journal, v. 6, n. 2, pp. 58-67, 2005.

LI, M. e CHOI, T. Y. Triads in services outsourcing: Bridge, bridge decay and bridge transfer. *Journal of Supply Chain Management*, v. 45, n. 3, pp. 27–39, 2009.

MASLOV, S., SNEPPEN, K. Specificity and stability in topology of protein networks. *Science*, v. 296, n 5569, pp. 910-913, 2002.

MCKINNON A. Life without trucks: the impact of a temporary disruption of road freight transport on a national economy. *Journal of Business Logistics*, v. 27, n. 2, pp. 227–250, 2006.

MELO, M. T., NICKEL, S. e GAMA, F. S. Facility Location and Supply Chain Management – A Review. *European Journal of Operation Research*, v. 196, n. 2, pp. 401-412, 2009.

MENA, C., HUMPHRIES, A. e CHOI, T. Y. Toward a theory of multi-tier supply chain management. *Journal of Supply Chain Management*, v. 49, No. 2, pp. 58-77, 2013

MIZRUCHI, S. M. e MARQUIS, C. Egocentric, sociocentric, or dyadic? Identifying the appropriate level of analysis in the study of organizational networks. *Social Networks*, Cap. 28, pp. 187-208, 2006.

MORENO, J. L. Who Shall Survive? A New Approach to the Problem of Human Interrelations. Washington, DC: Nervous and Mental Disease Publishing Company, 1934.

NOBEOKA, K., Alternative component sourcing strategies within the Manufacturer-supplier network: benefits of quasi-market strategy in the Japanese automobile industry. *Kobe Economic and Business Review*, v. 41, pp. 69–99, 1996.

NEWMAN, M. E. J. Scientific collaboration networks. II. Shortest paths, weighted networks, and centrality. *Physical Review E*., v. 64, n. 16132, pp. 1-7, 2001.

NEWMAN, M. E. J. The structure and function of complex networks. *SIAM Review*, v. 45, n. 2, pp. 167-256, 2003.

NEWMAN, M. E. J. Analysis of weighted networks. *SIAM Review*, v. 45, n. 2, pp. 167-256, 2004.

NIEMENEM, J. (1973), On the centrality in a directed graph, *Social Science Research*, v. 2,n.4, pp. 371-378.

NILSSON, N. J. Principles of artificial intelligence. Berlin: Springer-Verlag, 1982.

NISHIGUCHI, T. Strategic Industrial Sourcing: The Japanese Advantage. Oxford University Press, New York, 1984.

NOOY, W; MRVAR, A.; BATAGELJ, V., Exploratory Social Network Analysis with Pajek, *Cambridge University Press*, New York, 2005.

O´KANE, P., MCGINLEY, R. e KELLY, O. (2009). Social Networking. University of Ulster.

OLIVER, R. K. e WEBBER, M. D. Supply chain management: logistics catches up with strategy, in: M. Christopher (1992), *Logistics*: The Strategic Issues, London: Chapman Hall, pp. 63-75, 1982.

PEDROSO, M. C. e NAKANO, D. Knowledge and information flows in supply chains: A study on pharmaceutical companies. *International Journal of Production Economics*, v. 122, n. 1, pp. 376–384, 2009.

PISHVAEE, M. S. e RABBANI, M.A graph theoretic-based heuristic algorithm for responsive supply chain network design with direct and indirect shipment. *Advances in Engineering Software*, v. 42, n. 3, pp. 57-63, 2010.

POWELL, W. W. Neither market nor hierarchy: network forms of organization. *Research in Organizational Behavior,* v. 12, pp. 295-336, 1990.

RIBEIRO, R. *Análise do impacto da teoria das redes sociais em técnicas de otimização e aprendizagem multi-agente baseadas em recompensas*. Dissertação de D.Sc., PUC/PR, Curitiba, Paraná, Brasil, 2010.

ROWLEY, T., BEHRENS, D. e KRACKHARDT, D. Redundant governance structures: an analysis of structural and relational embeddedness in the steel and semiconductor industries. *Strategic Management Journal*, v. 21, n. 3, pp. 369-86, 2000.

SABIDUSSI, G. (1966), The centrality index of a graph, *Psychometika*, v.31, n.4, pp. 581-603.

SAMADDAR, S., NARGUNDKAR, S., DALEY, M. Inter-organizational information sharing: The role of supply network configuration and partner goal congruence. European Journal of Operational Research, v. 174, n. 2, pp. 744–765, 2006

SCHILLING, M. A., PHELPS, C. C. Interfirm collaboration networks: The impact of large-scale network structure on firm innovation. *Management Science*, v. 53, n.7, pp. 1113–1126, 2007.

SCHRADER, S. Informal technology transfer between firms: cooperation through information trading. *Research Policy*, v. 20, pp. 153-170, 1991.

SCOTT, J. Social Network Analysis: A Handbook. Sage Publications, 1991.

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.

SRIVASTAVA, V.K. e GILES, D.E.A. Seemingly Unrelated Regression Equations Models – Estimation and Inference. Marcel Dekker, New York, 1987.

STABER, U. Structural constraints on associative action as an organization form: the case of trade associations. *Research in Sociology of Organizations*, v. 4, S. B. Bacharach (ed.), pp. 181-219, 1985.

STUART, I., DECKERT, P., MCCUTCHEON, D.M., KUNST, R. Case study: a leveraged learning network. *Sloan Management Review*, v. 39, n. 4, pp. 81–93, 1988.

TATE, W. e ELLRAM, L. Services spent management: Outsourcing/offshoring your services spent. CAPS Focused Benchmarking Report, CAPS Research, 2006.

TERPEND, R., ASHENBAUM, B. The intersection of power, trust and supplier network size: implications for supplier performance. *Journal of Supply Chain Management*, v. 48, n. 3, pp. 52-77, 2012.

TOIVONEN, R., KUMPULA, J. M., SARAMAKI, J., ONNELA, J-P, KERTESZ, J., KASKI, K. The role of edge weights ins social networks: modeling structure and dynamics. *Proc. of SPIE,* v. 6601, pp. 66010B (1)- 66010B-(7), 2007

VEREECKE, A., DIERDONCK, R. V. e MEYER, A. D. A typology of plants in global manufacturing networks. *Management Science*, v. 52, n. 11, pp. 1737–1750, 2006.

WAGNER, S. M. e BODE, C. An empirical examination of supply chain performance along several dimensions of risk. *Journal of Business Logistics,* v. 29 n. 1, pp. 307–325, 2008.

WAGNER, S. M. e BODE, C. *Dominant risks and risk management practices in supply chains*. In: Zsidisin G.A, Ritchie B. (Eds.), Supply Chain Risk: A Handbook of Assessment, Management and Performance. Springer, New York, pp. 271–290, 2009.

WAGNER, S.M. e NESHAT, N. Assessing the vulnerability of supply chains using graph theory. International Journal Productions Economics, v.126, n.1, pp. 121-129, 2010.

WANG, C., MA, K. K., Common Visual Pattern Discovery via Directed Graph. IEEE Transactions on Image Processing, v. 23, n. 3, pp. 1408-1418, 2014.

WANG, W., TANG, C. Y. Distributed Computation of Node and Edge Betweenness on Tree Graphs.52nd IEEE Conference on Decision and Control, Florence, Italy, pp. 43-48, 2013.

WASSERMAN, S. e FAUST, K. Social Network Analysis: Methods and Applications, Cambridge University Press, New York, 1994.

WATTS D. J., STROGATZ, S. H. Collective dynamics of 'small-world' networks. *Nature*, v. 393, pp. 440-442, 1998

WEISSTEIN, E. W.: Least Squares Fitting - Power Law. MathWorld - A Wolfram WebResource.(http://mathworld.wolfram.com/LeastSquaresFittingPowerLaw.html)

WILLIAMSON, O. E. The Economic Institutions of Capitalism. Transaction Cost Economics, New York, Free Press, 1985, pp. 450

WILLIAMSON, O. E. Outsourcing: Transaction cost economics and supply chain management. *Journal of Supply Chain Management*, v. 44, n. 2, pp. 5–16, 2008.

WU, B. Y. e CHAO, K. M. A note on eccentricities, diameters and radii. Chapman & Hall / CRC press, USA, 2004.

WU, Z. e CHOI, T. Y. Supplier–supplier relationships in the buyer–supplier triad: Building theories from eight case studies. *Journal of Operations Management*, v. 24, n. 1, pp. 27–52, 2005.

YOON, J., BLUMER, A., LEE, K. An algorithm for modularity analysis of directed and weighted biological networks based on edge-betweenness centrality. *Bioinformatics*, v. 22, n. 24, pp. 3106-3108, 2006

YU, L., SUOJAPELTO, K., HALLIKAS, J., TANG, O. Chinese ICT industry from supply chain perspective--a case study of the major Chinese ICT players. *International Journal of Productions Economics*, v. 115, n. 2, pp. 374–387, 2008.

ANEXO I

Subestações

Subestações de **Furnas***:

- Subestação de Adrianópolis – Rio de Janeiro
- Subestação de Araraquara – São Paulo
- Subestação de Angra – Rio de Janeiro
- Subestação de Barro Alto – Goiás
- Subestação de Brasília Geral – Brasília
- Subestação de Bandeirantes – Goiás
- Subestação de Brasília Sul – Brasília
- Subestação de Cachoeira Paulista – São Paulo
- Subestação de Campinas – São Paulo
- Subestação de Campos – Rio de Janeiro
- Subestação de Foz do Iguaçu – Paraná
- Subestação de Grajaú – Rio de Janeiro
- Subestação de Guarulhos – São Paulo
- Subestação de Gurupi – Tocantins
- Subestação de Ibiúna – São Paulo
- Subestação de Imbariê – Rio de Janeiro
- Subestação de Iriri – Rio de Janeiro
- Subestação de Itaberá – São Paulo
- Subestação de Itutinga – Minas Gerais
- Subestação de Ivaiporã – Paraná
- Subestação de Jacarepaguá – Rio de Janeiro
- Subestação de Macaé – Rio de Janeiro
- Subestação de Mogi das Cruzes – São Paulo
- Subestação de Niquelândia - Goiás
- Subestação de Pirineus – Goiás
- Subestação de Poços de Caldas – Minas Gerais
- Subestação de Resende – Rio de Janeiro
- Subestação de Rio Verde – Goiás
- Subestação de Rocha Leão – Rio de Janeiro
- Subestação de Samambaia – Brasília
- Subestação de São Gonçalo - Rio de Janeiro
- Subestação de São José – Rio de Janeiro
- Subestação de Tijuco Preto – São Paulo
- Subestação de Viana – Espírito Santo
- Subestação de Vitória – Espírito Santo