

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
FACULDADE DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO

Isabela Gontijo Tolentino

**A UTILIZAÇÃO DA CIÊNCIA DE REDES E DA MEDIDA DE CAPACIDADE DE
DIFUSÃO PARA ANÁLISE DA REDE DE EMPRESAS DAS LICITAÇÕES DO
GOVERNO FEDERAL**

Belo Horizonte

2021

Isabela Gontijo Tolentino

**A UTILIZAÇÃO DA CIÊNCIA DE REDES E DA MEDIDA DE CAPACIDADE DE
DIFUSÃO PARA ANÁLISE DA REDE DE EMPRESAS DAS LICITAÇÕES DO
GOVERNO FEDERAL**

Dissertação apresentada ao Centro de Pós-Graduação e Pesquisas em Administração da Faculdade de Ciências Econômicas da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito para obtenção do título de Mestre em Administração.

Linha de pesquisa: Gestão de Operações e Logística

Orientador: Prof. Dr. Tiago Schieber

Belo Horizonte

2021

Ficha Catalográfica

T649u
2021

Tolentino, Isabela Gontijo.

A utilização da ciência de redes e da medida de capacidade de difusão para análise da rede de empresas das licitações do governo federal [manuscrito] / Isabela Gontijo Tolentino. – 2021.

68 f.: il. e tabs.

Orientador: Tiago Alves Schieber de Jesus.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Centro de Pós-Graduação e Pesquisas em Administração.

Inclui bibliografia (f. 64-68).

1. Licitação pública – Teses. 2. Redes de informação – Teses. 3. Administração – Teses. I. Jesus, Tiago Alves Schieber de. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Centro de Pós-Graduação e Pesquisas em Administração. III. Título.

CDD: 658

Elaborado por Leonardo Vasconcelos Renault CRB-6/2211
Biblioteca da FACE/UFMG – LVR/182/2021



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
FACULDADE DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS
CENTRO DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISAS EM ADMINISTRAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

ATA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE Mestrado em Administração da Senhora **ISABELA GONTIJO TOLENTINO**, REGISTRO Nº 721/2021. No dia 31 de março de 2021, às 09:00 horas, reuniu-se remotamente, por videoconferência, a Comissão Examinadora de Dissertação, indicada pelo Colegiado do Centro de Pós-Graduação e Pesquisas em Administração do CEPEAD, em 16 de março de 2021, para julgar o trabalho final intitulado "**A utilização da Ciência de Redes e da Medida de Capacidade de Difusão para análise da rede de empresas das licitações do governo federal**", requisito para a obtenção do **Grau de Mestre em Administração**, linha de pesquisa: **Gestão de Operações e Logística**. Abrindo a sessão, o Senhor Presidente da Comissão, Prof. Dr. Tiago Alves Schieber de Jesus, após dar conhecimento aos presentes o teor das Normas Regulamentares do Trabalho Final, passou a palavra à candidata para apresentação de seu trabalho. Seguiu-se a arguição pelos examinadores com a respectiva defesa da candidata. Logo após, a Comissão se reuniu sem a presença da candidata e do público, para julgamento e expedição do seguinte resultado final:

APROVAÇÃO

REPROVAÇÃO

O resultado final foi comunicado publicamente à candidata pelo Senhor Presidente da Comissão. Nada mais havendo a tratar, o Senhor Presidente encerrou a reunião e lavrou a presente ATA, que será assinada por todos os membros participantes da Comissão Examinadora. Belo Horizonte, 31 de março de 2021.

Prof. Dr. Tiago Alves Schieber de Jesus

ORIENTADOR - CEPEAD/UFMG

Prof. Dr. Jonathan Simões Freitas

CEPEAD/UFMG

Prof. Dr. Renato Moreira Hadad

ICH/PUC Minas



Documento assinado eletronicamente por **Tiago Alves Schieber de Jesus, Professor do Magistério Superior**, em 01/04/2021, às 16:30, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.

Documento assinado eletronicamente por **Renato Moreira Hadad, Usuário Externo**, em 01/04/2021,



às 17:14, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Jonathan Simoes Freitas, Professor do Magistério Superior**, em 01/04/2021, às 18:37, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0629597** e o código CRC **5B87C20E**.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a meu professor orientador, Tiago Schieber, pela parceria e por sempre sonhar alto, trazendo temas e abordagens desafiadoras e muito relevantes para a pesquisa no Brasil.

Agradeço à minha família pelo incentivo e apoio na caminhada. Ao meu pai Juarez, também mestre pela UFMG e que sempre valoriza muito a educação; à minha mãe Eliana, que embarca cada dia mais em novos estudos na profissão; à minha madrinha Élide, professora apaixonada, assim como eu serei um dia; e à minha madrinha Onézia, querida e competente servidora da educação estadual. Não existe nada mais nobre nesse mundo do que a arte de ensinar.

RESUMO

O objetivo desta pesquisa é analisar a interação de empresas licitantes por meio de medidas da ciência de redes e capacidade de difusão de informação, com foco na identificação de comportamentos suspeitos de formação de cartel. O comportamento fraudulento de algumas empresas em processos de licitação pode ser identificado por meio de denúncias ou por meio da atuação proativa das instituições de controle, com base na análise de dados. Em função do grande volume de informações geradas, limitação de recurso e de tempo para a devida fiscalização de todas as empresas que fornecem bens e serviços para a administração pública, é importante avançar em maneiras de analisar os dados referentes aos processos licitatórios para direcionar os esforços de investigação. Para tanto, uma pesquisa quantitativa foi feita com base nos dados secundários do Portal da Transparência para mapeamento e análise das redes de empresas fornecedoras de seis itens de EPI (equipamento de proteção individual) que foram licitados e comprados pelo governo federal em 2019. Os resultados indicam que a aplicação de medidas de redes, especialmente a capacidade de difusão, trouxe contribuições para o estudo de comportamentos fraudulentos em licitações públicas e direcionamento da fiscalização para as empresas mais influentes da rede.

Palavras-chave: Ciência de Redes. Capacidade de Difusão. Licitações públicas. Cartel.

ABSTRACT

The objective of this research is to analyze the interaction of bidding companies by means of network science measures, especially their capacity to disseminate information, focusing on the identification of suspicious cartel-forming practices among these companies. The fraudulent practice of some companies in bidding processes can be identified by direct complaints or by the proactive measures based on data analysis that can be done by state institutions assigned to control bidding processes. Due to the large volume of information generated in these processes, limited resources and time for proper inspection of all companies that provide goods and services to the public sector, it is important to find ways to analyze data more efficiently. Thus, a quantitative survey was conducted based on secondary data retrieved from the federal government website called “Transparency Portal” so we could map and analyze the networks of bidding companies that actually participated in auctions of six items of hospital safety equipment in 2019. The results indicate that the application of these network measures, especially the capacity for disseminating information, has the potential to contribute to the study of fraudulent practices within public tenders.

Keywords: Network Science. Information diffusion capacity. Public auctions. Cartel.

LISTA DE ESQUEMAS

Esquema 1 – Representação esquemática de uma rede.....	16
Esquema 2 – Representação de uma rede com quatro vértices.....	21
Esquema 3 – Redes com vértice 1.....	21
Esquema 4 – Representação esquemática de uma rede.....	22
Esquema 5 – Representação de caminhos entre dois nós	23
Esquema 6 – Distância entre nós na rede ponderada	23
Esquema 7 – Rede com eficiência máxima.....	24
Esquema 8 – Representação de uma rede com quatro vértices.....	24
Esquema 9 – Representação de uma rede ponderada com quatro vértices.....	25

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Evolução da análise de Euler no caso das pontes Königsberg.....	17
Figura 2 – Modelo de Erdős-Rényi para uma rede de tamanho 1.000 para diferentes probabilidades de conexão (p).....	18
Figura 3 – Geração de uma semente do modelo de Barabasi-Albert com $m=2$	19
Figura 4 – Gráficos comparativos de número de participações de cada empresa e ganho total em licitações.....	38
Figura 5 – Redes de empresas participantes das licitações de EPIs em 2019.....	40
Figura 6 – Gráficos comparativos das empresas licitantes de Avental Hospitalar a partir do número de participações, do ganho e das medidas de Grau, <i>Betweenness</i> , <i>Clustering</i> e Capacidade de Difusão.....	42
Figura 7 – Gráficos comparativos das empresas licitantes de Gorro Hospitalar.....	46
Figura 8 – Gráficos comparativos das empresas licitantes de luva cirúrgica.....	50
Figura 9 – Gráficos comparativos das empresas licitantes de máscara cirúrgica.....	53
Figura 10 – Gráficos comparativos das empresas licitantes de protetor facial.....	56
Figura 11 – Gráficos comparativos das empresas licitantes de sapatilha hospitalar.....	58

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Modalidades comuns de licitação.....	28
Quadro 2 – Descrição dos dados extraídos do Portal da Transparência.....	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Número de licitações, valor total gasto pelo governo federal e número de empresas participantes para cada item de EPI licitado pelo governo federal no ano de 2019.....	36
Tabela 2 – Variação de preço para cada item	37
Tabela 3 – Interseção empresas nas licitações de outros itens.....	39
Tabela 4 – Avental hospitalar: comparativo das 10 empresas com maior número de participações em licitações.....	43
Tabela 5 – Avental hospitalar: comparativo das 10 empresas com maior capacidade de difusão.....	44
Tabela 6 – Avental hospitalar: comparativo das 10 empresas com maior preço unitário.....	45
Tabela 7 – Gorro hospitalar: comparativo das 10 empresas com maior número de participações em licitações	47
Tabela 8 – Gorro hospitalar: comparativo das 10 empresas com maior capacidade de difusão.....	48
Tabela 9 – Gorro hospitalar: comparativo das 10 empresas com maior preço unitário.....	48
Tabela 10 – Luva cirúrgica: comparativo das 10 empresas com maior número de participações em licitações.....	51
Tabela 11 – Luva cirúrgica: comparativo das 10 empresas com maior capacidade de difusão.....	51
Tabela 12 – Luva cirúrgica: comparativo das 10 empresas com maior preço unitário.....	52
Tabela 13 – Máscara cirúrgica: comparativo das 10 empresas com maior número de participações em licitações.....	54
Tabela 14 – Máscara Cirúrgica: Análise das 10 empresas com maior capacidade de difusão.....	54
Tabela 15 – Máscara cirúrgica: comparativo das 10 empresas com maior preço unitário.....	55
Tabela 16 – Protetor facial: comparativo das 10 empresas com maior número de participações em licitações.....	57
Tabela 17 – Protetor facial: comparativo das 10 empresas com maior capacidade de difusão.....	57
Tabela 18 – Protetor facial: comparativo das 10 empresas com maior preço unitário.....	58
Tabela 19 – Sapatilha hospitalar: comparativo das 10 empresas com maior número de participações em licitações.....	60
Tabela 20 – Sapatilha hospitalar: comparativo das 10 empresas com maior capacidade de difusão.....	60
Tabela 21 – Sapatilha hospitalar: comparativo das 10 empresas com maior preço unitário.....	61

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1. Justificativa	14
1.2. Objetivos	15
2. CIÊNCIA DE REDES	16
2.1. Caracterização topológica do sistema	20
2.2 Capacidade de Difusão	24
3. O PROCESSO LICITATÓRIO NO BRASIL	27
3.1. Fraudes nas compras públicas: a atuação em cartel	31
4. METODOLOGIA	34
4.1 Delimitação da pesquisa	34
4.2 Coleta de dados	34
4.3 Análise de dados	35
5. RESULTADOS	36
5.1. Análise descritiva	36
5.2. Análise das redes de licitações de EPI	39
5.2.1. Avental Hospitalar	42
5.2.2 Gorro Hospitalar	45
5.2.3 Luva cirúrgica	49
5.2.4 Máscara cirúrgica	52
5.2.5 Protetor facial	55
5.2.6 Sapatilha hospitalar	58
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	62
REFERÊNCIAS	64

1. INTRODUÇÃO

Nossa vida está cheia de sistemas que possuem características únicas e níveis de complexidade variáveis. O nosso cérebro, por exemplo, está continuamente transmitindo informação de uma região para outra (HAGMANN *et al.*, 2007) e agentes infecciosos atacam o nosso corpo se espalhando o mais rápido possível (CHEN *et al.*, 2017). Em outra escala, somos parte de um sistema em que as pessoas movem-se continuamente de um ponto a outro (TAO, 2016; MORITA, 2016; SCARPINO; PEDTRI, 2019; KRAEMER *et al.*, 2019), e nossas perspectivas sofrem alterações do meio em que vivemos, seja no intuito de sincronizar atitudes, pensamentos, seja agindo como formadores de opinião (KEMPE *et al.*, 2003; LAPPAS *et al.*, 2010; QI *et al.*, 2018).

Analogamente, a interação de empresas que participam de licitações públicas também pode ser analisada na perspectiva de um sistema complexo representado por redes. A maneira como as empresas interagem, participando dos mesmos processos licitatórios, trocando informações e traçando estratégias, pode criar condições favoráveis para a formação de grupos com atuação de cartel (ação coletiva de acordo entre empresas concorrentes para fixar preços, dividir mercados, estabelecer cotas ou restringir produção) (BRASIL, 2019).

Entender o funcionamento desses sistemas vai muito além da observação dos comportamentos dos atores de maneira individual. Em função do importante papel que os sistemas complexos desempenham na nossa vida cotidiana, na ciência e na economia, a sua compreensão, descrição matemática, previsão e eventual controle é um dos maiores desafios intelectuais e científicos do século 21 (BARABASI, 2016).

O surgimento da ciência de redes no início do século 18 deu início ao entendimento do funcionamento de cada sistema complexo, pois, por trás de cada um, existe uma rede intrincada que codifica as interações entre seus componentes. O interesse explosivo em redes está bem documentado pelo padrão de citação de dois artigos clássicos, o artigo de 1959 de Paul Erdős e Alfréd Rényi, que marca o início do estudo de redes aleatórias em teoria dos grafos, e o artigo de 1973, de Mark Granovetter, o mais citado artigo sobre redes sociais. É interessante observar que ambos os trabalhos tiveram pouco impacto no seu campo original, mas um impacto enorme em outros campos, atraindo um novo público multidisciplinar para essas obras clássicas.

Nesse sentido, a interação das empresas licitantes e o comportamento suspeito de atuação em cartel serão estudados sob a ótica da ciência de redes, em especial, na aplicação da capacidade de difusão. Desenvolvida por Schieber *et al.* (2021), a capacidade de difusão é uma

medida que busca identificar a importância e influência que cada ator exerce na rede, a partir da quantificação da capacidade de propagação de informação que ele tem.

Com base nisso, estabelecemos o seguinte problema de pesquisa: a utilização da ciência de redes que trata da capacidade de difusão de informações pode ser empregada para o estudo de comportamentos fraudulentos em licitações públicas?

1.1. Justificativa

O Brasil é um país de dimensões continentais que possui uma das maiores cargas tributárias do mundo, chegando a 33,17% do PIB em 2019.¹ É razoável que os cidadãos tenham alta expectativa pela prestação de serviços com a devida competência. O cenário é de crescente pressão social em relação à prestação de serviços e ao gerenciamento responsável dos recursos arrecadados na cobrança de impostos. Considerando a crise econômica que atinge o país e que reflete na atuação da administração pública, a cobrança pelo bom gerenciamento dos recursos públicos aumenta ainda mais.

A maneira como os recursos são direcionados na contratação de empresas fornecedoras de bens e serviços está diretamente relacionada à boa gestão financeira. Nesse contexto, o potencial de desperdício de recursos públicos em função da atuação colusiva de grupos de empresas é muito alto. Segundo relatório da *Organisation for Economic Co-operation and Development* (OCDE), publicado em 2002, os cartéis geram sobrepreço de 10% a 20% em comparação com preços de mercado.

Nos dias atuais, a identificação da formação de cartéis em licitações ocorre a partir de denúncias, que podem dar início ao trabalho das instituições de investigação e controle, ou, de modo mais ativo, quando as instituições identificam situações suspeitas a partir das análises de dados.

Neste segundo cenário, o grande volume de informações geradas pode dificultar ou gerar morosidade na identificação proativa de casos suspeitos. Em função da limitação de recursos e de tempo para fiscalizar todo o lote de empresas que participam de licitações, é de grande importância promover novas maneiras de analisar os dados desses processos para ajudar a direcionar os esforços de investigação e de controle da lisura na administração pública.

¹ Dados coletados do *site* “Tesouro Nacional Transparente”. Disponível em: <https://www.tesouro.fazenda.gov.br/-/estatisticas-de-financas-publicas>. Acesso em: 1 fev. 2020.

1.2. Objetivos

Delimitamos como objetivo geral do trabalho analisar a interação de empresas licitantes a partir da ciência de redes que trata da capacidade de difusão de informação, com foco na identificação de comportamentos suspeitos de formação de cartel.

Para atingir o objetivo geral da pesquisa foram estipulados os seguintes objetivos específicos:

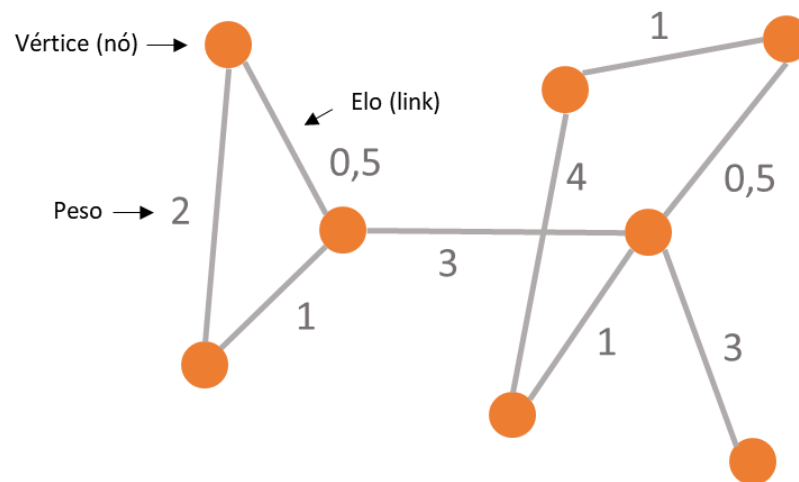
- apresentar a ciência de redes;
- descrever o processo licitatório brasileiro e a atuação de cartéis;
- criar as redes de empresas licitantes;
- aplicar medidas clássicas de redes às redes de empresas licitantes;
- aplicar a capacidade de difusão de informação nas redes de empresas licitantes; e
- analisar avanços e desafios da aplicação da ciência de redes e capacidade de difusão na identificação de comportamentos suspeitos de cartel.

Desse modo, este trabalho foi dividido em cinco seções; esta introdução é a primeira delas. A segunda seção traz uma revisão teórica sobre a ciência de redes, medidas clássicas e a descrição pormenorizada da capacidade de difusão de informações. Na sequência, a terceira seção apresenta o processo licitatório brasileiro, as legislações básicas e o delineamento da atuação em cartel. A quarta seção trata da metodologia utilizada na realização da pesquisa, evidenciando o tipo de pesquisa empregado e a fonte dos dados. A quinta seção apresenta a análise dos resultados obtidos a partir da criação da rede de empresas licitantes e da aplicação das medidas clássicas e da capacidade de difusão. Por fim, a sexta seção apresenta as considerações finais do estudo, trazendo um balanço das descobertas e desafios relacionados à aplicação da ciência de redes e capacidade de difusão na rede de empresas licitantes com foco na identificação de comportamento suspeito de cartel.

2. CIÊNCIA DE REDES

Redes podem ser entendidas como um conjunto de elementos (nós) que interagem entre si, e, portanto, estão conectados por *links* (elos), conforme ilustra o Esquema 1. Em termos matemáticos, uma rede é uma tripla $G = (V, E, W)$, em que V é o conjunto de vértices; E , o conjunto de elos; e W , o peso associado a cada elo. Um peso maior representa maior interação entre os elementos.

Esquema 1 – Representação esquemática de uma rede



Fonte: Adaptado de Barbieri, 2010

Os *links* podem ser simples ou ponderados – caso seja relevante diferenciar a intensidade da conexão entre os vértices, haverá um peso para cada elo. Nesse contexto, as redes podem ser: dirigidas, quando há um sentido na interação e o *link* é representado por seta; ou não dirigidas, como mostra o Esquema 1 (BARBIERI, 2010).

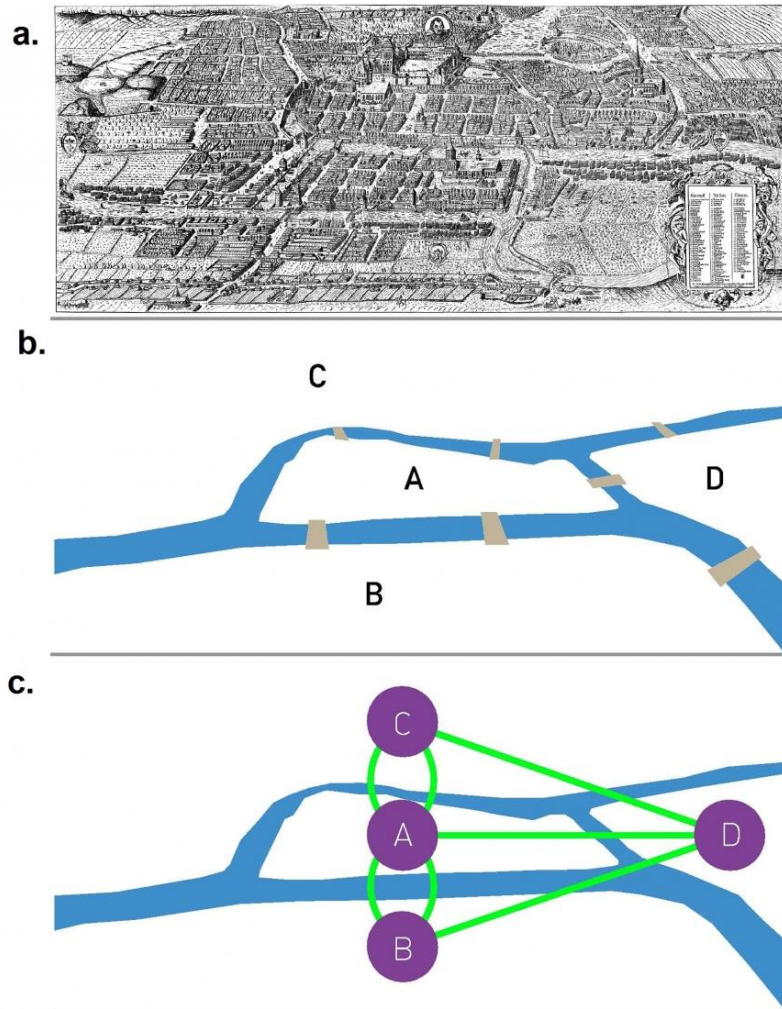
Sistemas relativos a fenômenos complexos que agregam um grande conjunto de informações podem ser representados por meio de uma rede complexa. Esse conjunto de elementos que interagem entre si tem características que resultam da interação global dos componentes, e não da análise individual destes (SÁ, 2016). “Por trás de cada sistema complexo, há uma intrincada rede que codifica as interações entre os componentes do sistema” (BARABASI, 2016, n.p)

Uma das primeiras análises relacionadas à ciência de redes ocorreu na cidade de Königsberg (na antiga Prússia, hoje, parte da Rússia), em 1735, quando Euler respondeu matematicamente a uma antiga discussão dos moradores: “é possível percorrer sete pontes de uma região da cidade sem passar duas vezes pela mesma ponte?”

Ao estudar a situação na perspectiva de que cada região seria um vértice e cada ponte seria um *link*, Euler comprovou que o caminho contínuo desejado não existia. Para que fosse

possível, o grafo deveria ter apenas dois vértices com um número ímpar de *links*, o que, nesse caso, não era assim. Observe a evolução da análise de Euler no caso das pontes Königsberg com a Figura 1.

Figura 1 – Evolução da análise de Euler no caso das pontes Königsberg



Legenda: a) Mapa da região de Königsberg; b) Ilustração esquemática das quatro regiões e sete pontes; c) Grafo de quatro nós e sete *links*, construído por Euler para analisar o problema.

Fonte: BARABASI, 2016.

Esse foi considerado o primeiro problema a ser resolvido com grafos, trazendo o aprendizado de que problemas reais se tornam simples e mais fáceis de analisar a partir da utilização desse recurso gráfico (BARABASI, 2016).

Em 1967, Milgram realizou um experimento que considerava os indivíduos da sociedade dos Estados Unidos como pontos que estão ligados entre si por se conhecerem. Assim, colocando-se dois indivíduos, escolhidos de modo aleatório, quantos passos (pessoas intermediárias) seriam necessários para que eles se conectassem? O experimento consistiu no envio de mensagens entre duas pessoas aleatórias, uma iniciando com o envio até chegar ao

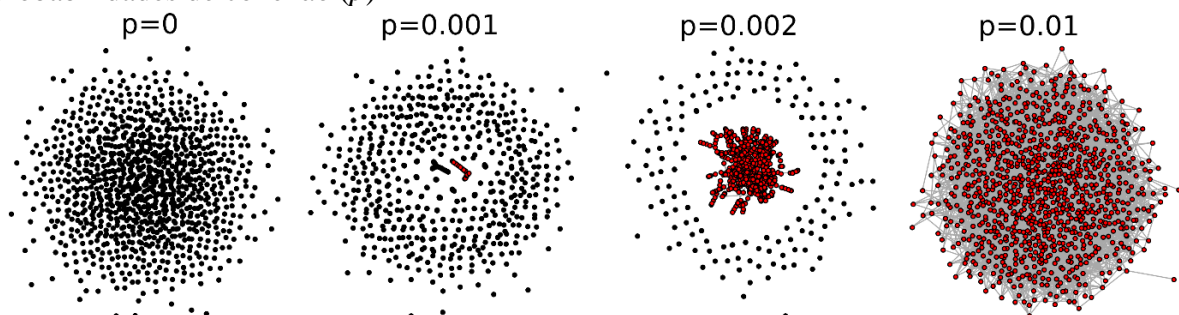
indivíduo alvo, passando por quantos intermediários fossem necessários. O resultado do experimento foi a constatação de que, em média, são necessários cinco intermediários, ou seis passos, para se chegar a qualquer outra pessoa, popularizando o uso da expressão “seis graus de separação”, ou seja, há seis de graus de separação entre os indivíduos. Nesse contexto, conclui-se que vivemos em um mundo pequeno (*small world*), em que poucas pessoas são necessárias para nos conectar com qualquer outra pessoa.

Atualmente, com a expansão do uso de redes sociais, alguns estudos mostram que são necessários apenas 3,5 passos para se chegar a qualquer pessoa no mundo. Estamos cada vez mais conectados e a teoria de redes nos ajuda a mapear e a compreender interações como essas (BHAGAT *et al.*, 2016).

A grande expansão da ciência de redes está relacionada aos trabalhos de Erdős e Rényi, em 1959, e Granovetter, em 1973. O primeiro trabalho buscava entender como se organizam as redes grandes e complexas, apresentando o modelo de grafos aleatórios, que consiste em conectar pares de vértices com uma probabilidade uniforme: $p \in [0,1]$. O estudo concluiu que, à medida que aumentamos a probabilidade de que dois pontos estejam conectados, grupos vão sendo formados de maneira isolada até alcançar um ponto de transição em que esses grupos também se conectam. As redes não surgem gradualmente, surgem de repente, a partir desse ponto de transição. Além disso, a distribuição do número de conexões que cada ponto atinge seria uniforme nas redes aleatórias (ERDÖS; RENYI, 1959).

A Figura 2 mostra a geração de uma semente do modelo de Erdős-Rényi para uma rede de tamanho 1.000, para diferentes sementes. É interessante observar que, para pequenos valores da probabilidade de conexão (p), o tamanho da maior componente conexa (em vermelho) aumenta expressivamente com o aumento de p .

Figura 2 – Modelo de Erdős-Rényi para uma rede de tamanho 1.000 para diferentes probabilidades de conexão (p)



Fonte: Elaboração própria.

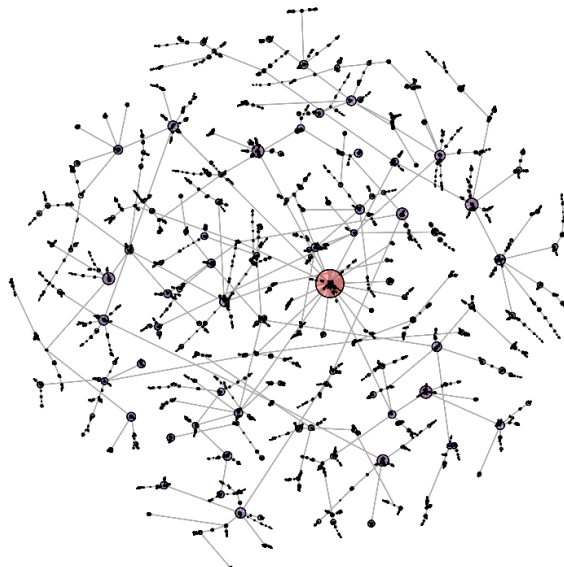
Granovetter (1973) estudou a influência dos laços fracos nas redes e seu papel na difusão de informação. A remoção de um laço fraco da rede pode gerar mais prejuízo na transmissão

de informação do que a remoção de um laço forte. Laços fracos exercem papel de ponte entre grupos diferentes, conectando atores e facilitando o fluxo de informação.

Trazendo uma perspectiva matemática para o fenômeno do *small world*, identificado no estudo de Milgram (1967), Watts e Strogatz publicaram, em 1998, o trabalho “Collective dynamics of small world networks”. Ao estudar as redes de atores (conectados por atuarem em um mesmo filme), subestações de energia (ligadas pela transmissão de energia), e neurônios (conectados por sinapses), foram encontrados padrões de *small world*, que se encontram entre as características de redes regulares e as redes aleatórias. O modelo consiste em apresentar que, a partir de um grafo regular, eles serem religados aleatoriamente com probabilidade $p \in [0,1]$.

Barabasi e Albert, em 1999, avançaram na discussão de modelos de redes ao identificar que sistemas complexos como redes genéticas ou as páginas de internet apresentam características topológicas que não poderiam ser explicadas com os modelos aleatórios ou de *small world*. O estudo concluiu que, em algumas redes, a conectividade dos vértices segue uma distribuição livre de escala, contendo pontos poucos conectados e pontos com o alto grau de conexão. Isso ocorre como consequência de que as redes se expandem a partir do surgimento de novos vértices, e estes tendem a se conectar com aqueles que já são bem conectados. Mais especificamente, a cada passo um novo vértice surge no sistema e se conecta a outros elementos com probabilidade proporcional ao número de vizinhos que o vértice possui. Assim, quanto maior o número de vizinhos, maior sua chance de ganhar uma nova conexão (ligação preferencial). Ao simular na Figura 3 o vértice com maior número de vizinhos (mais popular), vemos que quanto maior sua popularidade maior a probabilidade de ter novas conexões.

Figura 3 – Geração de uma semente do modelo de Barabasi-Albert com $m=2$



Fonte: Elaboração própria.

Diversos assuntos podem ser estudados a partir da análise das interações dos elementos em uma lógica de rede: rede de transportes, em que as rotas são *links* que conectam rodoviárias, aeroportos ou estações de trem; redes sociais, relacionadas às conexões entre os indivíduos; redes epidemiológicas, que tratam da difusão de doenças entre as pessoas; e até redes de organizações terroristas (BARABASI, 2016).

O estudo de redes complexas tem ganhado destaque à medida em que a compreensão da formação e comportamento de redes reais possibilita a realização de previsões e o direcionamento na tomada de decisões. Por exemplo, a difusão mundial do vírus H1N1, em 2009, foi estudada e prevista a partir do mapeamento da rede (BARABASI, 2016). Nesse sentido, muito tem se evoluído nas medidas utilizadas para a compreensão de sistemas complexos.

2.1. Caracterização topológica do sistema

A maneira que os vértices interagem e se conectam fornece importantes informações sobre o sistema. Em particular, informações sobre sua conectividade representam uma valiosa ferramenta sobre como diferentes dinâmicas ocorrem no sistema. Por exemplo, a velocidade que uma informação percorre em uma comunidade coesa é muito maior que em uma comunidade mais esparsa.

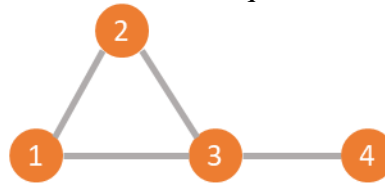
A primeira e mais simples medida de conectividade de uma rede é o número de vizinhos (vértices adjacentes) que um nó tem, ou seja, o número de elos emanando de um vértice. Essa medida é denominada grau. No contexto de licitações públicas, o grau de uma empresa é o número de empresas concorrentes em pelo menos uma licitação. Empresas de grau zero são aquelas que participaram sozinhas em todos os processos licitatórios e empresas de alto grau tiveram muitos concorrentes (BARABASI, 2016).

Dada uma rede $G = (V, E, W)$, para todo $x \in V$, o grau de x é definido como:

$$k_x = |\{(x, v) \in E, \forall v \in V\}|$$

O Esquema 2 apresenta quatro vértices com graus diferentes. Os vértices 1 e 2 têm dois vizinhos (grau 2), enquanto o vértice 3 tem grau 3, e o vértice 4 conta apenas com um primeiro vizinho.

Esquema 2 – Representação de uma rede com quatro vértices



Fonte: Elaboração própria.

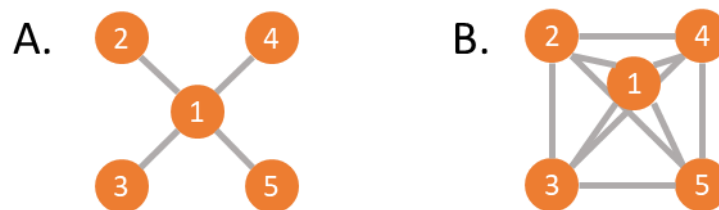
O grau fornece informações importantes sobre os primeiros vizinhos, mas nenhuma informação sobre como eles interagem entre si. Por exemplo, uma empresa pode ter k concorrentes, mas nenhum dos vizinhos concorreu entre si. Pode haver casos em que todos os vizinhos concorreram entre si, ou situações em que parte dos vizinhos participaram de licitações entre si. Essa informação é capturada pelo coeficiente de *clustering*.

Dada uma rede $G = (V, E, W)$, para todo $x \in V$, o *clustering* de x (C_x) é definido como zero se $k_x \leq 1$ e, se E_x é o número de elos existentes entre os primeiros vizinhos de x :

$$C_x = \frac{2E_x}{k_x(k_x - 1)}$$

É importante observar que esse valor mede o quão coesa é uma vizinhança. Um vértice com coeficiente de *clustering* igual a zero pode ter três significados: o vértice é isolado, ou possui apenas um vizinho, ou todos seus vizinhos não se conectam diretamente. Por outro lado, um vértice com coeficiente de *clustering* igual a 1 significa que todos seus vizinhos se conectam. O Esquema 3 mostra duas redes com o vértice 1, a primeira (A), que apresenta o *clustering* igual a zero; e a segunda (B), com o *clustering* igual a 1.

Esquema 3 – Redes com vértice 1



Legenda: A) coeficiente de *clustering* igual a zero.

B) coeficiente de *clustering* igual a 1.

Fonte: Elaboração própria.

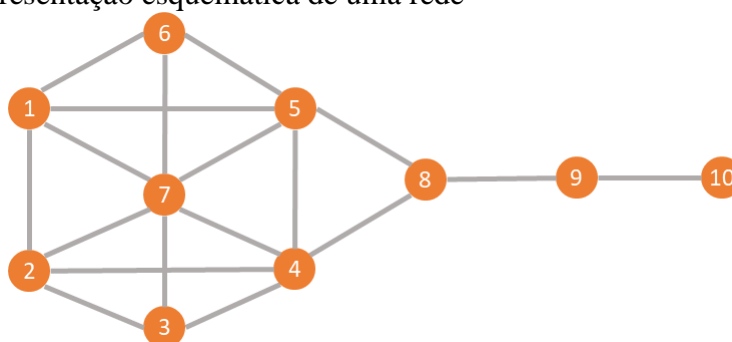
No contexto de licitações públicas, empresas de alto *clustering* são aquelas que ela e suas vizinhas sempre participam em conjunto das licitações públicas.

Outra medida bastante interessante e com grande aplicabilidade é a *betweenness*. Ela está relacionada à quantidade de vezes que um nó consta no caminho mais curto entre outros dois nós. É uma medida relacionada à frequência em que um nó é uma ponte entre dois outros nós (BARABASI, 2016). A empresa da rede com maior *betweenness* será a mais presente nos

caminhos mínimos entre pares de outras empresas. Isso significa dizer que essa empresa será ponte para a maioria das informações que percorrem a rede de um nó a outro.

Para ilustrar, vamos imaginar que a rede do Esquema 4 representa a interação entre empresas que comercializam o mesmo item nas licitações. A empresa 7 é a de maior grau, tem o maior número de primeiros vizinhos; enquanto a empresa 8 é a de maior *betweenness*, está presente na maior parte dos caminhos mínimos entre os demais nós.

Esquema 4 – Representação esquemática de uma rede



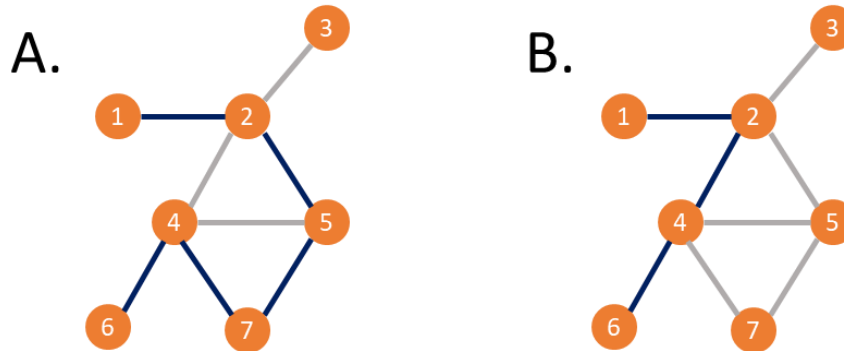
Fonte: Elaboração própria.

Apesar do grau, *clustering* e *betweenness* representarem características importantes dos sistemas complexos representados por redes, isso não fornece informações quando os elos são heterogêneos. De fato, o grau só mede o número de vizinhos, esquecendo o grau de interação existentes entre eles. Dessa maneira, em uma rede social, por exemplo, o grau mediria o número de amigos que uma pessoa tem, sem considerar o nível de amizade existente entre cada par de amigos. A mesma análise se aplica ao *clustering* e à *betweenness*.

Outra informação importante sobre as redes são os caminhos e distâncias entre os nós. O caminho é uma rota que percorre os *links* da rede. O comprimento de um caminho representa o número de *links* que o caminho contém. O caminho mínimo, ou distância geodésica, é a menor distância entre dois nós. Em redes ponderadas, a menor soma dos pesos dos *links* será o caminho mínimo (BARABASI, 2016).

No Esquema 5 vemos na rede sem peso um caminho entre os nós 1 e 6, com distância 5 (A) e o caminho mínimo entre os vértices 1 e 6, com distância 3 (B).

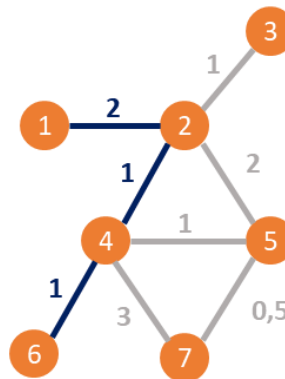
Esquema 5 – Representação de caminhos entre dois nós



Legenda: A) caminho com distância 5
 B) caminho mínimo com distância 3
 Fonte: Elaboração própria.

No Esquema 6, temos uma rede semelhante às anteriores, porém com peso nos *links*. Nesse caso, a distância sinalizada entre os nós 1 e 6 será de 4, a soma dos pesos.

Esquema 6 – Distância entre nós na rede ponderada



Fonte: Elaboração própria.

No contexto de licitações públicas, é importante considerar o número de participações em conjunto que duas empresas realizam. Assim, as medidas clássicas, previamente discutidas, tem um pequeno papel na representação da complexidade do sistema. Quanto maior o número de licitações nas quais duas empresas participam em conjunto, maior grau de informação que elas têm das estratégias adotadas pelas concorrentes, seja para disputar uma licitação, seja para fazer algum tipo de conluio. Dessa maneira, o potencial de transferência de informação de um vértice (empresa) depende de como este se liga a toda a estrutura da rede.

Nesse sentido, percebemos que a análise de caminhos mínimos ponderados não considera informações de *links* que não fazem parte desse caminho. Os demais *links* (de caminhos mais longos) também influenciam na capacidade difusiva da rede como um todo e na capacidade difusiva de cada nó. Em função disso, utilizamos a capacidade de difusão como

medida mais adequada para identificar os vértices (empresas) mais influentes na rede por considerar mais informações do que as medidas e análises clássicas da ciência de redes.

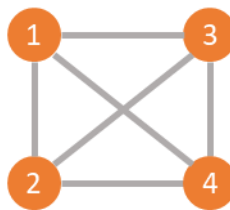
2.2 Capacidade de Difusão

A Capacidade de Difusão (Λ_v) é uma medida que quantifica a capacidade de propagação de informação por um elemento da rede, por meio do conceito de caminhos dinâmicos (SCHIEBER *et al.*, 2021).

Uma rede difusiva com eficiência máxima seria a representada pelo Esquema 7, em que todos os vértices estão a apenas um passo de qualquer outro vértice da rede. A distribuição de probabilidade dessa rede, considerada ideal, é dada por $P = (1,0,0,0)$.

A capacidade difusiva de cada vértice será o quão longe ele está da referência máxima, considerada ideal. Portanto, quanto maior a distância, menos eficiente é o vértice.

Esquema 7 – Rede com eficiência máxima

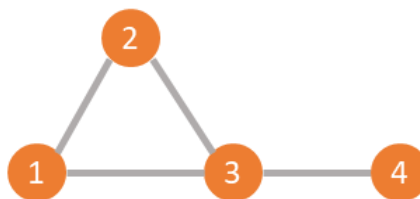


Fonte: Elaboração própria

O conceito de caminhos mínimos dinâmicos tem como ponto de partida a *node distance distribution* (SCHIEBER *et al.*, 2017; CARPI *et al.*, 2019), e avança para o conceito da *dynamical node distance distribution* (SCHIEBER *et al.*, 2021) para agregar informações da distância geodésica e da distância ponderada no cálculo da difusão.

O Esquema 8 representa a *node distance distribution*, que é uma medida que considera a distribuição de distância de cada nó, identificando a fração de vértices que estão a distância 1, distância 2, distância 3, distância N (quantos são primeiros vizinhos, segundos vizinhos, terceiros vizinhos, etc.) (SCHIEBER *et al.*, 2017; CARPI *et al.*, 2019).

Esquema 8 – Representação de uma rede com quatro vértices



Fonte: Elaboração própria.

O vértice 1 tem dois nós à distância 1, dois primeiros vizinhos. O mesmo vértice 1 tem ainda um nó à distância 2, ou seja, são necessários dois passos para alcançar o nó 4. ($P_1=2/3, 1/3, 0$).

Já a *dynamical node distance distribution* identifica os caminhos dinâmicos, considerando tanto o caminho mínimo / distância geodésica quanto a distância ponderada. O caminho mais curto geodésico nem sempre é o caminho mais curto ponderado.

Os *links* de caminho e interação entre empresas que não estão no caminho mínimo também influenciam na difusão da rede como um todo. Então, a medida considera o caminho mínimo entre as empresas, mas considera também a dinâmica da rede como um todo para identificar as empresas mais influentes, com maior potencial de difusão de informação.

Dada uma rede monocamada $G = (V, E, W)$, a capacidade de difusão do nó é definida por:

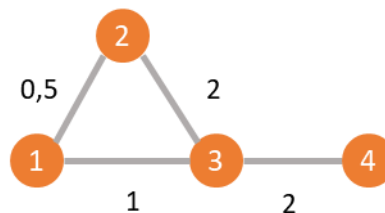
$$\Lambda_x(G) = [CDD(\mathbb{P}_x, \mathbb{P}_{ref})]^{-1}$$

CDD é a Divergência de Jensen-Shannon Acumulada entre \mathbb{P}_x e a referência \mathbb{P}_{ref} , ou seja, a distância que \mathbb{P}_x do nó analisado se encontra da \mathbb{P}_{ref} . A Capacidade de Difusão de uma camada é definida como a média da Capacidade de difusão do nós (SCHIEBER *et al.*, 2021):

$$\Lambda(G) = \frac{1}{|V|} \sum_{x \in V} \Lambda_x(G).$$

Para o cálculo da capacidade de difusão, consideramos a distância entre dois nós como a soma do inverso dos pesos, porque quanto maior o peso, maior a intensidade da relação entre os nós e maior a velocidade de propagação de informação. Trazendo para a realidade de licitações públicas, quanto maior o peso do *link* entre duas empresas, mais intensa a interação que elas têm, e, conseqüentemente, maior a facilidade de difundir informações.

Esquema 9 – Representação de uma rede ponderada com quatro vértices



Fonte: Adaptado de Schieber *et al.* (2021).

O caminho entre o vértice 1 e o vértice 2 com menor número de links é o caminho direto $1 \rightarrow 2$, com peso igual a 0,5 e distância igual a 2 (o inverso do peso). Por outro lado, o caminho

$1 \rightarrow 3 \rightarrow 2$ passa por dois *links*, com peso 1 e 2, e distância 1 e $\frac{1}{2}$, totalizando $\frac{3}{2}$ como distância total do caminho. O menor caminho em termos de peso é o caminho $1 \rightarrow 3 \rightarrow 2$. No contexto das licitações públicas, isso significa dizer que uma informação pode chegar mais rápido da empresa 1 para 2 utilizando a empresa 3 como intermediária em função da intensidade da relação que elas tem. (SCHIEBER, *et al*, 2021)

3. O PROCESSO LICITATÓRIO NO BRASIL

A obrigatoriedade de realização de processo licitatório para contratação de bens e serviços pela administração pública é uma exigência constitucional instituída pela Constituição de 1988:

Art. 37 -
[...]

XXI - ressalvados os casos especificados na legislação, as obras, serviços, compras e alienações serão contratados mediante processo de licitação pública que assegure igualdade de condições a todos os concorrentes, com cláusulas que estabeleçam obrigações de pagamento, mantidas as condições efetivas da proposta, nos termos da lei, o qual somente permitirá as exigências de qualificação técnica e econômica indispensáveis à garantia do cumprimento das obrigações (BRASIL, 1988).

Tal exigência foi regulamentada pela Lei Federal 8.666/93, que estabelece as normas gerais sobre licitações e contratos administrativos.

De acordo com Justen Filho (2012, p. 11) a licitação é um “procedimento administrativo destinado a selecionar, segundo critérios objetivos predeterminados, a proposta de contratação mais vantajosa para a Administração”. O autor pontua ainda a importância da ampla participação dos interessados e a necessidade de tratamento isonômico.

A legislação brasileira determina, pois, a obrigatoriedade de licitar, e a exceção da regra ocorre nos casos de dispensa e inexigibilidade. A licitação é dispensável nos casos específicos previstos no art. 24, e inexigível quando houver inviabilidade de competição. A dispensa está relacionada a situações em que a competição é possível, mas não é necessária, como compras abaixo de R\$8.000,00 e situações de emergência ou calamidade. Já a impossibilidade de competição ocorre quando há fornecedor único, como em serviços de notória especialização e contratações do setor artístico. Para todos os casos em que não é realizada a licitação, é obrigatória a apresentação de documentação que comprove a situação, seja o enquadramento à lista taxativa de casos de dispensa, seja a impossibilidade de competição que caracteriza a inexigibilidade (BRAZ, 1995).

O procedimento licitatório é norteado pelos princípios da legalidade, da impessoalidade, da moralidade, da igualdade, da publicidade, da probidade administrativa, da vinculação ao instrumento convocatório e do julgamento objetivo (BRASIL, 1993a; 1993b). Além dos princípios básicos apresentados na legislação, há também princípios correlatos, que derivam da lista apresentada acima. Destacamos, assim, o princípio da competitividade, decorrente do princípio da igualdade. Conforme apontado por Carvalho Filho (2017, p. 187): “[a] Administração não pode adotar medidas ou criar regras que comprometam, restrinjam ou

frustrem o caráter competitivo da licitação”; dessa forma, o procedimento deve sempre proporcionar a competição entre os licitantes para a obtenção da melhor proposta.

As modalidades de licitação instituídas pela Lei 8.666/93 são concorrência, tomada de preços, convite, concurso e leilão. As três primeiras, também chamadas de modalidades comuns, se diferenciam em função do valor do contrato e da amplitude de participação, conforme ilustrado no Quadro 1.

A concorrência apresenta publicidade mais ampla, traduzida na participação de qualquer interessado no certame. Por outro lado, a tomada de preços conta com a participação de fornecedores previamente cadastrados ou que atendam às condições exigidas de cadastramento em até três dias antes do recebimento das propostas. O convite é realizado com a participação de, no mínimo, três fornecedores, cadastrados ou não, que são diretamente convocados pela administração pública. A modalidade admite ainda a participação de interessados que se manifestem e estejam cadastrados até um dia antes do recebimento das propostas. (CARVALHO FILHO, 2017).

Quadro 1 – Modalidades comuns de licitação

Modalidade	Amplitude de participação	Valores	
		Obras e serviços de engenharia	Compras e outros serviços
Concorrência	Qualquer empresa interessada	Acima de R\$ 1.500.000,00	Acima de R\$ 650.000,00
Tomada de Preços	Empresas cadastradas ou que preencham requisitos com três dias de antecedência	Até R\$ 1.500.000,00	Até R\$ 650.000,00
Convite	Empresas convidadas pela Administração	Até R\$ 150.000,00	Até R\$ 80.000,00

Fonte: BRASIL, 1993.

Já o concurso e o leilão possuem objetos e finalidades específicas. O concurso é destinado à seleção de trabalho técnico, científico e artístico. Os interessados devem apresentar trabalho já concluído, que é avaliado de acordo com critérios previamente estabelecidos. O regulamento do concurso deve determinar os critérios de julgamento, as formas e condições de apresentação dos trabalhos, bem como a premiação para a melhor proposta (MEIRELLES, 2016).

A modalidade de leilão, por sua vez, visa a alienação de bens da administração pública pelo melhor preço. Os interessados apresentam lances sucessivos e a definição do vencedor se dá por meio do critério de julgamento de maior lance (BRASIL, 1993).

Enquanto procedimento administrativo, as licitações se organizam em uma sequência de etapas determinadas na Lei 8.666/93. Há variações em função da modalidade, mas, em linhas gerais, podemos dizer que todo processo licitatório conta com uma fase interna e outra externa. A fase interna diz respeito aos procedimentos preparatórios da administração pública para a abertura do certame, passando pela definição do objeto a ser contratado, da modalidade de contratação e das condições e critérios da escolha da proposta. A conclusão da fase se dá na edição do ato convocatório da licitação, que reúne todas as definições realizadas (JUSTEN FILHO, 2012).

A fase externa objetiva a seleção da proposta mais vantajosa, e, para tanto, são realizadas a divulgação do certame, apresentação de propostas pelos interessados, habilitação dos participantes, julgamento das propostas, homologação e adjudicação do resultado. (JUSTEN FILHO, 2012; MEIRELLES, 2016)

Na habilitação dos participantes, a administração pública verifica se os interessados têm condições de cumprir as obrigações contratuais. São verificadas habilitação jurídica, qualificação técnica, qualificação econômico-financeira, regularidade fiscal e trabalhista. Os participantes habilitados prosseguem para a fase de julgamento das propostas, que pode se basear nos critérios de menor preço, melhor técnica, técnica e preço e melhor lance ou oferta. A homologação do resultado reconhece a legalidade e a conveniência do certame, enquanto a adjudicação atribui ao vencedor o objeto da licitação, para efetivação do contrato (BRASIL, 1993; MEIRELLES, 2016).

A Lei Federal 8.666/93 determina ainda que as compras devem ser processadas pelo sistema de registro de preços sempre que possível. Regulamentado pelo Decreto Federal 7.892/13, o SRP é um conjunto de procedimentos para registro formal de preços para futura aquisição pela administração pública, em que o fornecedor se obriga a manter as condições de venda preestabelecidas pelo prazo determinado no instrumento convocatório. Deve ser adotado quando há a necessidade de contratação frequente de um mesmo produto, em que a quantidade e o período de entrega são incertos (RABELLO, 2017; MEIRELLES, 2016).

Nesse sentido, José dos Santos Carvalho Filho, complementa:

Segundo tal método, o vencedor da licitação firma ata de registro de preços, pela qual se compromete a fornecer, em determinado prazo, não superior a um ano, o objeto licitado conforme as necessidades da Administração. Esta não assume obrigação imediata para com o fornecedor; se ela o desejar, convoca o fornecedor para aquisição paulatina, celebrando tantos contratos quantos sejam necessários para atender às suas necessidades” (CARVALHO FILHO, 2017, p. 151).

A utilização do sistema de registro de preços apresenta vantagens, como o aumento da flexibilidade nas contratações, agilidade nas aquisições e consequente economia de recursos, especialmente na possibilidade de congregar as necessidades de várias instituições públicas pela compra de um mesmo item. Realiza-se um único processo licitatório, que resulta em ata de registro de preços para o atendimento de várias instituições no período determinado (RABELLO, 2017).

Dando continuidade às modernizações no processo de compras públicas, foi instituída pela Medida Provisória 2.026/00 nova modalidade de licitação, o pregão. Em 2002, a Lei 10.520 converteu a referida medida provisória em normal geral e disciplinou a nova modalidade.

O pregão é destinado à aquisição de bens e serviços comuns, com padrões de desempenho e qualidade que podem ser definidos objetivamente. Ele tem critério de julgamento de menor preço e pode ser realizado presencialmente ou eletronicamente. A principal mudança da modalidade diz respeito à inversão de fases; o julgamento das propostas é realizado antes da habilitação documental dos participantes. Dessa maneira, apenas as empresas que apresentaram as melhores propostas têm a documentação verificada para habilitação, gerando redução no tempo do processo (CARVALHO FILHO, 2017).

Além da redução do tempo de processo, com a inversão de fases “torna-se mais difícil que o agente corrupto desclassifique empresas que não atuem dentro de um conluio, na medida em que existe um custo maior para o agente público rejeitar uma proposta mais barata” (CASTRO, 2007, p. 13).

Outra inovação trazida pela modalidade foi a possibilidade de renovação de lances, o que possibilita a redução dos preços inicialmente propostos pelos participantes. A fase de lances estimula a competição e gera propostas mais vantajosas para a Administração Pública:

Art. 4 -
[...]

“VIII. no curso da sessão, o autor da oferta de valor mais baixo e os das ofertas com preços até 10% (dez por cento) superiores àquela poderão fazer novos lances verbais e sucessivos, até a proclamação do vencedor;
IX. não havendo pelo menos 3 (três) ofertas nas condições definidas no inciso anterior poderão os autores das melhores propostas, até o máximo de 3 (três), oferecer novos lances verbais e sucessivos, quaisquer que sejam os preços oferecidos.”
(BRASIL, 2002).

O pregão eletrônico foi regulamentado pelo Decreto Federal 5.450/05 e potencializou os benefícios da modalidade, uma vez que a realização eletrônica facilita a participação dos interessados, aumentando a concorrência e propiciando o alcance de propostas mais vantajosas

para a Administração Pública. Este mesmo Decreto, determinou ainda a obrigatoriedade de utilização do pregão pelo Governo Federal para compras de bens e serviços comuns, com preferência para realização da forma eletrônica sempre que possível.

A regulamentação do pregão prevê também a possibilidade de adoção do sistema de registro de preços. Inicialmente tal método era vinculado apenas à modalidade de concorrência, e passou, portanto, a ser utilizado também no pregão (BRASIL, 2002).

Apesar dos esforços de modernização dos normativos de compras públicas, ainda há fragilidades no processo que abrem caminhos para a prática de cartel entre empresas participantes das licitações.

3.1. Fraudes nas compras públicas: a atuação em cartel

Segundo Soares (2005), fraude pode ser conceituada como ação ilícita de agentes visando vantagens e benefícios próprios ou de terceiros. No contexto das compras públicas, as principais fraudes estão relacionadas ao superfaturamento, direcionamento da licitação, realização irregular de dispensa e inexigibilidade, indução de aplicação de preços inexequíveis, e atuação de cartel (MENDONÇA, 2015; OLIVEIRA, 2009; CASTRO, 2010).

O superfaturamento é caracterizado quando o valor dos itens adquiridos supera o valor médio de mercado, comprometendo o objetivo do processo licitatório de aquisição a partir de proposta vantajosa para a administração pública (MENDONÇA, 2015).

O direcionamento da licitação se dá na definição prévia de quem será o vencedor, sendo o edital redigido com especificações de objeto que apenas a empresa escolhida é capaz de atender. O favorecimento se manifesta também na fase de habilitação das empresas, exigindo documentações e comprovações que não se justificam, apenas direcionam para a contratação da empresa previamente escolhida (FORTINI; MOTTA, 2016; CASTRO 2007).

Outra situação de fraude se dá na realização de dispensa e inexigibilidade em casos não permitidos pela lei, como a compra de materiais não específicos nem exclusivos em que havia possibilidade de concorrência de fornecedores; aquisições por dispensa com valores acima de R\$8.000,00; e fracionamento da compra para que cada processo tenha valor abaixo de R\$8.000,00 (OLIVEIRA, 2009; MENDONÇA, 2015).

Propostas com preços inexequíveis são aquelas com valores muito abaixo do mercado. São consideradas impraticáveis e, conforme definido pela Lei 8.666/93, serão desclassificadas.²

² Consideram-se manifestamente inexequíveis, no caso de licitações de menor preço para obras e serviços de engenharia, as propostas cujos valores sejam inferiores a 70% (setenta por cento) do menor dos seguintes valores: a) média aritmética dos valores das propostas superiores a 50% (cinquenta por cento) do valor orçado pela administração, ou b) valor orçado pela administração (BRASIL, 1993).

A indução de aplicação de preço inexequível se dá quando empresa fornecedora recebe informações privilegiadas sobre o preço inexequível para aquele certame e apresenta proposta muito próxima a esse valor. Dessa maneira, as demais empresas participantes que oferecem valores menores são desclassificadas e os valores acima não são vencedores em função do critério de menor preço (OLIVEIRA, 2009).

A atuação de cartel pode abranger também as fraudes anteriormente descritas. Segundo cartilha publicada pelo Conselho Administrativo de Defesa Econômica (CADE), autarquia vinculada ao Ministério da Justiça, o cartel em licitação pode ser conceituado como “conluio entre agentes econômicos com o objetivo de eliminar ou restringir a concorrência dos processos de contratação de bens e serviços pela Administração Pública.” (BRASIL, 2019, p. 11).

As estratégias das empresas para atuação em cartel normalmente buscam dar aparência de legalidade aos processos, simulando competição entre os agentes do conluio. Entre as principais formas de atuação, destacam-se o uso de propostas fictícias, supressão e retirada de propostas, rodízio de vencedores e divisão de mercado (BRASIL, 2019).

O uso de propostas fictícias ocorre quando o grupo determina previamente o vencedor e orienta que as demais empresas ofertem os itens por preços mais altos, ou ainda por preços muito baixos, que serão desclassificados pela inexequibilidade. A simulação de competição, pode se dar também a partir da participação de empresas fantasma, que oferecem propostas fictícias para dar legitimidade ao processo (CASTRO, 2010; MENDONÇA, 2015).

Já a supressão e retirada de propostas se caracterizam quando um participante se abstém de concorrer no início do processo ou retira proposta já apresentada, para que a empresa que permanece no certame seja declarada vencedora (BRASIL, 2019; CARVALHO, 2018).

O rodízio de vencedores combina as estratégias já descritas em rodadas sucessivas, e em cada rodada um dos integrantes do conluio é previamente definido como vencedor da licitação (BRASIL, 2019).

Por fim, a divisão de mercado consiste na repartição do mercado entre as empresas do conluio. Tal divisão pode considerar critérios geográficos, de cliente, de itens ou lotes. Dessa forma, cada empresa tem conhecimento sobre qual certame, de qual cidade, ou de qual órgão licitante pode participar, sem prejudicar os demais atores do grupo (BRASIL, 2019; CARVALHO, 2018).

A prática de cartel é um ilícito administrativo e criminal. Por ter ciência da ilegalidade, os atores envolvidos atuam de maneira discreta e deixam poucas provas objetivas (atas de reuniões, mensagens trocadas entre concorrentes, entre outros), o que dificulta o trabalho dos órgãos de controle e fiscalização (BRASIL, 2019).

Como alternativa nas investigações, instituições de controle e fiscalização em vários países têm investido na utilização de evidências indiretas para a identificação de cartéis. Tais evidências analisadas em conjunto podem levar à inferência de comportamento colusivo, na ausência de justificativa plausível para os comportamentos que levantaram suspeitas. (SILVEIRA, 2017; BRASIL, 2019).

Uma das possibilidades de análise de evidências indiretas está relacionada à identificação de empresas mais influentes no processo, que têm maior capacidade de difundir informações e mobilizar atores para a ação coletiva.

4. METODOLOGIA

Para alcançar o objetivo de analisar a interação de empresas licitantes por meio da ciência de redes e capacidade de difusão, com foco na identificação de comportamentos suspeitos de cartel, realizamos uma pesquisa quantitativa utilizando dados secundários extraídos de bases públicas.

4.1 Delimitação da pesquisa

Optamos por analisar empresas fornecedoras que participaram de licitações do Governo Federal, em 2019, para os seguintes itens de EPI³ (equipamentos de proteção individual): máscara cirúrgica, protetor facial, sapatilha hospitalar, luva cirúrgica, gorro hospitalar e avental hospitalar.

A escolha desses produtos se deve ao fato da inelasticidade e regularidade da procura por parte do governo por esses bens, o que os tornam vulneráveis à formação de cartéis. Especialmente em 2020, a sensibilidade da compra de EPIs aumentou consideravelmente nos últimos tempos, em função do contexto de disseminação da COVID-19. Optamos pela análise dos dados relativos às compras públicas de EPIs realizadas, em 2019, para verificar a situação apresentada antes da crise pandêmica da COVID 19, e, como estudo posterior, realizar uma comparação com as informações de 2020.

4.2 Coleta de dados

A base de dados utilizada para mapeamento da rede de empresas foi extraída do Portal da Transparência, canal que reúne dados de diversos sistemas do Governo Federal. As informações relativas às licitações e contratos são originalmente inseridas no Sistema Integrado de Administração de Serviços Gerais (SIASG), de responsabilidade do Ministério da Economia, e enviadas ao portal mensalmente.

Assim, para este trabalho, optamos pelo foco na análise das informações do portal representadas no Quadro 2.

³ “Considera-se Equipamento de Proteção Individual - EPI todo dispositivo de uso individual, de fabricação nacional ou estrangeira, destinado a proteger a saúde e a integridade física do trabalhador.” (BRASIL, 1978).

Quadro 2 – Descrição dos dados extraídos do Portal da Transparência

Coluna	Descrição
Número Licitação	Número que identifica a licitação no SIASG
Número do Processo	Número do processo da licitação
CNPJ Vencedor	CNPJ do licitante vencedor
Quantidade Item	Quantidade licitada do item
Valor Item	Valor unitário do item
Valor	Valor total
CNPJ participante 2	CNPJ de licitante não vencedor
CNPJ participante 3	CNPJ de licitante não vencedor
CNPJ participante 4	CNPJ de licitante não vencedor
CNPJ participante N	CNPJ de licitante não vencedor

Fonte: Portal da Transparência.

Para ilustrar como essas informações são apresentadas em um processo, apresentamos o exemplo o processo 64361001962201988 da licitação 000132019, para compra de máscara cirúrgica. Sete empresas apresentaram propostas de preço para a contratação do item pela administração pública, e a empresa vencedora foi escolhida ao apresentar proposta de R\$ 2,15 por item. Foram vendidas 4.615 máscaras, totalizando R\$9.922,25.

4.3 Análise de dados

Para a análise dos dados e geração das redes, foi utilizado o *software R*, ambiente gratuito para computação estatística e geração de gráficos. A partir do mapeamento da rede de empresas para cada um dos seis itens, foram utilizadas as medidas de grau, *betweenness*, *clustering* e a capacidade de difusão (de informação), associadas a valores absolutos, como o número de licitações que a empresa participou, ganho total e preço máximo unitário praticado.

5. RESULTADOS

5.1. Análise descritiva

Com o objetivo de resumir e explorar a base de dados, realizamos uma análise descritiva inicial. A Tabela 1 apresenta os números de licitações, os valores totais gastos pelo governo federal e os números de empresas participantes para cada item licitado.

Luva cirúrgica foi o item com maior número de licitações realizadas, totalizando 910, e o maior número de empresas participantes, 1471. Apesar do alto número de processos realizados, a maior movimentação financeira ocorreu na compra de avental hospitalar, chegando a R\$ 38.534.925,90.

Tabela 1 – Número de licitações, valor total gasto pelo governo federal e número de empresas participantes para cada item de EPI licitado pelo governo federal no ano de 2019

Item	Nº de licitações	Valor total	Nº empresas participantes
Avental hospitalar	320	R\$38.534.925,90	635
Gorro hospitalar	78	R\$748.109,16	286
Luva cirúrgica	910	R\$7.744.517,39	1471
Máscara cirúrgica	415	R\$5.472.591,63	948
Protetor facial	217	R\$662.456,14	451
Sapatilha hospitalar	113	R\$2.574.063,14	446

Fonte: Elaboração própria.

Com relação aos preços unitários, percebemos na Tabela 2 grande variação para o mesmo item. A luva cirúrgica apresentou a maior variação, começando em R\$0,03 e chegando a R\$17.975,00. A média de R\$ 47,45 e mediana de R\$ 4,50 evidenciam que preços tão altos como R\$17.975,00 foram exceções.

Com relação a esse processo específico do preço máximo da luva cirúrgica, buscamos detalhamento de informações sobre o certame, mas o Portal não apresentou. Nesse sentido, não foi possível verificar se houve erro de cadastro ou algo parecido, levando ao registro do preço de uma caixa com grande quantidade de luvas, por exemplo, e não o preço do par.

Tabela 2 – Variação de preço para cada item

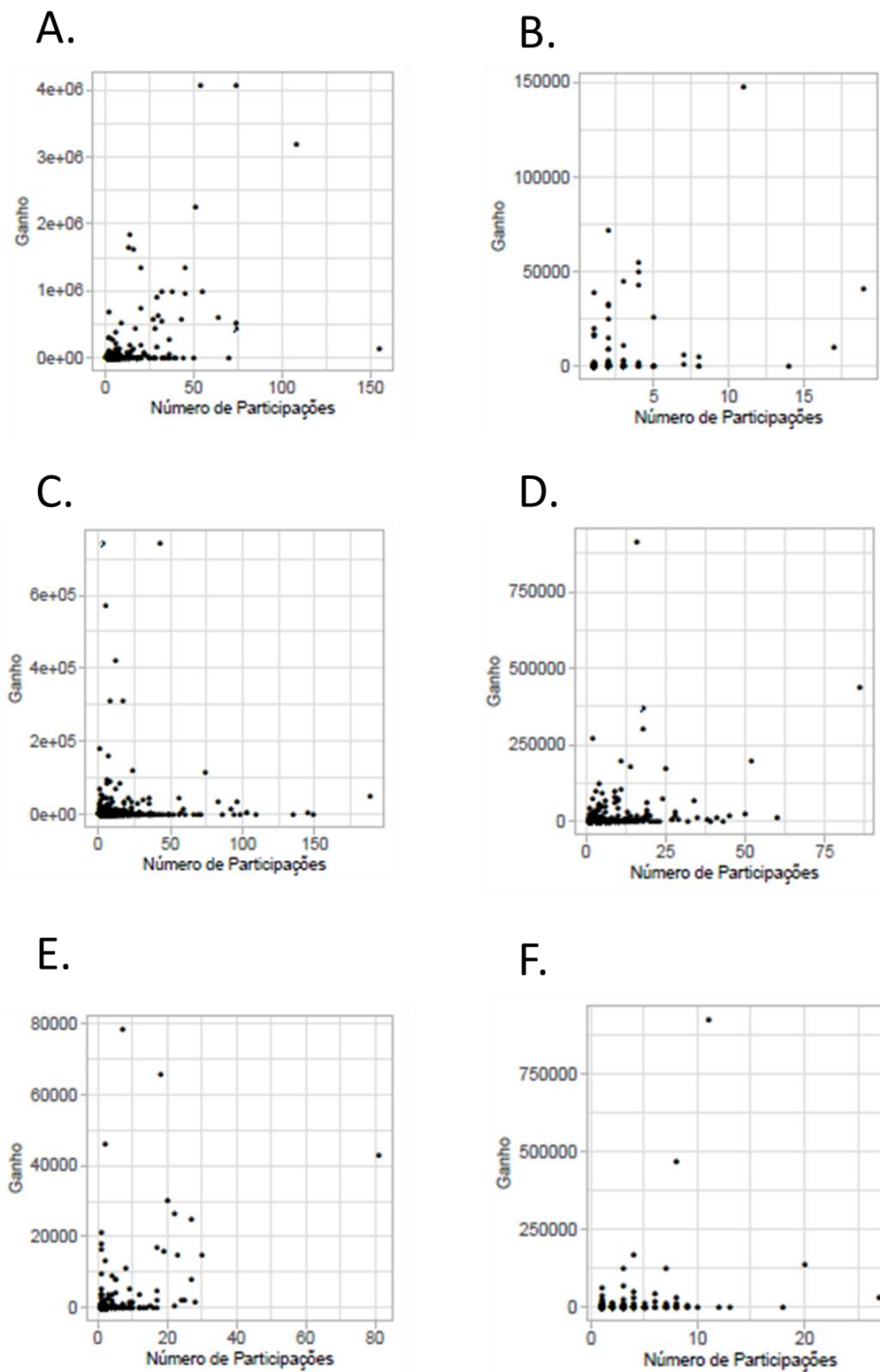
Item	Preço (unidade)			
	Mínimo	Média	Mediana	Máximo
Avental hospitalar	R\$ 0,3600	R\$18,60000	R\$ 9,790	R\$ 806,88
Gorro hospitalar	R\$ 0,0479	R\$ 5,94970	R\$ 5,795	R\$ 31,00
Luva cirúrgica	R\$ 0,0300	R\$ 47,45040	R\$ 4,500	R\$ 17.975,00
Máscara cirúrgica	R\$ 0,0500	R\$ 5,76470	R\$ 4,760	R\$ 210,92
Protetor facial	R\$ 0,1264	R\$ 79,02107	R\$ 18,990	R\$ 1.073,48
Sapatilha hospitalar	R\$ 0,0700	R\$ 3,45743	R\$ 0,160	R\$ 50,00

Fonte: Elaboração própria

Ainda na análise de cada item isoladamente, verificamos a quantidade de processos licitatórios que cada empresa participou e comparamos com o ganho total da empresa nas licitações de 2019, conforme apresentado na Figura 4 a seguir.

Identificamos nas licitações de todos os itens empresas que participaram de um alto número de certames, mas nunca foram vencedoras; ou seja, não tiveram ganho no período. Isso é um ponto de atenção, porque os custos de participação em tantos processos não são compensados com a vitória em algum certame. Dessa forma, continuar participando não valeria a pena. Empresas que continuam participando, como no caso das licitações de luva cirúrgica – Figura 4, Gráfico C –, com 150 processos sem ter ganho, apresentam indícios de empresa fantasma, que atuam com o objetivo de simular competição e dar legitimidade ao processo.

Figura 4 – Gráficos comparativos de número de participações de cada empresa e ganho total em licitações



Legenda: (A) Avental hospitalar
 (B) Gorro hospitalar
 (C) Luva cirúrgica
 (D) Máscara cirúrgica
 (E) Protetor facial
 (F) Sapatilha hospitalar

Fonte: Elaboração própria

Por se tratar de itens que compõem um grupo comum (EPI), é interessante analisar a interseção de empresas entre os itens (TABELA 3), já que a mesma empresa pode oferecer mais de um dos itens estudados.

A interseção das empresas na venda dos itens estudados é alta. Das empresas que fornecem luvas, por exemplo, 56,26% também participaram de licitações para máscara cirúrgica. Das empresas que vendem gorro hospitalar, 78,90% também participaram de licitação de luvas cirúrgicas.

Tabela 3 – Interseção empresas nas licitações de outros itens

	Avental hospitalar	Máscara cirúrgica	Luva cirúrgica	Sapatilha hospitalar	Protetor Facial	Gorro hospitalar
Avental hospitalar	603	357	356	256	77	168
Máscara cirúrgica	357	928	552	330	141	216
Luva cirúrgica	356	552	981	309	120	202
Sapatilha hospitalar	256	330	309	416	62	164
Protetor facial	77	141	120	62	451	39
Gorro hospitalar	168	216	202	164	39	256

Fonte: Elaboração própria.

Esse cenário também apresenta condições favoráveis para a atuação de cartel com divisão de mercado em função dos itens. As empresas podem se organizar previamente e combinar qual empresa será a vencedora para cada item, dividindo os ganhos entre o grupo. Retomando o exemplo acima, uma empresa que fornece gorro hospitalar e luva cirúrgica poderia combinar resultados das licitações com outra empresa que também oferece os mesmos itens. Uma seria vencedora na licitação de gorro hospitalar; a outra na licitação da luva cirúrgica.

5.2. Análise das redes de licitações de EPI

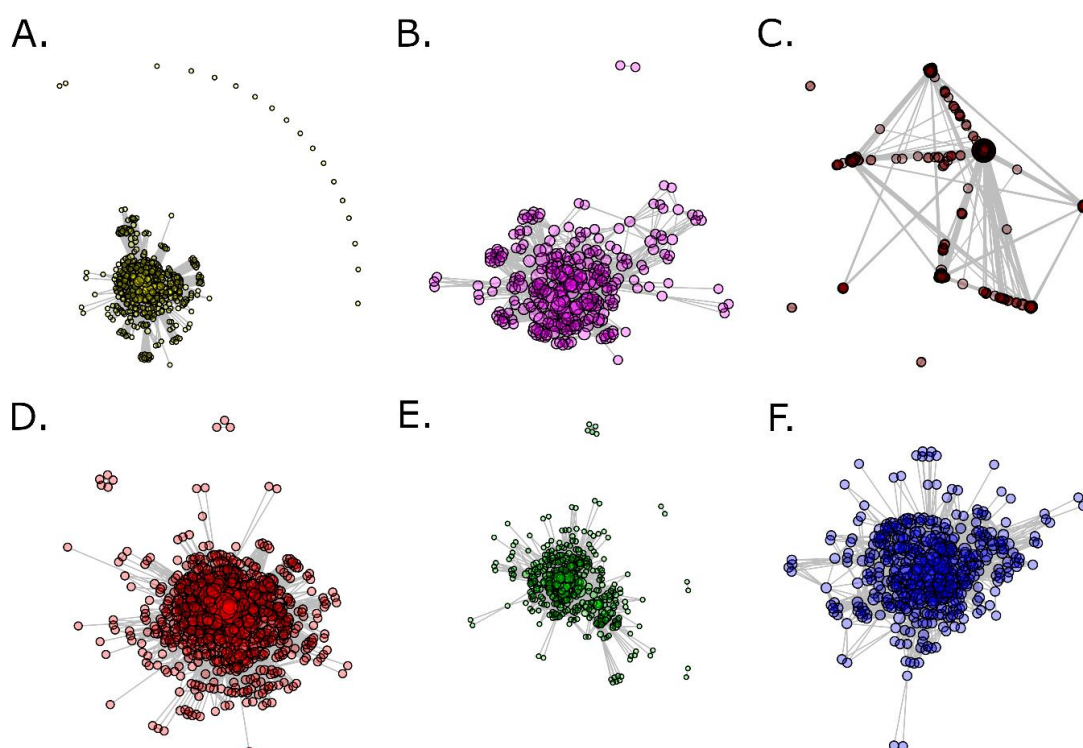
Embora as análises descritivas forneçam informações sobre quão suscetível às fraudes o sistema de compras brasileiro é, com a alta variabilidade de preços para um mesmo item licitado, pouca informação se obtém sobre como as empresas participantes do processo licitatório agem em conjunto para burlar o sistema de fiscalização.

Empresas que atuam em conluio geralmente participam em conjunto de uma grande quantidade de licitações, seja para partilhar os ganhos médios, seja para dar uma impressão de honestidade em todo processo. Logo, é natural considerar que cada item licitado pode ser

representado por uma rede: um conjunto de vértices e elos (dados por pares de vértices), em que cada vértice é uma empresa participante do processo licitatório e cada *link* existe se elas foram concorrentes no mesmo certame. O peso de cada *link* será a quantidade de processos licitatórios que as empresas participaram juntas. O processo licitatório passa a ser visto, então, como uma estrutura com uma topologia complexa muito informativa, mas, muitas vezes, de difícil análise.

A Figura 5 apresenta a rede formada pelas empresas participantes das licitações de EPI para o ano de 2019. É interessante observar que, visualmente, o formato de cada uma das redes traz destaque para alguns aspectos que as diferenciam. A rede de empresas das licitações de avental hospitalar (A) apresenta muitos vértices sem elos, pontos sem ligação com os demais, o que representa modalidades de compra em que não há concorrência entre empresas, como a inexigibilidade. Já a rede dos fornecedores de luva cirúrgica (C) parece ter grupos com comunidades distintas e mais coesas. A rede de empresas que fornecem máscara cirúrgica (D) possui vértices muito conectados, mas também pequenos grupos coesos que não se conectam com o restante da rede.

Figura 5 – Redes de empresas participantes das licitações de EPIs em 2019



Legenda: (A) Avental hospitalar
 (B) Gorro hospitalar
 (C) Luva cirúrgica
 (D) Máscara cirúrgica
 (E) Protetor facial
 (F) Sapatilha hospitalar

Fonte: Elaboração própria

Para compreender melhor o comportamento das seis redes criadas, utilizamos medidas clássicas da ciência de redes e a recém-desenvolvida capacidade de difusão. A partir da definição de que o peso do *link* é o número de licitações que as empresas participaram em conjunto, a distância entre os nós será o dobro do inverso do peso. Quanto maior o peso do *link*, mais intensa é a interação entre as empresas e maior é a capacidade de difundir informações. Em outras palavras, quanto maior o peso do *link*, menor a distância entre os vértices.

Analisamos, desse modo, os resultados a partir da aplicação das medidas de grau, *betweenness*, *clustering* e capacidade de difusão para cada empresa da rede de licitantes dos seis itens (avental hospitalar, gorro hospitalar, luva cirúrgica, máscara cirúrgica, protetor facial e sapatilha hospitalar). Além disso, comparamos as medidas com o número de participações em licitações, os ganhos totais e preços unitários praticados pelas empresas.

De maneira geral, alguns pontos chamaram a atenção durante a análise, como alto número de participações nas licitações sem ganho.

Com relação às empresas com coeficiente de *clustering* igual a 1 (participam de grupos coesos), verificamos dois comportamentos nos itens estudados. O primeiro está relacionado à identificação de empresas que não obtiveram nenhum ganho, mesmo participando de várias licitações, e empresas que alcançaram ganhos muito altos. Essa situação pode indicar atuação em cartel, em que grupo coeso participa das licitações, mas apenas uma empresa, ou uma pequena parte das empresas, vence, enquanto as outras atuam como empresas fantasmas para dar a impressão de legitimidade ao processo.

O segundo comportamento, apresentado em outros itens, está relacionado à distribuição de ganhos entre as empresas com *clustering* igual a 1, podendo indicar rodízio de vencedores no grupo coeso.

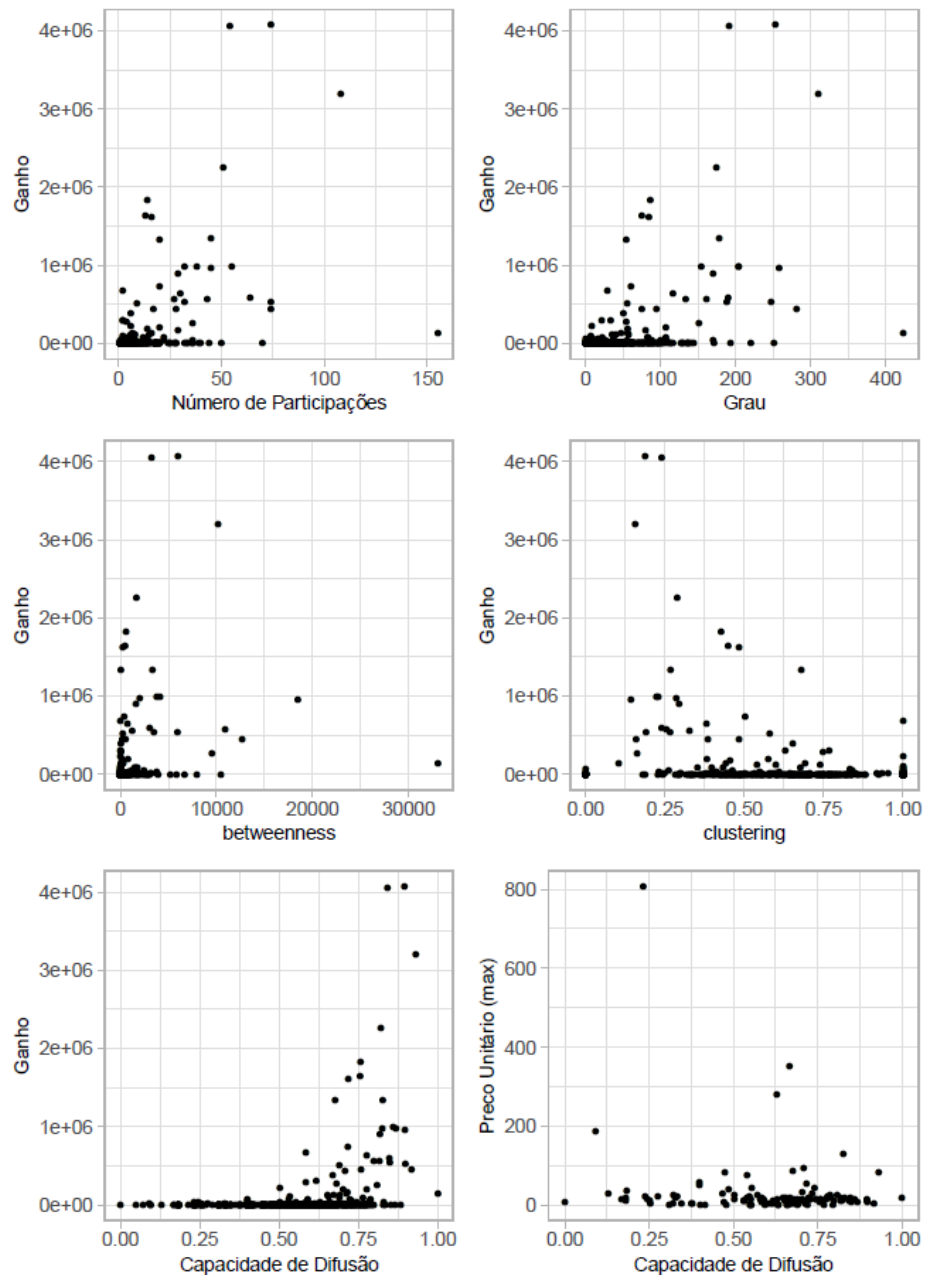
À medida que os ganhos das empresas aumentavam, a capacidade de difusão também tendeu a ser maior. Contudo, também identificamos empresas com alta capacidade de difusão e ganho baixo ou até mesmo sem ganho. Nesses casos, as empresas podem não ter dimensão da sua capacidade de influência, e não a utiliza, ou podem utilizar essa capacidade para favorecer outras empresas. De toda forma, pela influência que podem exercer no sistema, merecem atenção.

Nas próximas seções, apresentaremos as análises para cada item estudado. Para preservação da identidade das empresas omitiremos os seis últimos dígitos dos CNPJs.

5.2.1. Averal Hospitalar

A partir da análise das empresas licitantes de averal hospitalar, percebemos algumas características conforme a Figura 6. Nos gráficos de dispersão apresentados, temos cada empresa representada pelo ponto que agrega um par de informações, por exemplo, o ganho e o número de participações em licitações de uma determinada empresa. A mesma análise também foi feita entre ganho e grau, ganho e *betweenness*, ganho e *clustering*, ganho e capacidade de difusão e preço unitário máximo e capacidade de difusão.

Figura 6 – Gráficos comparativos das empresas licitantes de Averal Hospitalar a partir do número de participações, do ganho e das medidas de Grau, *Betweenness*, *Clustering* e Capacidade de Difusão



Fonte: Elaboração própria

A empresa com maior número de participações em licitações apresentou um ganho total baixo, assim como as empresas com maior *betweenness* e maior grau. São empresas muito presentes nos processos licitatórios, atuantes como ponte no caminho entre outras empresas e bem conectadas com outros participantes, com muitos primeiros vizinhos (vértices adjacentes). Tais características poderiam ser traduzidas em influência para benefício próprio, com ganhos maiores, mas isso não ocorreu.

O alto coeficiente de *clustering* apresentado por algumas empresas não se traduziu em mais ganhos. À medida que a capacidade de difusão das empresas aumenta, há uma tendência de aumento do ganho, mas há também empresas com capacidade de difusão alta e ganho baixo ou sem ganho. Essas empresas podem não utilizar a influência que têm na rede, ou a utilizam para favorecer outros atores.

Tabela 4 – Avenal hospitalar: comparativo das 10 empresas com maior número de participações em licitações

Empresas (CNPJ)	Nº de licitações	Capacidade de Difusão	Betweenness	Grau	Clustering	Ganho Total	Preço unitário máximo
11877124xxxxxx	155	0,0042166	33016,73655	423	0,1044559	R\$ 138.070,80	R\$ 18,60
2881877xxxxxx	108	0,0042097	10169,61354	310	0,1555277	R\$ 3.196.012,30	R\$ 82,50
5421585xxxxxx	74	0,0042062	5989,85492	253	0,1874020	R\$ 4.071.140,20	R\$ 11,90
16566588xxxxxx	74	0,0042064	5919,12591	247	0,1902834	R\$ 526.962,05	R\$ 7,99
3596923xxxxxx	74	0,0042083	12660,57643	281	0,1580834	R\$ 446.000,00	R\$ 4,46
10807173xxxxxx	70	0,0042049	5821,88065	251	0,1789641	R\$ -	R\$ -
3921280xxxxxx	64	0,0042013	3023,80840	190	0,2395433	R\$ 590.151,89	R\$ 17,79
25424536xxxxxx	55	0,0042025	3749,52419	204	0,2230754	R\$ 988.960,70	R\$ 12,80
19082400xxxxxx	54	0,0042008	3225,72006	191	0,2386332	R\$ 4.049.818,20	R\$ 12,50
5075964xxxxxx	51	0,0041988	1665,46732	174	0,2880207	R\$ 2.254.942,40	R\$ 11,90

Fonte: Elaboração própria

Conforme a Tabela 4, a empresa com o maior número de participações nas licitações, apresentou também a maior capacidade de difusão, o maior grau, e a maior *betweenness*. A sexta empresa com maior participação em licitações não apresentou ganho, o que chama a atenção, como já exposto, pelos custos de participação, nesse caso, são 70 processos e nenhum desses foi compensado com a vitória em algum certame. Essa empresa participou em média de 5,83 processos por mês no ano de 2019, o que exige dedicação de tempo e organização para cumprir requisitos e preparar documentações necessárias. Isso reforça ainda mais o

questionamento sobre a compensação por esse esforço não vir com a vitória de algum processo, provavelmente vindo de outras formas, por meio de parcerias ilícitas com outros atores da rede.

Na Tabela 5, podemos observar que a segunda empresa com maior participação em licitações (108 processos) alcançou um preço de R\$ 82,50. É um valor alto, uma vez que a média para venda desse item específico foi de R\$18,60 e a mediana de R\$ 9,79.

Tabela 5 – Avental hospitalar: comparativo das 10 empresas com maior capacidade de difusão

Empresas (CNPJ)	Nº de licitações	Capacidade de Difusão	Betweenness	Grau	Clustering	Ganho Total	Preço unitário máximo
11877124xxxxxx	155	0,0042166	33016,73655	423	0,1044559	R\$ 138.070,80	R\$ 18,60
2881877xxxxxx	108	0,0042097	10169,61354	310	0,1555277	R\$ 3.196.012,30	R\$ 82,50
3596923xxxxxx	74	0,0042083	12660,57643	281	0,1580834	R\$ 446.000,00	R\$ 4,46
16566588xxxxxx	74	0,0042064	5919,12591	247	0,1902834	R\$ 526.962,05	R\$ 7,99
27987086xxxxxx	45	0,0042063	18475,69960	258	0,1430640	R\$ 959.366,90	R\$ 15,87
5421585xxxxxx	74	0,0042062	5989,85492	253	0,1874020	R\$ 4.071.140,20	R\$ 11,90
10807173xxxxxx	70	0,0042049	5821,88065	251	0,1789641	R\$ -	R\$ -
18466544xxxxxx	38	0,0042035	4125,42395	204	0,2294504	R\$ 984.860,00	R\$ 7,50
12606382xxxxxx	50	0,0042032	3926,11870	220	0,2271897	R\$ -	R\$ -
25424536xxxxxx	55	0,0042025	3749,52419	204	0,2230754	R\$ 988.960,70	R\$ 12,80

Fonte: Elaboração própria

A empresa com maior ganho é a sexta na ordem decrescente da capacidade de difusão (TABELA 5). A sétima empresa com maior capacidade de difusão é a mesma apresentada anteriormente, com o sexto número de participação em licitações (70) e nenhum ganho. Ainda vemos outra empresa sem ganhos, mas com participação em 50 processos. A capacidade de difundir informações e influenciar o comportamento da rede provavelmente está sendo utilizada para favorecimento de terceiros.

Conforme ilustrado na Tabela 6, o maior preço unitário foi praticado por empresa que participou apenas de uma licitação com outros 15 concorrentes. Esse grupo coeso de 16 empresas participou apenas desse processo licitatório. O alto preço obtido nessa única participação pode sinalizar comportamento colusivo, com definição prévia do vencedor.

Tabela 6 – Avental hospitalar: comparativo das 10 empresas com maior preço unitário

Empresas (CNPJ)	Nº de licitações	Capacidade de Difusão	Betweenness	Grau	Clustering	Ganho Total	Preço unitário máximo
8191380xxxxxx	1	0,0041399	0	15	1	R\$ 36.309,60	R\$ 806,88
8188573xxxxxx	7	0,0041833	181,41836	38	0,500711	R\$ 1.541,00	R\$ 351,00
6990955xxxxxx	5	0,0041795	2846,04483	37	0,572072	R\$ 839,70	R\$ 279,90
33581660xxxxxx	1	0,0041258	0	1	0,000000	R\$ 14.879,20	R\$ 185,99
1279711xxxxxx	45	0,0041993	3308,24392	178	0,267378	R\$ 1.338.880,00	R\$ 130,00
37131679xxxxxx	17	0,0041874	195,45068	75	0,483243	R\$ 439.000,00	R\$ 95,00
5859032xxxxxx	20	0,0041843	55,00712	54	0,679944	R\$ 1.332.933,80	R\$ 84,99
3890627xxxxxx	8	0,0041642	1003,04207	25	0,456667	R\$ 1.367,50	R\$ 84,00
2881877xxxxxx	108	0,0042097	10169,61354	310	0,155528	R\$ 3.196.012,30	R\$ 82,50
3851189xxxxxx	14	0,0041706	1572,72077	39	0,443995	R\$ 2.016,48	R\$ 73,78

Fonte: Elaboração própria

Para finalizar, as análises relativas ao coeficiente de *clustering* apontaram que das 635 empresas que participaram das licitações de avental hospitalar, 365 apresentaram índice igual a 1. Dessas 365 empresas, 332 não obtiveram nenhum ganho nos processos. Mais especificamente, 14 empresas que têm *clustering* igual a 1 participaram de 18 processos licitatórios e nenhuma apresentou ganhos. É um grupo coeso que participou de muitos processos e não foi vencedor de nenhum deles. Essa amostragem provoca o questionamento sobre quais foram as empresas vencedoras dessas 18 licitações.

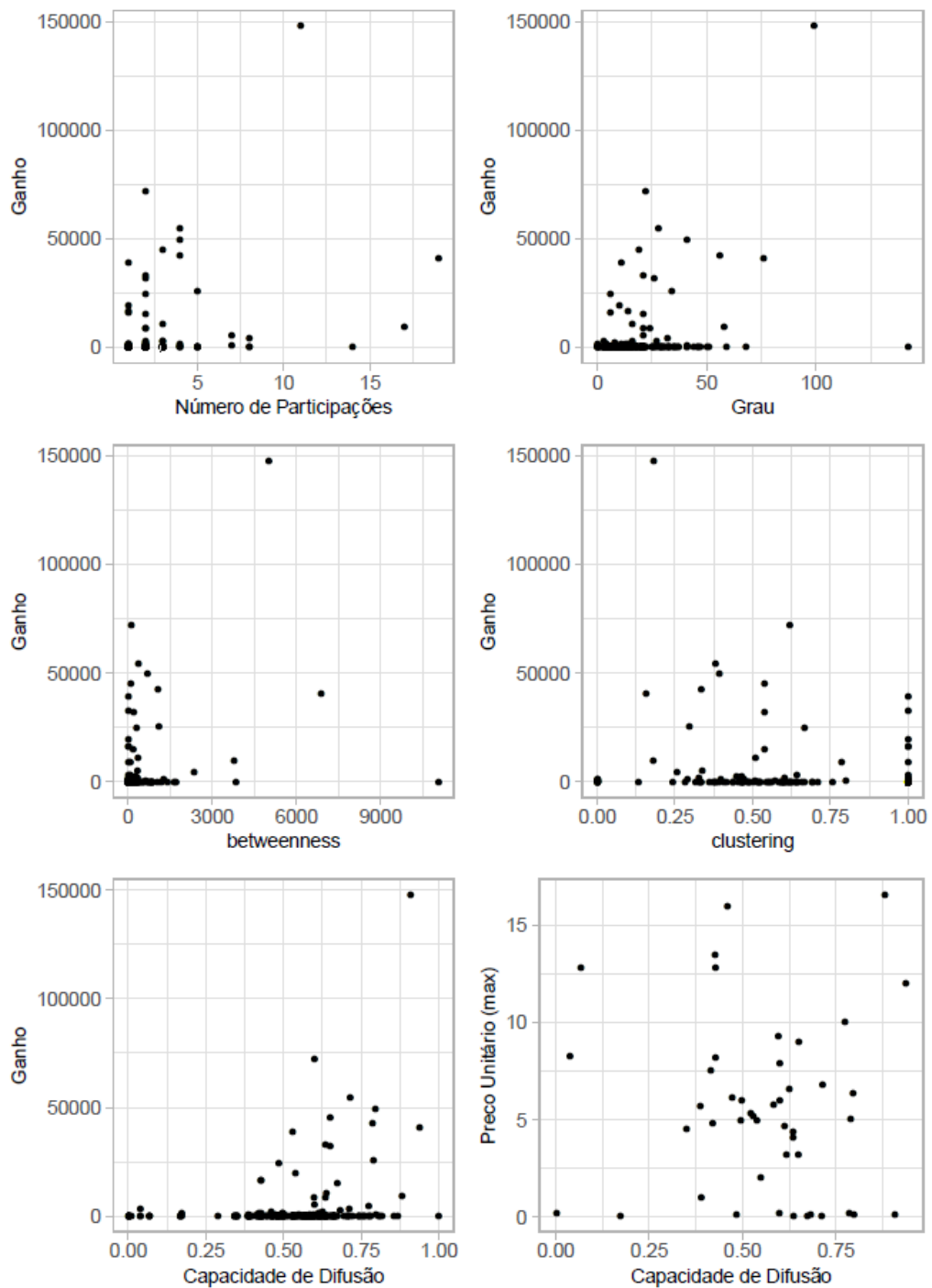
5.2.2 Gorro Hospitalar

Com relação ao gorro hospitalar, verificamos na Figura 7 que a empresa com maior grau possui ganho zero, assim como a maior *betweenness* também não obteve ganhos. Empresas com *clustering* igual a 1 parecem distribuir os ganhos. Esses são grupos coesos com variação de ganho; algumas empresas sem ganho e outras com faturamento próximo de R\$50.000,00. Por estarem dentro de um grupo coeso, que sempre participa dos processos em conjunto, pode haver combinado prévio do vencedor e distribuição posterior de ganhos.

A capacidade de difusão alta apresentou tendência de maiores ganhos, mas também há empresas com ganhos baixos (não utilizam a influência para gerar ganhos diretos, mas provavelmente contribuem para que outros atores da rede se beneficiem). O mesmo acontece na análise da capacidade de difusão em relação ao preço médio unitário praticado. Os maiores

preços foram alcançados por empresas com alta capacidade de difusão, mas, por outro lado, preços muito baixos ou igual a zero (ganho zero, empresa não venceu a licitação) também foram identificados.

Figura 7 – Gráficos comparativos das empresas licitantes de Gorro Hospitalar



Fonte: Elaboração própria

Os gráficos comparativos na Figura 7 são baseados da mesma forma como o item aevental hospitalar, ou seja, consideramos o número de participações, o ganho e as medidas de

grau, *betweenness*, *clustering* e a capacidade de difusão. Com relação ao número de participação nas licitações (TABELA 7), percebemos que a terceira empresa da lista apresenta a maior capacidade de difusão, e a quarta empresa obteve o maior ganho. A terceira, sexta e sétima empresas com maior participação nas licitações não apresentaram ganhos.

Tabela 7 – Gorro hospitalar: comparativo das 10 empresas com maior número de participações em licitações

Empresas (CNPJ)	Nº de licitações	Capacidade de Difusão	Betweenness	Grau	Clustering	Ganho Total	Preço unitário máximo
18702558xxxxxx	19	0,0099774	6877,49600	76	0,1561404	R\$ 40.623,10	R\$ 12,00
26240632xxxxxx	17	0,0099477	3779,88503	58	0,1802783	R\$ 9.440,70	R\$ 16,56
11877124xxxxxx	14	0,0100100	11080,37834	142	0,1314554	R\$ -	R\$ -
5997927xxxxxx	11	0,0099621	5008,36694	99	0,1809936	R\$ 147.741,95	R\$ 0,14
32708161xxxxxx	8	0,0098922	2340,65744	32	0,2560484	R\$ 4.306,02	R\$ 9,99
13395341xxxxxx	8	0,0099342	3846,76021	68	0,2427568	R\$ -	R\$ -
23119087xxxxxx	8	0,0099407	1399,05652	51	0,3160784	R\$ -	R\$ -
67403154xxxxxx	7	0,0098010	332,43374	21	0,3380952	R\$ 5.300,04	R\$ 7,88
1706665xxxxxx	7	0,0099043	1255,30568	41	0,2902439	R\$ 900,00	R\$ 0,09
32612587xxxxxx	5	0,0098996	1093,61343	34	0,2959002	R\$ 25.600,00	R\$ 5,00

Fonte: Elaboração própria

Conforme a Tabela 8, a empresa com maior capacidade de difusão é também a de maior grau e maior *betweenness*. Todavia, não apresenta ganhos, mesmo tendo participado de 14 processos licitatórios. Novamente, essas empresas que participam de vários processos licitatórios sem vencer nenhum deixam suspeitas de estarem atuando para favorecer outros atores.

Tabela 8 – Gorro hospitalar: comparativo das 10 empresas com maior capacidade de difusão

Empresas (CNPJ)	Nº de licitações	Capacidade de Difusão	Betweenness	Grau	Clustering	Ganho Total	Preço unitário máximo
11877124xxxxxx	14	0,0100100	11080,37834	142	0,1314554	R\$ -	R\$ -
18702558xxxxxx	19	0,0099774	6877,495997	76	0,1561404	R\$ 40.623,10	R\$ 12,00
5997927xxxxxx	11	0,0099621	5008,36694	99	0,1809936	R\$ 147.741,95	R\$ 0,14
26240632xxxxxx	17	0,0099477	3779,885028	58	0,1802783	R\$ 9.440,70	R\$ 16,56
23119087xxxxxx	8	0,0099407	1399,056518	51	0,3160784	R\$ -	R\$ -
13395341xxxxxx	8	0,0099342	3846,760213	68	0,2427568	R\$ -	R\$ -
7657779xxxxxx	5	0,0099146	831,0515435	46	0,3729469	R\$ -	R\$ -
32612590xxxxxx	3	0,0099106	782,2363682	47	0,4070305	R\$ -	R\$ -
22077847xxxxxx	5	0,0099089	1639,694103	46	0,2821256	R\$ -	R\$ -
1706665xxxxxx	7	0,0099043	1255,305676	41	0,2902439	R\$ 900,00	R\$ 0,09

Fonte: Elaboração própria.

A empresa com maior preço unitário (Tabela 9) participou apenas de um processo licitatório sem concorrência (grau zero), configurando modalidades de compra como dispensa ou inexigibilidade. Outras três empresas da lista também se encontram nessa mesma situação.

Tabela 9 – Gorro hospitalar: comparativo das 10 empresas com maior preço unitário

Empresas (CNPJ)	Nº de licitações	Capacidade de Difusão	Betweenness	Grau	Clustering	Ganho Total	Preço unitário máximo
8144641xxxxxx	1	0,0011249	0	0	0	R\$ 31,00	R\$ 31,00
26240632xxxxxx	17	0,0099477	3779,88503	58	0,1802783	R\$ 9.440,70	R\$ 16,56
27330244xxxxxx	2	0,0097275	259,90276	8	0,4642857	R\$ 2.080,00	R\$ 16,00
7955424xxxxxx	1	0,0097104	0	6	1	R\$ 16.200,00	R\$ 13,50
26164375xxxxxx	1	0,0011249	0	0	0	R\$ 108,00	R\$ 13,50
26108209xxxxxx	1	0,0011249	0	0	0	R\$ 1.296,00	R\$ 12,96
2477571xxxxxx	1	0,0095226	0	3	1	R\$ 25,68	R\$ 12,84
5999074xxxxxx	2	0,0097110	0	14	1	R\$ 1.218,85	R\$ 12,83
18702558xxxxxx	19	0,0099774	6877,49600	76	0,1561404	R\$ 40.623,10	R\$ 12,00
64440688xxxxxx	1	0,0011249	0	0	0	R\$ 11,00	R\$ 11,00

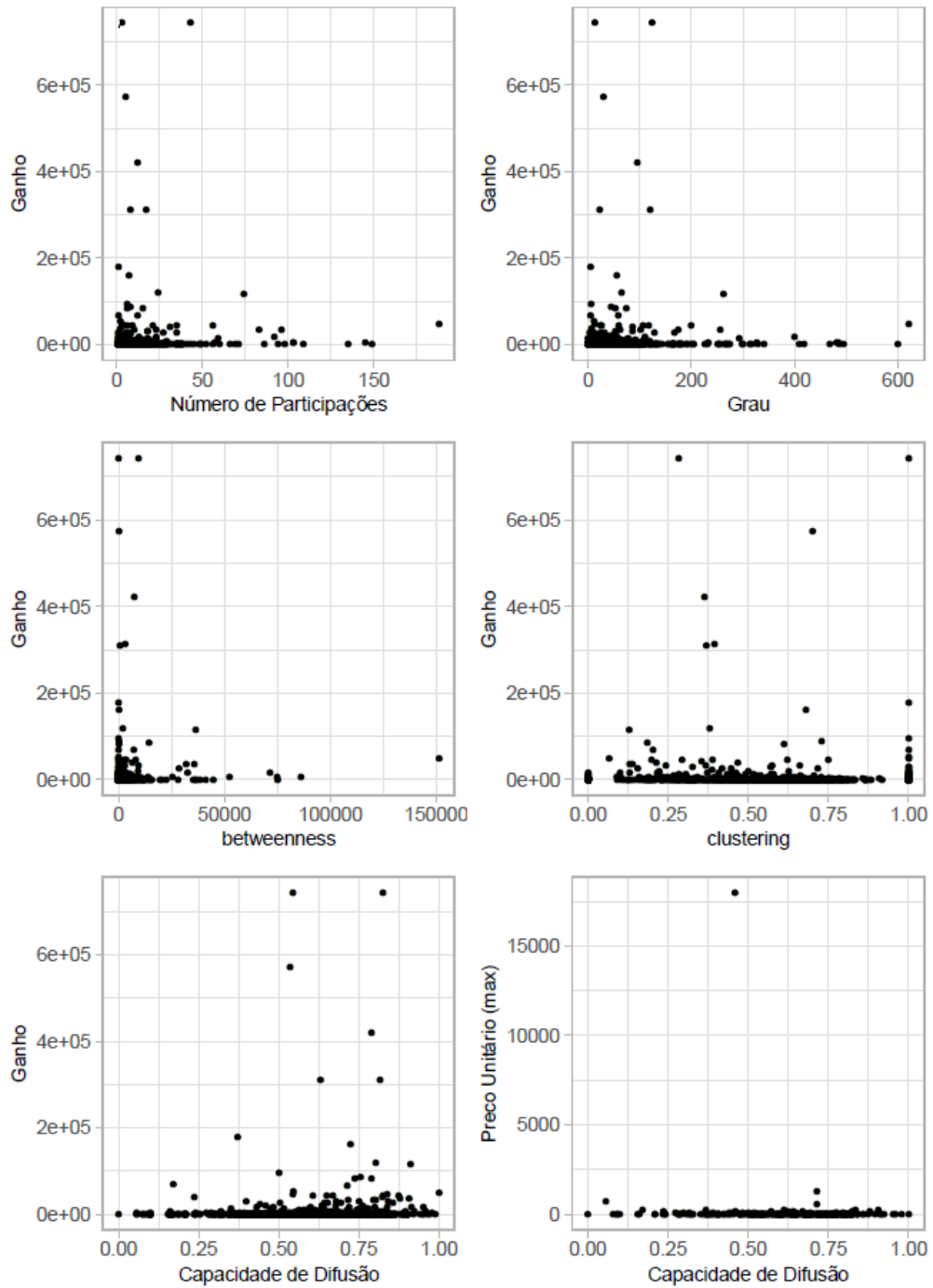
Fonte: Elaboração própria.

Com relação ao coeficiente de *clustering*, identificamos 204 empresas com índice igual a 1; destas, 185 não apresentaram ganho.

5.2.3 Luva cirúrgica

A Figura 8 mostra que os maiores ganhos de empresas licitantes de luva cirúrgica foram alcançados por atores com baixo *betweenness*, baixo número de participações em licitações e baixo grau. Uma empresa que participou de quase 150 certames não obteve nenhum ganho, o que chama a atenção pelo custo de participação em tantos processos não ser compensado por alguma vitória e, ainda assim, a empresa continuar participando de novas rodadas. Também identificamos empresas com alto *clustering* e ganho alto e outras com alto índice e ganhos baixos ou iguais a zero. Há a possibilidade de que o grupo esteja atuando de modo que apenas uma empresa receba os ganhos enquanto as outras atuam para simular a legitimidade do processo licitatório.

Figura 8 – Gráficos comparativos das empresas licitantes de luva cirúrgica



Fonte: Elaboração própria

A Tabela 10 apresenta a empresa com o maior número de participações nas licitações, também com a maior capacidade de difusão, o maior grau, e a maior *betweenness*. A segunda, quarta, quinta, oitava e décima empresas não apresentaram ganhos – o que deixa, novamente, a suspeita de participação fraudulenta, uma vez que de que os custos de participação nos processos não foram compensados com vitória em nenhum certame.

Tabela 10 – Luva cirúrgica: comparativo das 10 empresas com maior número de participações em licitações

Empresas (CNPJ)	Nº de licitações	Capacidade de Difusão	Betweenness	Grau	Clustering	Ganho Total	Preço unitário máximo
12811487xxxxxx	188	0,0011160	151303,0459	621	0,0648278	R\$ 48.689,22	R\$ 19,59
2871952000xxxxxx	149	0,0011159	75201,04745	600	0,0901391	R\$ -	R\$ -
12670981xxxxxx	145	0,0011158	86138,14951	485	0,0891540	R\$ 4.158,30	R\$ 24,60
2695067000xxxxxx	135	0,0011158	44716,03401	487	0,1040130	R\$ -	R\$ -
253299000xxxxxx	109	0,0011157	41242,47184	495	0,1124279	R\$ -	R\$ -
13986656xxxxxx	103	0,0011154	52468,08207	327	0,1014052	R\$ 5.612,00	R\$ 18,50
8658622xxxxxx	103	0,0011157	74864,29907	481	0,0909390	R\$ 5.318,22	R\$ 10,82
297045900xxxxxx	98	0,0011156	38453,48605	409	0,1263364	R\$ -	R\$ -
18274923xxxxxx	96	0,0011153	31829,00988	256	0,1294730	R\$ 35.305,02	R\$ 248,07
182749200xxxxxx	94	0,0011156	36794,04659	468	0,1242794	R\$ -	R\$ -

Fonte: Elaboração própria.

Com relação à capacidade de difusão (TABELA 11), percebemos a mesma situação das empresas que não apresentaram nenhum ganho.

Tabela 11 – Luva cirúrgica: comparativo das 10 empresas com maior capacidade de difusão

Empresas (CNPJ)	Nº de licitações	Capacidade de Difusão	Betweenness	Grau	Clustering	Ganho Total	Preço unitário máximo
12811487xxxxxx	188	0,0011160	151303,046	621	0,0648278	R\$ 48.689,22	R\$ 19,59
287195200xxxxxx	149	0,0011159	75201,047	600	0,0901391	R\$ -	R\$ -
12670981xxxxxx	145	0,0011158	86138,150	485	0,0891540	R\$ 4.158,30	R\$ 24,60
26950670xxxxxx	135	0,0011158	44716,034	487	0,1040130	R\$ -	R\$ -
25329900xxxxxx	109	0,0011157	41242,472	495	0,1124279	R\$ -	R\$ -
8658622xxxxxx	103	0,0011157	74864,299	481	0,0909390	R\$ 5.318,22	R\$ 10,82
11186469xxxxxx	92	0,0011156	71496,115	400	0,0996366	R\$ 16.104,00	R\$ 19,00
182749200xxxxxx	94	0,0011156	36794,047	468	0,1242794	R\$ -	R\$ -
272046900xxxxxx	86	0,0011156	36128,490	418	0,1212236	R\$ -	R\$ -
29704590xxxxxx	98	0,0011156	38453,486	409	0,1263364	R\$ -	R\$ -

Fonte: Elaboração própria.

A empresa que obteve maior preço unitário (TABELA 12) participou apenas de dois processos licitatórios, e ofertou a luva cirúrgica por R\$ 17.975,00. Cabe ressaltar que o preço médio do item foi de R\$ 47,45 e a mediana R\$ 4,50, evidenciando a irracionalidade desse preço. Verificamos que quatro empresas da lista apresentaram grau igual a zero, apontando para modalidades de compra que não possuem concorrência (dispensa e inexigibilidade).

Tabela 12 – Luva cirúrgica: comparativo das 10 empresas com maior preço unitário

Empresas (CNPJ)	Nº de licitações	Capacidade de Difusão	Betweenness	Grau	Clustering	Ganho Total	Preço unitário máximo
35951011xxxxxx	2	0,0011121	279,43364	12	0,5	R\$ 19.613,00	R\$ 17.975,00
26746817xxxxxx	12	0,0011139	7226,96756	58	0,2014519	R\$ 67.226,95	R\$ 1.297,84
19867834xxxxxx	1	0,0011092	0	3	1	R\$ 1.448,00	R\$ 724,00
33860074xxxxxx	1	0,0001921	0	1	0	R\$ 1.200,00	R\$ 600,00
16880985xxxxxx	3	0,0001921	0	1	0	R\$ 1.784,40	R\$ 594,80
8973252xxxxxx	9	0,0011139	450,46423	21	0,6619048	R\$ 8.231,00	R\$ 568,00
18155375xxxxxx	1	0,0001918	0	0	0	R\$ 389,00	R\$ 389,00
4550248xxxxxx	1	0,0001918	0	0	0	R\$ 685,00	R\$ 342,50
xxxxxx	1	0,0001918	0	0	0	R\$ 3.287,30	R\$ 328,73
32324669xxxxxx	1	0,0001918	0	0	0	R\$ 322,90	R\$ 322,90

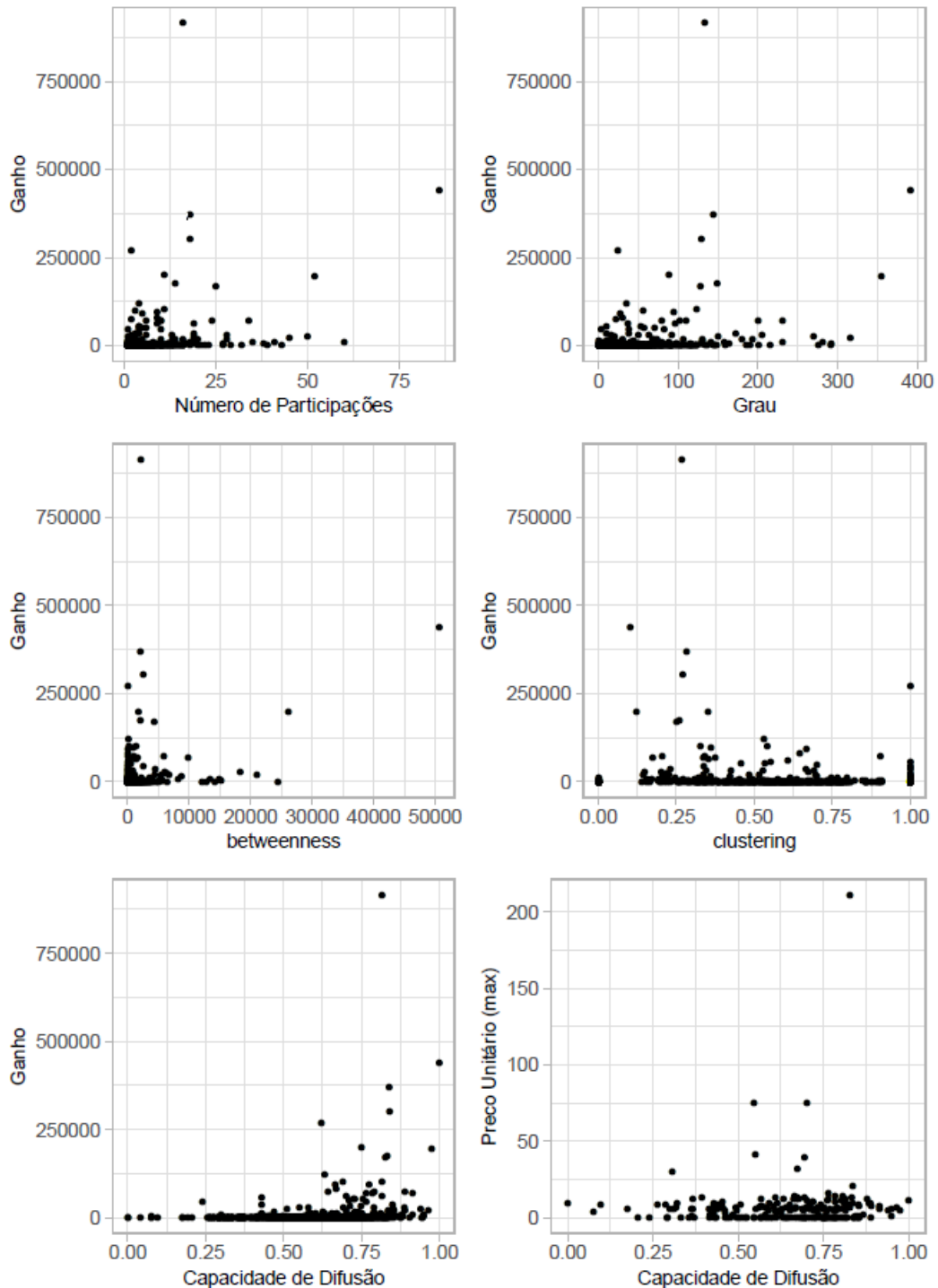
Fonte: Elaboração própria.

Das 1471 empresas licitantes de luva cirúrgica, 965 apresentaram coeficiente de *clustering* igual a 1. Dessas, 881 não obtiveram nenhum ganho com os processos.

5.2.4 Máscara cirúrgica

Com relação às empresas licitantes de máscara cirúrgica, a Figura 9 mostra que maior *betweenness* e coeficiente de *clustering* não levaram ao ganho máximo. O preço unitário máximo foi praticado por empresa com alta capacidade de difusão, e parte das empresas com coeficiente de *clustering* igual a 1 parecem dividir os ganhos (existe a possibilidade de formação de cartel com rodízio de vencedores).

Figura 9 – Gráficos comparativos das empresas licitantes de máscara cirúrgica



Fonte: Elaboração própria.

Conforme a Tabela 13, a empresa com maior participação nas licitações é também a de maior capacidade de difusão, maior *betweenness* e maior grau. A sexta e oitava empresas não apresentaram ganhos, mesmo participando de 43 e 39 processos, respectivamente. Os custos de participação não compensados com a vitória em algum certame chama a atenção para possível fraude no processo.

Tabela 13 – Máscara cirúrgica: comparativo das 10 empresas com maior número de participações em licitações

Empresas (CNPJ)	Nº de licitações	Capacidade de Difusão	Betweenness	Grau	Clustering	Ganho Total	Preço unitário máximo
18702558xxxxxx	86	0,0020920	50699,5892	391	0,1018165	R\$ 438.536,65	R\$ 10,85
26240632xxxxxx	60	0,0020901	13400,3677	231	0,1706004	R\$ 8.295,75	R\$ 7,51
5997927xxxxxx	52	0,0020914	26143,6995	355	0,1216519	R\$ 196.076,15	R\$ 4,89
32612587xxxxxx	50	0,0020906	18254,2354	270	0,1473220	R\$ 25.238,80	R\$ 4,84
13395341xxxxxx	45	0,0020912	20989,8908	316	0,1422343	R\$ 19.486,50	R\$ 6,99
22970956xxxxxx	43	0,0020908	24436,7414	276	0,1386298	R\$ -	R\$ -
2718775xxxxxx	41	0,0020908	14882,9663	281	0,1556940	R\$ 8.167,00	R\$ 0,80
11877124xxxxxx	39	0,0020907	14129,5643	291	0,1539519	R\$ -	R\$ -
23119087xxxxxx	38	0,0020908	15169,6017	292	0,1504496	R\$ 4.032,00	R\$ 5,76
32708161xxxxxx	35	0,0020892	8177,1540	158	0,1933403	R\$ 8.349,36	R\$ 12,12

Fonte: Elaboração própria.

No que diz respeito à capacidade de difusão (TABELA 14), as mesmas duas empresas apresentadas anteriormente não obtiveram ganhos, apesar da alta capacidade de difusão e participação em processos.

Tabela 14 – Máscara Cirúrgica: Análise das 10 empresas com maior capacidade de difusão

Empresas (CNPJ)	Nº de licitações	Capacidade de Difusão	Betweenness	Grau	Clustering	Ganho Total	Preço unitário máximo
18702558xxxxxx	86	0,0020920	50699,5892	391	0,1018165	R\$ 438.536,65	R\$ 10,85
5997927xxxxxx	52	0,0020914	26143,6995	355	0,1216519	R\$ 196.076,15	R\$ 4,89
13395341xxxxxx	45	0,0020912	20989,8908	316	0,1422343	R\$ 19.486,50	R\$ 6,99
27187758xxxxxx	41	0,0020908	14882,9663	281	0,1556940	R\$ 8.167,00	R\$ 0,80
23119087xxxxxx	38	0,0020908	15169,6017	292	0,1504496	R\$ 4.032,00	R\$ 5,76
22970956xxxxxx	43	0,0020908	24436,7414	276	0,1386298	R\$ -	R\$ -
11877124xxxxxx	39	0,0020907	14129,5643	291	0,1539519	R\$ -	R\$ -
32612587xxxxxx	50	0,0020906	18254,2354	270	0,1473220	R\$ 25.238,80	R\$ 4,84
26240632xxxxxx	60	0,0020901	13400,3677	231	0,1706004	R\$ 8.295,75	R\$ 7,51
22862531xxxxxx	34	0,0020900	9832,3767	231	0,1739507	R\$ 68.424,50	R\$ 5,31

Fonte: Elaboração própria.

O maior preço unitário (TABELA 15) foi obtido por empresa que participou de 25 processos licitatórios, tem grau 128 e baixo coeficiente de *clustering*. Identificamos também duas empresas com grau zero, o que sinaliza modalidades de compra que não têm concorrência (dispensa e inexigibilidade).

Tabela 15 – Máscara cirúrgica: comparativo das 10 empresas com maior preço unitário

Empresas (CNPJ)	Nº de licitações	Capacidade de Difusão	Betweenness	Grau	Clustering	Ganho Total	Preço unitário máximo
61418042xxxxxx	25	0,0020881	4309,15453	128	0,2501230	R\$ 168.686,86	R\$ 210,92
11301724xxxxxx	3	0,0020818	16,40420	10	0,7333333	R\$ 1.504,40	R\$ 75,22
3132196xxxxxx	10	0,0020853	707,83635	30	0,4827586	R\$ 19.050,00	R\$ 75,00
15534401xxxxxx	1	0,0003480	0	4	1	R\$ 1.382,40	R\$ 43,20
12313826xxxxxx	2	0,0020820	0	7	1	R\$ 1.500,20	R\$ 40,94
12164483xxxxxx	8	0,0020851	245,029957	39	0,49257760	R\$ 2.730,00	R\$ 39,00
20585396xxxxxx	1	0,0003446	0	0	0	R\$ 175,00	R\$ 35,00
24402903xxxxxx	6	0,0020847	704,337575	47	0,35430157	R\$ 158,70	R\$ 31,74
90930967xxxxxx	2	0,0020765	0	4	1	R\$ 30,00	R\$ 30,00
4500618xxxxxx	1	0,0003446	0	0	0	R\$ 28,00	R\$ 28,00

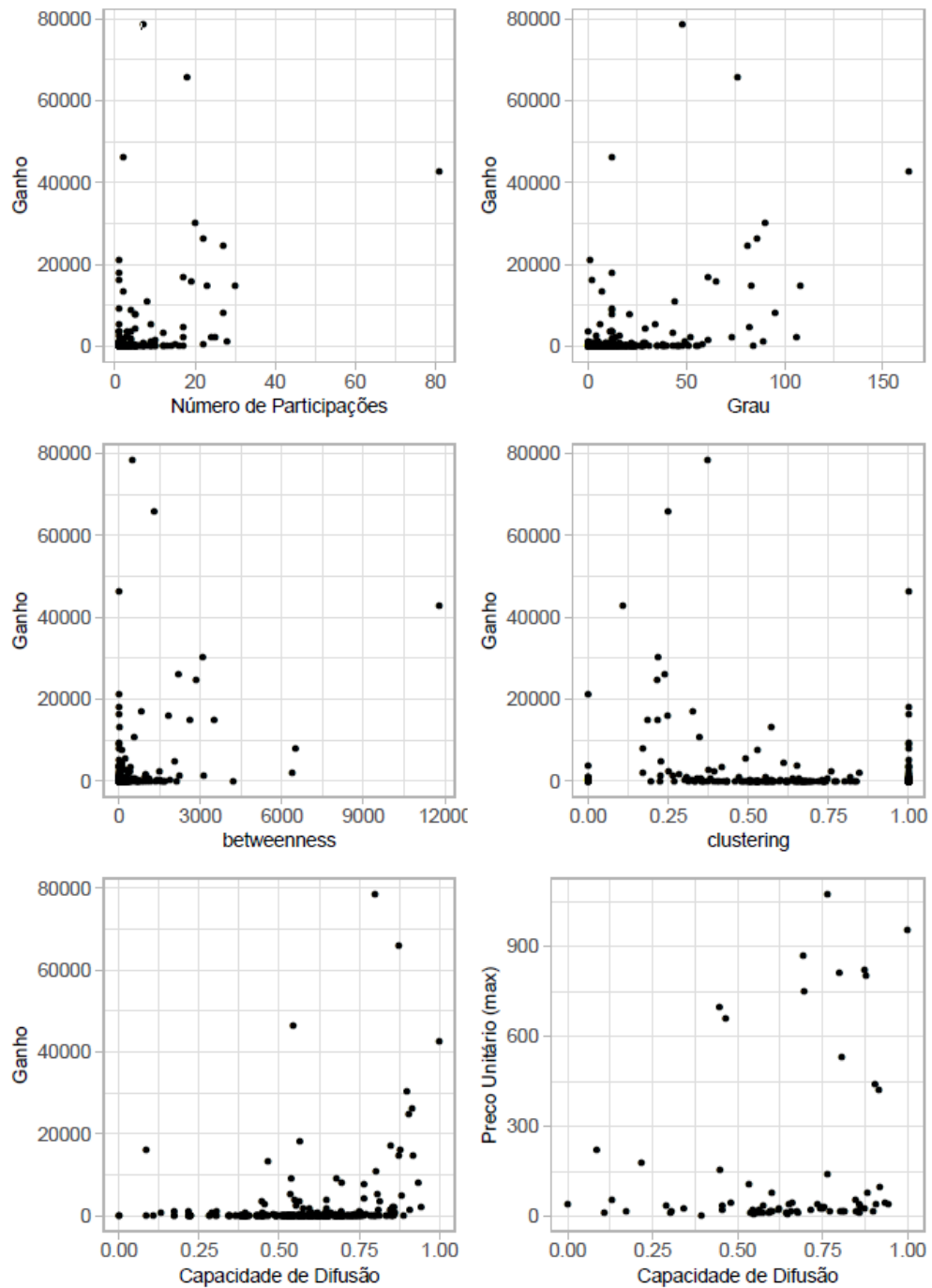
Fonte: Elaboração própria.

Com relação ao coeficiente de *clustering*, 496 empresas apresentaram índice igual a 1. Dessas, 442 não obtiveram ganhos nos processos.

5.2.5 Protetor facial

Das empresas licitantes de protetor facial (FIGURA 10), percebemos que os maiores preços unitários foram praticados por empresas com alta capacidade de difusão. Percebemos também uma possível distribuição de ganhos entre as que apresentaram *clustering* igual a 1. Empresas com maior capacidade de difusão apresentaram, em média, maiores ganhos nos processos licitatórios.

Figura 10 – Gráficos comparativos das empresas licitantes de protetor facial



Fonte: Elaboração própria.

A Tabela 16 apresenta a empresa com maior número de participações nas licitações, que é também a de maior capacidade de difusão, maior grau e maior *betweenness*.

Tabela 16 – Protetor facial: comparativo das 10 empresas com maior número de participações em licitações

Empresas (CNPJ)	Nº de licitações	Capacidade de Difusão	Betweenness	Grau	Clustering	Ganho Total	Preço unitário máximo
19320823xxxxxx	81	0,0038172	11797,5199	163	0,108763	R\$ 42.676,51	R\$ 952,00
18274923xxxxxx	30	0,0038110	3506,4769	108	0,185012	R\$ 14.696,60	R\$ 95,63
12670981xxxxxx	28	0,0038101	2217,8601	89	0,225230	R\$ 1.234,00	R\$ 42,00
22966860xxxxxx	27	0,0038099	2832,3845	81	0,215741	R\$ 24.601,00	R\$ 440,00
24655257xxxxxx	27	0,0038121	6497,9794	95	0,170885	R\$ 8.004,82	R\$ 43,99
26469541xxxxxx	25	0,0038129	6372,4092	106	0,169991	R\$ 2.078,60	R\$ 40,05
24402903xxxxxx	24	0,0038064	404,4760	52	0,392911	R\$ 2.226,55	R\$ 39,67
8658622xxxxxx	23	0,0038075	2605,4977	83	0,215986	R\$ 14.738,58	R\$ 24,99
12335267xxxxxx	22	0,0038107	2189,6414	86	0,239398	R\$ 26.127,42	R\$ 421,41
26517495xxxxxx	22	0,0038066	574,2690	58	0,339383	R\$ 594,67	R\$ 29,73

Fonte: Elaboração própria.

A empresa com maior capacidade de difusão (TABELA 17) é a de segundo maior preço unitário e quarto maior ganho. A empresa de nona maior capacidade de difusão não apresentou ganhos, mesmo participando de 16 processos licitatórios.

Tabela 17 – Protetor facial: comparativo das 10 empresas com maior capacidade de difusão

Empresas (CNPJ)	Nº de licitações	Capacidade de Difusão	Betweenness	Grau	Clustering	Ganho Total	Preço unitário máximo
19320823xxxxxx	81	0,0038172	11797,5199	163	0,108763	R\$ 42.676,51	R\$ 952,00
26469541xxxxxx	25	0,0038129	6372,4092	106	0,169991	R\$ 2.078,60	R\$ 40,05
24655257xxxxxx	27	0,0038121	6497,9794	95	0,170885	R\$ 8.004,82	R\$ 43,99
18274923xxxxxx	30	0,0038110	3506,4769	108	0,185012	R\$ 14.696,60	R\$ 95,63
12335267xxxxxx	22	0,0038107	2189,6414	86	0,239398	R\$ 26.127,42	R\$ 421,41
12670981xxxxxx	28	0,0038101	2217,8601	89	0,225230	R\$ 1.234,00	R\$ 42,00
22966860xxxxxx	27	0,0038099	2832,3845	81	0,215741	R\$ 24.601,00	R\$ 440,00
14984352xxxxxx	20	0,0038095	3088,2549	90	0,218727	R\$ 30.200,57	R\$ 16,50
14566765xxxxxx	16	0,0038087	4196,4469	84	0,196213	R\$ -	R\$ -
13395341xxxxxx	17	0,0038083	2048,0335	82	0,227642	R\$ 4.709,52	R\$ 79,00

Fonte: Elaboração própria.

A Tabela 18 mostra novamente a empresa de maior capacidade de difusão, número de licitações, grau e *betweenness* como a segunda empresa com maior preço unitário praticado. Identificamos ainda que o quinto maior preço unitário apresentado é da empresa com maior ganho. As empresas na sétima e oitava posição apresentaram *clustering* igual a 1, ou seja, participam de grupo coeso.

Tabela 18 – Protetor facial: comparativo das 10 empresas com maior preço unitário

Empresas (CNPJ)	Nº de licitações	Capacidade de Difusão	Betweenness	Grau	Clustering	Ganho Total	Preço unitário máximo
27454921xxxxxx	5	0,0037993	96,8459454	29	0,6108374	R\$ 4.293,92	R\$ 1.073,48
19320823xxxxxx	81	0,0038172	11797,5199306	163	0,1087632	R\$ 42.676,51	R\$ 952,00
26889274xxxxxx	4	0,0037939	287,4217959	28	0,4708995	R\$ 870,00	R\$ 870,00
14793395xxxxxx	18	0,0038075	1294,7359614	76	0,2491228	R\$ 65.818,40	R\$ 819,32
21204313xxxxxx	7	0,0038020	480,0413149	48	0,3723404	R\$ 78.516,80	R\$ 809,05
31411095xxxxxx	19	0,0038079	1813,4131587	65	0,2480769	R\$ 15.940,50	R\$ 802,25
5261377xxxxxx	5	0,0037941	0	12	1	R\$ 7.829,98	R\$ 749,75
27951455xxxxxx	1	0,0037752	0	11	1	R\$ 3.490,00	R\$ 698,00
17261979xxxxxx	2	0,0037766	9,9880285	7	0,5714286	R\$ 13.196,00	R\$ 659,80
28036510xxxxxx	9	0,0038025	217,5244173	34	0,4919786	R\$ 5.309,00	R\$ 530,90

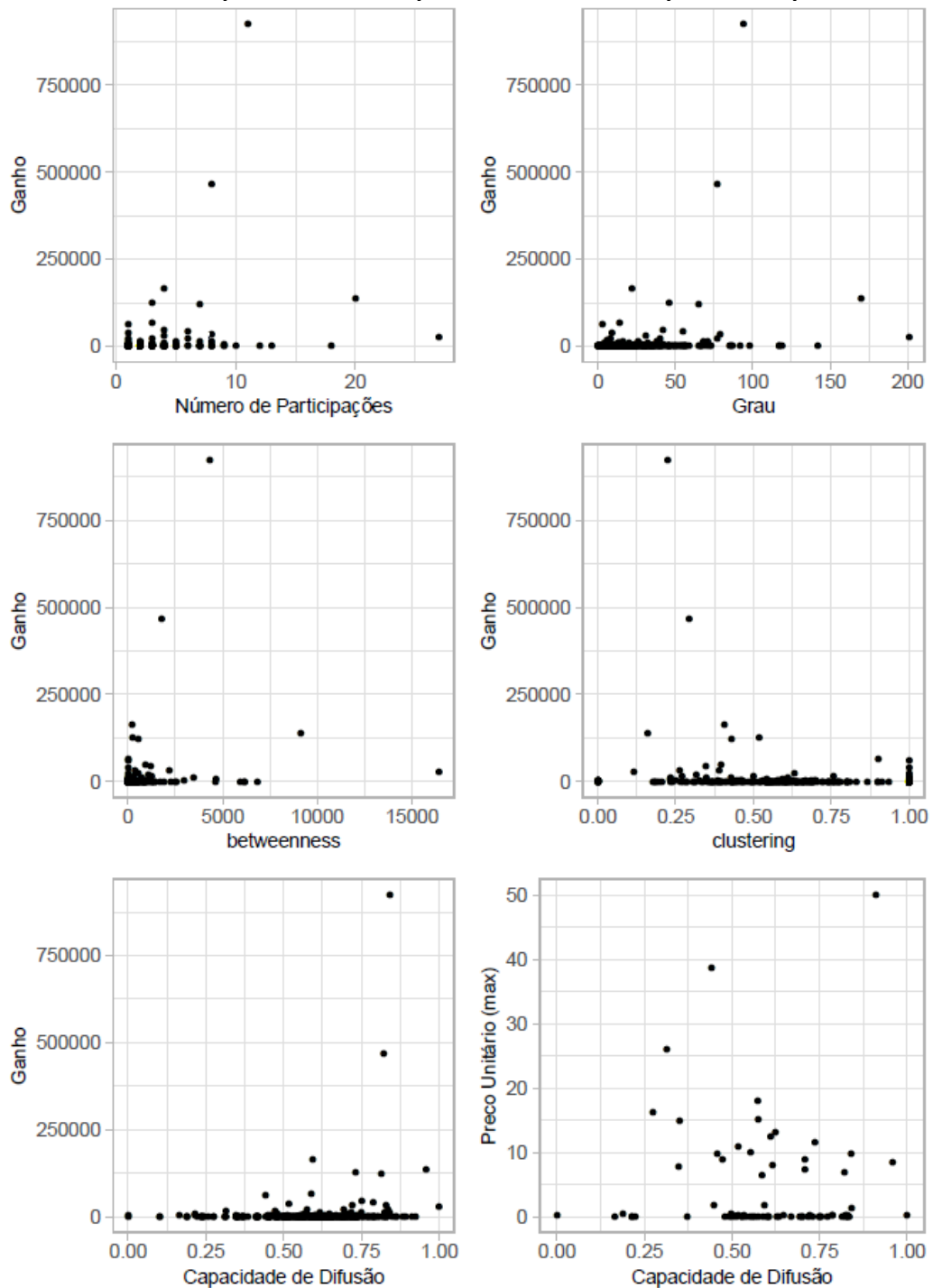
Fonte: Elaboração própria.

Com relação ao coeficiente de *clustering*, 227 empresas apresentaram índice igual a 1; 196 dessas não tiveram ganho.

5.2.6 Sapatilha hospitalar

Das empresas licitantes de sapatilha hospitalar (FIGURA 11), percebemos que o maior preço unitário e o maior ganho foram praticados por empresas com alta capacidade de difusão. Por outro lado, também identificamos empresas com alta capacidade de difusão e ganho zero, assim como empresas com alto grau e alta *betweenness* e ganho bem próximo de zero. O aumento do coeficiente de *clustering* não refletiu em maiores ganhos. Nessa rede, participar de grupos coesos não contribuiu diretamente para que as empresas obtivessem maiores ganhos nos processos licitatórios.

Figura 11 – Gráficos comparativos das empresas licitantes de sapatilha hospitalar



Fonte: Elaboração própria.

A Tabela 19 mostra que a empresa com maior participação nas licitações é também a de maior capacidade de difusão, maior *betweenness*, e maior grau. A terceira empresa com maior participação apresenta o maior preço unitário praticado, enquanto a sexta empresa da lista apresenta o maior ganho.

Tabela 19 – Sapatilha hospitalar: comparativo das 10 empresas com maior número de participações em licitações

Empresas (CNPJ)	Nº de licitações	Capacidade de Difusão	Betweenness	Grau	Clustering	Ganho Total	Preço unitário máximo
11877124xxxxxx	27	0,0072166	16451,1841	201	0,1149254	R\$ 27.676,00	R\$ 0,22
5997927xxxxxx	20	0,0072045	9128,4138	170	0,1597633	R\$ 137.148,80	R\$ 8,58
32612587xxxxxx	18	0,0071908	4627,7583	119	0,1767554	R\$ 100,00	R\$ 50,00
19082400xxxxxx	13	0,0071945	6150,6138	142	0,1857956	R\$ -	R\$ -
13217490xxxxxx	12	0,0071850	5929,9949	117	0,1951076	R\$ -	R\$ -
27608037xxxxxx	11	0,0071703	4310,0745	94	0,2246625	R\$ 923.938,73	R\$ 1,30
18702558xxxxxx	10	0,0071766	6830,8312	98	0,1828319	R\$ -	R\$ -
22862531xxxxxx	9	0,0071668	2949,7984	87	0,2493986	R\$ 1.500,00	R\$ 0,15
27187758xxxxxx	9	0,0071667	4639,7885	70	0,2310559	R\$ 6.500,00	R\$ 0,13
22970956xxxxxx	9	0,0071823	6153,0477	117	0,2063071	R\$ -	R\$ -

Fonte: Elaboração própria.

Com relação a capacidade de difusão (TABELA 20), verificamos as mesmas empresas apontadas anteriormente, com uma mudança na posição da lista. A quarta empresa é a de maior preço unitário, e a décima a de maior ganho.

Tabela 20 – Sapatilha hospitalar: comparativo das 10 empresas com maior capacidade de difusão

Empresas (CNPJ)	Nº de licitações	Capacidade de Difusão	Betweenness	Grau	Clustering	Ganho Total	Preço unitário máximo
11877124xxxxxx	27	0,0072166	16451,1841	201	0,1149254	R\$ 27.676,00	R\$ 0,22
5997927xxxxxx	20	0,0072045	9128,4138	170	0,1597633	R\$ 137.148,80	R\$ 8,58
19082400xxxxxx	13	0,0071945	6150,6138	142	0,1857956	R\$ -	R\$ -
32612587xxxxxx	18	0,0071908	4627,7583	119	0,1767554	R\$ 100,00	R\$ 50,00
13217490xxxxxx	12	0,0071850	5929,9949	117	0,1951076	R\$ -	R\$ -
22970956xxxxxx	9	0,0071823	6153,0477	117	0,2063071	R\$ -	R\$ -
18702558xxxxxx	10	0,0071766	6830,8312	98	0,1828319	R\$ -	R\$ -
8766992xxxxxx	7	0,0071759	1698,5591	92	0,2732919	R\$ -	R\$ -
23119087xxxxxx	7	0,0071724	2542,9655	85	0,2655462	R\$ -	R\$ -
27608037xxxxxx	11	0,0071703	4310,0745	94	0,2246625	R\$ 923.938,73	R\$ 1,30

Fonte: Elaboração própria.

Tratando especificamente das empresas que apresentaram maior preço (TABELA 21), identificamos dois atores com grau zero, o que significa modalidades de compra que não contam com a concorrência. Além disso, chama a atenção o fato de que quatro empresas da lista apresentação *clustering* igual a 1 (grupos coesos).

Tabela 21 – Sapatilha hospitalar: comparativo das 10 empresas com maior preço unitário

Empresas (CNPJ)	Nº de licitações	Capacidade de Difusão	Betweenness	Grau	Clustering	Ganho Total	Preço unitário máximo
32612587xxxxxx	18	0,0071908	4627,7583348	119	0,1767554	R\$ 100,00	R\$ 50,00
13008903xxxxxx	1	0,0070536	0	3	1	R\$ 61.776,00	R\$ 38,61
7955424xxxxxx	1	0,0070165	0	6	1	R\$ 15.660,00	R\$ 26,10
67403154xxxxxx	4	0,0070922	190,4020695	14	0,4285714	R\$ 9.580,00	R\$ 17,98
8084503xxxxxx	1	0,0070049	0	3	1	R\$ 1.629,00	R\$ 16,29
30645136xxxxxx	1	0,0007369	0	0	0	R\$ 800,00	R\$ 16,00
7946534xxxxxx	2	0,0070927	54,6425237	15	0,6857143	R\$ 1.816,80	R\$ 15,14
24198128xxxxxx	1	0,0070270	0	6	1	R\$ 300,00	R\$ 15,00
17634227xxxxxx	3	0,0071069	92,5895078	13	0,4615385	R\$ 1.180,80	R\$ 13,12
12734018xxxxxx	1	0,0007369	0	0	0	R\$ 91,00	R\$ 13,00

Fonte: Elaboração própria

Com relação ao coeficiente de *clustering*, identificamos 235 empresas com índice igual a 1. Dessas, 225 não obtiveram nenhum ganho.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O mapeamento dos atores que compõem a rede de empresas licitantes nos permitiu perceber que a aplicação de medidas de redes, especialmente a de capacidade de difusão de informação, traz contribuições para o estudo de comportamentos fraudulentos em licitações públicas. Com este estudo, identificamos situações críticas, que exigem investigação mais cuidadosa pelas instituições de controle, como as empresas que participaram de muitos processos licitatórios, tem alto poder de influência no comportamento da rede, mas nunca obtiveram nenhum ganho.

É importante ressaltar que avaliamos apenas um recorte de seis itens licitados e comprados pelo governo federal, e já encontramos muitos pontos preocupantes. Ampliando o olhar para todo o universo de compras governamentais (todos itens comprados pela União, estados e municípios) é indiscutível a gravidade da situação. O grande volume de informações geradas e a análise, muitas vezes manual, dificulta ainda mais a identificação dos cartéis nas compras públicas. Em função da limitação de recursos e de tempo para fiscalizar toda essa rede de empresas, é preciso escolher parte delas para direcionar os esforços de investigação.

A utilização das medidas de redes se mostrou relevante nesse direcionamento. Especialmente a combinação das medidas entre si e com dados absolutos como ganho e número de participação em licitações. Se o *clustering*, isoladamente, trouxe pouco avanço na identificação das empresas pelo fato de muitas delas apresentarem coeficiente igual a 1, já a sua combinação com outras informações gerou análises interessantes, como a sinalização de grupos altamente coesos que não obtiveram ganho ou que aparentam ter distribuição dos valores recebidos entre os participantes. Uma reflexão semelhante se aplica à capacidade de difusão, que se analisada isoladamente, já sinaliza algumas situações, mas se trabalhada em conjunto com o ganho das empresas pode trazer apontamentos ainda mais ricos sobre os processos. Empresas com alto poder de difusão de informação e alto ganho podem apontar para um uso da influência para o favorecimento próprio, ao passo que outras com alta difusão e ganho zero sinalizam o provável uso da influência para favorecer terceiros.

Apesar dos avanços deste estudo na proposta de analisar a interação de empresas licitantes com base na ciência de redes e capacidade de difusão de informação, o recorte utilizado para a análise de apenas seis itens e um único ano tem como consequência uma limitação da interpretação das conclusões obtidas. Para refinar e amadurecer o modelo, é importante replicar o estudo para outros itens, períodos e esferas governamentais.

Novas rodadas de aplicação das medidas que utilizamos podem contribuir para o refinamento do modelo e para sua aplicação prática voltada para a controlabilidade do sistema.

Quanto e quais atores precisam ser controlados para que todo o sistema esteja sob controle? Ao tratar de itens com interseção de empresas fornecedoras, como no caso dos equipamentos de proteção individual, é possível otimizar ainda mais esse olhar com uma análise multicamadas? Ao acompanhar de perto uma única empresa com alta capacidade de difusão nas seis camadas, as instituições de controle estariam atuando contra o comportamento fraudulento em vários mercados de uma só vez. Acreditamos que a capacidade de difusão tem papel importante nessa identificação, mas o refinamento do modelo é necessário para delimitar melhor quais combinações dessa medida com outros fatores e medidas pode otimizar o direcionamento.

Por fim, ressaltamos a importância do estudo e da sua continuidade por trazer contribuições práticas da ciência de redes para a análise e resolução de problemas reais e complexos como a fiscalização de formação de cartéis nas licitações públicas.

REFERÊNCIAS

ABRANTES-METZ, R. M.; BAJARI, P. Screens for conspiracies and their multiple applications. *Compet Policy Int.*, n. 8, p. 177-193, 2009.

BHAGAT, S.; BURKE, M.; DIUK, C; FILIZ, I.O.; EDUNOV, S. Three and a half degrees of separation. 2016. Disponível em: <https://research.fb.com/blog/2016/02/three-and-a-half-degrees-of-separation/>. Acesso em: 25 out. 2020.

BARABASI, A. L. Network Science, 2016. Cambridge University Press. [Ebook online.] Disponível em: <http://barabasi.com/networksciencebook/>.

BARABASI, A. L.; ALBERT, R. Emergence of scaling in random networks. *Science*, American Association for the Advancement of Science, 1999. Disponível em: <https://doi.org/10.1126/science.286.5439.509>.

BARBIERI, A. L. Análise de robustez em redes complexas. Dissertação de Mestrado, Instituto de Física de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.

BORGES, M. C. M. Da licitação como instrumento para uma gestão condizente com o interesse público: o problema do formalismo exacerbado na frustração desse fim e a importância da participação popular para implementar a efetividade do seu controle. Revista do TCU. Jul/ Set 2005.

BRASIL. Constituição (1988). *Constituição da República Federativa do Brasil*, 1988. Brasília: Senado Federal, 1988. 292p.

BRASIL. Decreto nº 5.450 de 31 de maio de 2005. Regulamenta o pregão, na forma eletrônica, para aquisição de bens e serviços comuns, e dá outras providências. *DOU da República Federativa do Brasil*, Poder Executivo, Brasília, DF, 2005. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil>.

BRASIL. Decreto nº 7.892, de 23 de janeiro de 2013. Regulamenta o Sistema de Registro de Preços previsto no art. 15 da Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993. *DOU da República Federativa do Brasil*, Poder Executivo, Brasília, DF, 2013. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil>.

BRASIL. Congresso Nacional. Lei 8.666 de 21 de junho de 1993. Regulamenta o art. 37, inciso XXI, da Constituição Federal, institui normas para licitações e contratos da Administração Pública e dá outras providências. *DOU da República Federativa do Brasil*, Poder Executivo, Brasília, DF, 1993. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil>.

BRASIL. Congresso Nacional. Lei 10.520 de 17 de julho de 2002. Institui, no âmbito da União, Estados, Distrito Federal e Municípios, nos termos do art. 37, inciso XXI, da Constituição Federal, modalidade de licitação denominada pregão, para aquisição de bens e serviços comuns, e dá outras providências. *DOU da República Federativa do Brasil*, Poder Executivo, Brasília, DF, 2002. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil>.

BRASIL. Congresso Nacional. Lei 12.462 de 04 de agosto de 2011. Institui o Redime Diferenciado de Contratações Públicas – RDC; altera a Lei ° 10.683 e dá outras providências. *DOU da República Federativa do Brasil*, Poder Executivo, Brasília, DF, 2011. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil>.

BRASIL. Congresso Nacional. Lei 13.303 de 30 de junho de 2016. Dispõe sobre o estatuto jurídico da empresa pública, da sociedade de economia mista e de suas subsidiárias, no âmbito da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios. *DOU da República Federativa do Brasil*, Poder Executivo, Brasília, DF, 2016. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil>.

BRASIL. Medida Provisória nº 2.026 de 04 de maio de 2000. Institui, no âmbito da União, nos termos do art. 37, inciso XXI, da Constituição Federal, modalidade de licitação denominada pregão, para aquisição de bens e serviços comuns. *DOU da República Federativa do Brasil*, Poder Executivo, Brasília, DF, 2000. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil>.

BRASIL. Portaria Nº 3.214, de 8 de junho de 1978. Aprova as Normas Regulamentadoras-NR-do capítulo V, Título II, da Consolidação das Leis do Trabalho, relativas à Segurança e Medicina do Trabalho. *DOU da República Federativa do Brasil*, Poder Executivo, Brasília, DF, 1978.

BRASIL. Departamento de Proteção e Defesa Econômica da Secretaria de Direito Econômico do Ministério da Justiça. Guia: Combate a cartéis em licitações Brasília, 2019.

BRAZ, P. *Processo de licitação: contrato administrativo e sanções penais*. São Paulo: Livraria de Direito, 1995.

CARPI, L.; DIAZ-GUILERA, A.; PARDALOS, P.; MASOLLER, C.; MARFANY, G.; RAVETTI, M.; SCHIEBER, T. Assessing diversity in multiplex networks. *Scientific Reports*, n. 9, p. 4511, 2019.

CARVALHO, L. M. S. *O Cartel na Licitação Pública*. Orientador: Pedro Costa Gonçalves. 2018. 110f. Dissertação (Mestrado Científico em Ciências Jurídico-Políticas com Menção em Direito Administrativo) – Faculdade de Direito, Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal, 2018.

CARVALHO FILHO, J. S. *Manual de Direito Administrativo*. 31º ed. São Paulo: Editora Atlas S.A., 2017.

CASTRO, F. A corrupção no orçamento: fraudes em licitações e contratos com o emprego de empresas inidôneas. Orientador: Orlando Vieira de Castro Júnior (Mestre). Monografia. (Especialização em Orçamento Público) – Tribunal de Contas da União, Brasília, DF, 2010.

CASTRO, L. I. *Combate a corrupção em Licitações Públicas*. Departamento de Economia Universidad Carlos III de Madrid, Spain, Madri, 2007. Disponível em: [e-archivo.Uc3m.es/bitstream/10016/719/1/we070302.pdf](http://e-archivo.uc3m.es/bitstream/10016/719/1/we070302.pdf).

CHEN, L.; DENG, H.; CUI, H.; FANG, J.; ZUO, Z.; DENG, J.; LI, Y.; WANG, X.; ZHAO, L. Inflammatory responses and inflammation-associated diseases in organs. *Oncotarget*, Dec. 14, 2017. Disponível em: [doi: 10.18632/oncotarget.23208](https://doi.org/10.18632/oncotarget.23208).

ERDOS, P.; RÉNYI, P. On random graphs. *Publications of the Mathematical Institute of the Hungarian Academy of Sciences*, 1959. Disponível em: https://users.renyi.hu/~p_erdos/1960-10.pdf.

FORTINI, C.; MOTTA, F. Corrupção nas licitações e contratações públicas: sinais de alerta segundo a Transparência Internacional, *A&C – Revista de Direito Administrativo & Constitucional*, Belo Horizonte, ano 16, n. 64, p. 93-113, 2016.

GRANOVETTER, M. The strength of weak ties. *American Journal of Sociology*, n. 78, p. 1360, 1973.

HAGMANN, P.; KURANT, M.; GIGANDET, X.; THIRAN, P.; WEDEEN, V.; MEULI, R.; THIRAN, J. Mapping Human Whole-Brain Structural Networks with Diffusion MRI. *PLoS ONE*, v. 2, n. 7, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0000597>.

JUSTEN FILHO, M. *Comentários à Lei de Licitações e Contratos Administrativos*. 15º ed. São Paulo: Editora Dialética, 2012.

JUSTEN FILHO, M. *Comentários ao RDC*. 15º ed. São Paulo: Editora Dialética, 2013.

KEMPE, D.; KLEINBERG, J.; TARDOS, E. Maximizing the spread of influence through a social network. INTERNATIONAL CONFERENCE ON KNOWLEDGE DISCOVERY AND DATA MINING, Nova York, 2003. *Proceedings...*, New York, 2003. Disponível em: <https://www.cs.cornell.edu/home/kleinber/kdd03-inf.pdf>.

KRAEMER, G.; GOLDING, N.; BISANZIO, D.; BHATT, S.; PIGOTT, D.; RAY, S.; BRADY, J.; BROWNSTEIN, S.; FARIA, R.; CUMMINGS, T.; PYBUS, G.; SMITH, L.; TATEM, J.; HAY, I.; REINER, C. Utilizing general human movement models to predict the spread of emerging infectious diseases in resource poor settings. *Scientific Reports*, v. 9, n. 1, 2019. DOI: 10.1038/s41598-019-41192-3.

LAPPAS, H.; TERZI, E.; GUNOPULOS, D.; MANNILA, H. Finding effectors in social networks. INTERNATIONAL CONFERENCE ON KNOWLEDGE DISCOVERY AND DATA MINING, 16th, Nova York, 2010. *Proceedings...* New York, 2010. p. 1059-1068. DOI: <https://doi.org/10.1145/1835804.1835937>.

LIU, Y.Y.; SLOTINE, J.J. & BARABÁSI, A.L. Controllability of complex networks. *Nature*, n. 473, p. 167-173, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1038/nature10011>.

MAGALHÃES, B. P. C. As inovações do regime diferenciado de contratações públicas em face da lei nº 8. 666/1993. Orientadora: Profª. Ms. Camila Antunes Notaro. 2014. 74f. Monografia (Direito Administrativo) - Fundação João Pinheiro de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, 2014.

MARSHALL, C., MARX, M. *The economics of collusion: Cartels and bidding rings*. Cambridge, Mass: Mit Press, 2012.

MEIRELLES, H. L. *Direito Administrativo Brasileiro*. 42ª ed. São Paulo: Editora Malheiros, 2016.

MENDONÇA, B. M. S. Análise das principais fraudes ocorridas no processo licitatório na esfera federal e suas medidas preventivas. Orientadora: Juliana Fernandes Moreira. 2015. 89f. Monografia. (Tecnologia em Gestão Pública) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PB, 2015.

MILGRAM, S. The small-world problem. *Psychology Today*, v. 1, n. 1, p. 61-67, 1967.

MORITA, S. Six Susceptible-Infected-Susceptible Models on Scale-free Networks. *Scientific Reports*, n. 6, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1038/srep22506>.

NUNES, D. O. Cartéis em licitações: fronteiras entre a infração à ordem econômica e o ato de improbidade administrativa. *RDC*, v. 4, nº 1, p. 185-210, maio 2016.

OCDE. Fighting Hard Core Cartels: harm effective sanctions and leniency programs. 2002. Disponível em: <https://www.oecd.org/competition/cartels/1841891.pdf>.

OLIVEIRA, A. *Licitações: Fraudes comuns nas aquisições de bens, enquadramento legal e procedimentos preventivos*. Orientador: Flávio da Cruz. 2009. 107f. Monografia. (Graduação em Ciências Contábeis) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

PORTAL da Transparência. Controladoria-geral da União. Disponível em: <http://www.portaltransparencia.gov.br/>.

QI, J.; LIANG, X.; WANG, Y.; CHENG, H. Discrete time information diffusion in online social networks: micro and macro perspectives. *Scientific Reports*, 2018.

RABELLO, C. *Uma análise da eficiência e combate à corrupção nas compras públicas*. Orientadora: Maria Isabel Araújo Rodrigues. 2017. 108 f. Monografia. (Graduação em Administração Pública) - Fundação João Pinheiro, Escola de Governo Professor Paulo Neves de Carvalho, Belo Horizonte, 2017.

SÁ, R. G. S. Modelos Clássicos de Redes Complexas e suas Aplicações. Orientador: Dr. Luciano Rodrigues da Silva. 2006. 30f. Monografia. (Graduação em Física Teórica e Experimental) - Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, 2006.

SCARPINO, S.; PEDTRI, G. On the predictability of infectious disease outbreaks. *Nature Communications*, n. 10, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41467-019-08616-0>.

SCHIEBER, T.; CARPI, L.; DIAZ-GUILERA, A.; PARDALOS, P.; MASOLLER, C.; RAVETTI, M. Quantification of network structural dissimilarities. *Nature Communications*, n. 8, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1038/ncomms13928>.

SCHIEBER, T.; CARPI, L.; DIAZ-GUILERA, A.; PARDALOS, P.; MASOLLER, C.; RAVETTI, M. Network diffusion capacity unveiled by dynamical shortest paths, 2021. No prelo.

SILVEIRA, P. B. da. (ed.). *Competition Law and Policy in Latin America: Recent Developments*. Amsterdam: Kluwer Law International, 2017. ISBN-10: 9789041160478.

SOARES, I. V. *Fraudes nas gestões públicas e privadas*. 1. ed. Brasília. Brasília: Brasília Jurídica, 2005.

TAO, Z.; ZHONGQIAN, F.; BINGHONG, W. Epidemic dynamics on complex networks. *Progress in Natural Science*, n.16, p. 452-457, 2016.

WACHS, J.; KERTÉSZ, J. A network approach to cartel detection in public auction markets. *Scientific Reports*, n. 9, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-47198-1>.

WATTS, D.J.; STROGATZ, S.H. Collective dynamics of ‘small-world’ networks. *Nature*, n. 393, p. 440-442, 1998. DOI: <https://doi.org/10.1038/30918>.