

# Caracterização das Licitações Públicas no Estado do Rio de Janeiro: Diversidade, Licitantes Únicos e Redes

Rodrigo S. Luna<sup>1</sup>, Daniel R. Figueiredo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Programa de Engenharia de Sistemas e Computação (PESC)  
Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

{rluna,daniel}@cos.ufrj.br

**Abstract.** *Data from public procurements has been promising in determining metrics that can assess the risk of corruption and fraud in different states or countries. This article evaluates data derived from public procurements in the State of Rio de Janeiro in the period 2010-2020, and presents a quantitative analysis segmented by economic sector of the diversity among public agencies, the occurrence of procurements with a single bidder, and the characteristics of the procurement network and the network of companies that win and lose. The results indicate the complexity of the procurement process showing great variation between companies and public agencies in various aspects.*

**Resumo.** *Dados provenientes de licitações públicas têm se mostrado promissores na definição de métricas para avaliar o risco de corrupção e fraude de diferentes estados ou países. Este artigo avalia dados de licitações públicas do Estado do Rio de Janeiro no período de 2010-2020, apresentando uma análise quantitativa segmentada por setor econômico da diversidade dos órgãos públicos, da ocorrência de licitações com um único licitante, e das características da rede de licitações e rede de empresas que vencem e perdem. Os resultados indicam a complexidade do processo licitatório mostrando grande variação entre as empresas e os órgãos públicos em diferentes aspectos.*

## 1. Introdução

A transparência de um Governo é fundamental para o controle externo de suas ações e seus gastos, e prestação de contas à sociedade. Neste sentido, os dados abertos de um Governo e a democratização do acesso são fundamentais para a construção de uma sociedade mais livre [Radermacher 2018]. No Brasil, a coleta e divulgação dos dados de Governo é regulamentada pela Lei da Transparência [Brasil 2011], que obriga os entes federativos a coletarem, divulgarem e darem acesso aos seus dados.

Neste sentido, dados de licitações públicas têm se mostrado promissores em indicar o risco de corrupção de diferentes cidades, estados e países [Radermacher 2018, Wachs et al. 2020, Tóth and Hajdu 2020, European Court of Auditors 2019]. Em particular, métricas objetivas podem ser definidas para diferentes indicadores, tais como o risco de corrupção ou o risco de coalizão entre empresas. Sendo possível, inclusive, realizar uma análise de correlação com fatores externos ao processo licitatório, tais como fatores sócio-econômicos. Além disso, a construção de redes de licitações ou redes de empresas permite uma perspectiva de análise diferenciada, na qual a rede pode ser utilizada na definição de métricas.

Um indicador importante proveniente de dados de licitações públicas é a taxa (fração) de licitações com apenas um licitante. Apesar de não caracterizarem uma violação da lei vigente no Brasil [Parziale 2017, Meirelles 2010], licitações com apenas um licitante são desencorajadas no Brasil e exterior por não seguirem princípios básicos do processo licitatório, como o princípio da competição [Tribunal de Contas da União 2010, European Court of Auditors 2019].

Este trabalho apresenta uma análise quantitativa das licitações públicas do Estado do Rio de Janeiro por um período de 10 anos, e faz as seguintes contribuições:

- Definição de métricas de popularidade e diversidade para setores econômicos e órgãos públicos, e sua caracterização, indicando grande variação em ambos e expondo a complexidade do processo licitatório (ver seção 3);
- Definição de uma métrica relativa de licitações com apenas um licitante para órgãos públicos que permite comparar diferentes setores econômicos e órgãos públicos. A caracterização desta métrica mostra que muitos órgãos públicos possuem uma taxa que é maior do que duas vezes a média de algum setor econômico, revelando grande assimetria na concorrência (ver seção 4);
- Construção e caracterização da rede de licitações com empresas e órgãos públicos (grafo bipartido) que apresenta cauda pesada nas distribuições de grau, ou seja, valores com ordens de grandeza maiores que a média podem ocorrer (ver seção 5);
- Construção e caracterização da rede de empresas, onde arestas direcionadas apontam para empresas que venceram a outra em alguma licitação, que apresenta cauda pesada na distribuição de grau de entrada e saída e uma alta taxa de reciprocidade (ver seção 6).

Além das seções indicadas acima, a seção 2 descreve os dados que serão analisados. A seção 7 apresenta alguns trabalhos relacionados, e a seção 8 faz uma breve conclusão do trabalho.

## 2. Conjunto de Dados e Notação

O conjunto de dados utilizado neste trabalho foi obtido no Portal de Compras Públicas operado pelo Governo do Estado do Rio de Janeiro, que disponibiliza publicamente dados das licitações públicas do Estado<sup>1</sup>. O conjunto de dados consiste de licitações realizadas no período de 2010 até 2020 (inclusive). Apenas dados de licitações da modalidade pregão eletrônico (que determina o ganhador do leilão de forma eletrônica) foram considerados, e esta modalidade representa 94% de todas as licitações que ocorreram no período analisado.

Os dados disponíveis estão agrupados por licitação, e cada licitação possui um ou mais lotes (itens da licitação). Empresas competem pelos lotes de uma licitação de forma independente, e para fins deste trabalho, iremos considerar que um lote é uma licitação. Para cada licitação (lote), temos a lista de empresas participantes da licitação (CNPJ de cada empresa), a empresa que venceu a licitação, o valor do contrato a ser pago pelo Estado, o setor econômico do contrato (chamado aqui de categoria), e o órgão público que realizou a licitação. Entretanto, algumas licitações coletadas estavam inconsistentes ou incompletas, tais como a ausência do CNPJ de empresa participante, ausência da

---

<sup>1</sup>Portal de Compras Públicas do Estado RJ: <https://www.compras.rj.gov.br/>

indicação do vencedor e ausência do valor de contrato. Tais licitações foram descartadas na fase de pré-processamento dos dados para evitar distorções na análise dos dados. Além disso, apenas licitações que foram homologadas foram consideradas.

A notação apresentada na Tabela 1 será utilizada no decorrer do artigo, e define os principais conjuntos a serem utilizados. Após o pré-processamento, um total de 14.506 licitações foram consideradas, dando origem a uma base de dados com  $|L| = 96.391$  licitações (lotes) realizadas por  $|O| = 89$  órgãos públicos estaduais, divididas em  $|S| = 57$  categorias (setores econômicos), tendo  $|E^p| = 7.106$  empresas participantes, das quais  $|E^v| = 3.955$  venceram ao menos uma licitação. O valor total dos contratos dessas licitações foi de R\$ 573 bilhões de reais (dado por  $\sum_{l \in L} v(l)$ ).

**Tabela 1. Notação utilizada no artigo.**

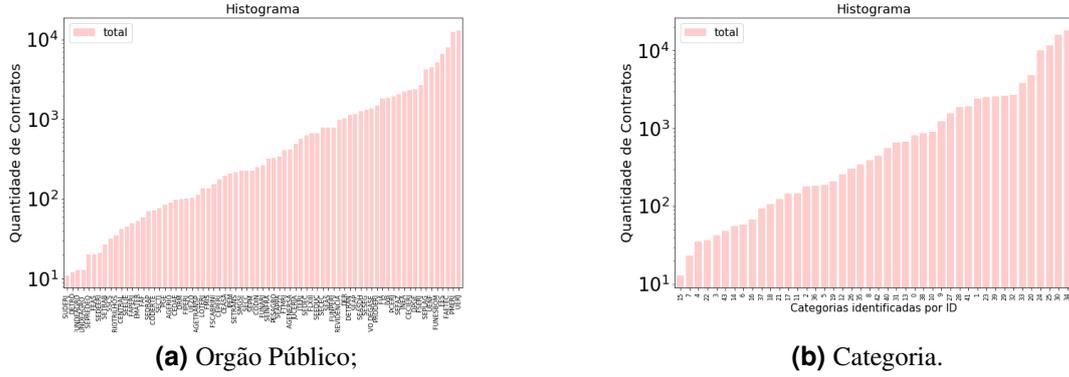
Símbolo	Significado
$L$	conjunto de licitações analisadas
$O$	conjunto de órgãos públicos que realizaram ao menos uma licitação
$s(l)$	categoria (setor econômico) do contrato da licitação $l \in L$
$v(l)$	valor do contrato da licitação $l \in L$
$n(l)$	número de empresas que participam da licitação $l \in L$
$o(l)$	órgão público que realizou a licitação $l \in L$
$S$	conjunto de categorias (setor econômico)
$S(o)$	conjunto de categorias presente nas licitações realizadas pelo órgão $o$
$E^p$	conjunto de empresas participantes (CNPJ)
$E^v$	conjunto de empresas vencedoras (CNPJ)
$C^v(e)$	conjunto de licitações vencidas pela empresa $e \in E^v$

### 3. Popularidade e diversidade de empresas e órgãos públicos

Conforme esperado, há muita diversidade nos dados referente a licitações públicas. Em particular, uma categoria (setor econômico) pode ocorrer muito mais frequentemente do que outra, em função de sua natureza, assim como o número de licitações realizadas por um órgão público. Por exemplo, a categoria EQUIPAMENTOS E ARTIGOS MÉDICOS (total de 18.206 licitações) está presente em bem mais licitações que a categoria SERVIÇOS DE TELECOMUNICAÇÃO (total de 23), assim como o órgão público UERJ (total de 13.174 licitações) realiza muito mais licitações do que a SUDERJ (total de 3 licitações).

A Figura 1a apresenta o número de licitações realizadas por diferentes órgãos públicos (em ordem crescente). Podemos ver uma enorme variação entre os órgãos públicos que realizaram desde 3 até mais de 10 mil licitações. A Figura 1b apresenta a mesma grande variação para as categorias, que possuem desde menos de 10 até mais de 10 mil licitações. Dessa forma, é importante considerar esta variação ao caracterizar órgãos públicos e categorias, pois a média não é muito representativa.

Além disso, podemos também esperar uma diversidade em relação a participação das empresas nas diferentes licitações públicas. Uma empresa pode participar de muitas licitações, ainda mais sendo esta empresa de um setor econômico presente em muitas licitações. Dessa forma, queremos quantificar a diversidade de uma empresa, em função



**Figura 1. Número de licitações realizadas por diferentes órgãos públicos e pertencentes a cada categoria (ordenado de forma crescente; eixo y em escala logarítmica).**

de sua participação nas licitações, mas levando em consideração a popularidade do setor econômico das licitações em que participa. Portanto, propusemos uma métrica que pondera os seguintes fatores:

- A diversidade deve ser proporcional à quantidade de contratos vencidos pela empresa em diferentes categorias  $e$ ;
- O peso de uma categoria deve ser proporcional a quantidade de empresas participantes em licitações da categoria, normalizado pelo número de contratos da categoria.

Assim, definimos o peso ou popularidade de uma categoria  $s \in S$ , denotado por  $\alpha_s$ , como:

$$\alpha_s = \frac{\sum_{e \in E^v} \mathbb{1}(|C^v(e, s)| > 0)}{\sum_{l \in L} \mathbb{1}(s(l) = s)} \quad (1)$$

onde  $C^v(e, s)$  é o conjunto de licitações vencidas pela empresa  $e$  que possuem categoria  $s$ , e  $\mathbb{1}(\cdot)$  é a função indicador que vale um quando o argumento é verdadeiro, e zero caso contrário. Repare que  $0 < \alpha_s \leq 1$ , e que valores altos de popularidade indicam que muitas empresas diferentes vencem contratos na categoria (numerador) ou que a categoria possui poucos contratos (denominador).

Utilizando a popularidade das categorias, podemos definir a diversidade de uma empresa  $e \in E^v$ , representado por  $\beta_e$  e definida por:

$$\beta_e = \frac{\sum_{l \in C^v(e)} \alpha_{s(l)}}{|C^v(e)|}. \quad (2)$$

Repare que  $0 < \beta_e \leq 1$ , e que um valor maior indica que a empresa venceu contratos em categorias com alta popularidade (numerador) em relação ao total de contatos que venceu (denominador). A equação 2 pode ser adaptada para medir a diversidade de um órgão público, no que tange as licitações que realiza, considerando suas categorias. Em particular, podemos definir a diversidade de um órgão  $o \in O$  como:

$$\beta_o = \frac{\sum_{l \in L} \mathbb{1}(o(l) = o) \alpha_{s(l)}}{\sum_{l \in L} \mathbb{1}(o(l) = o)}, \quad (3)$$

de forma que  $0 < \beta_o \leq 1$  possui a mesma intuição que  $\beta_e$ , e um órgão público possui alta diversidade se possui muitas licitações em categorias com maior popularidade (numerador), em relação ao total de licitações realizadas (denominador).

### 3.1. Avaliação

Pode-se observar na Figura 2 a distribuição dos valores totais e quantidade de contratos por popularidade de cada setor econômico avaliado. Percebemos que não há uma correlação entre os valores totais dos contratos em relação a popularidade. Entretanto, isto não ocorre quando correlacionamos com a quantidade de contratos como observado na Figura 2b, o que indica a existência de poucas empresas vencedoras em categorias com muitos contratos.

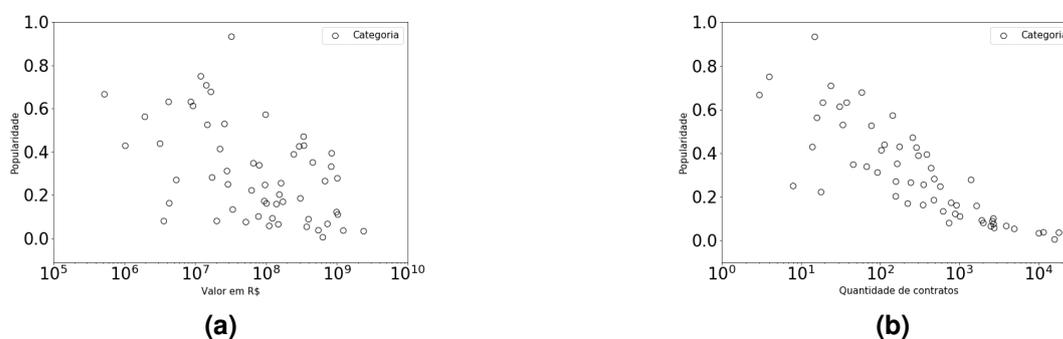


Figura 2. Popularidade dos setores econômicos.

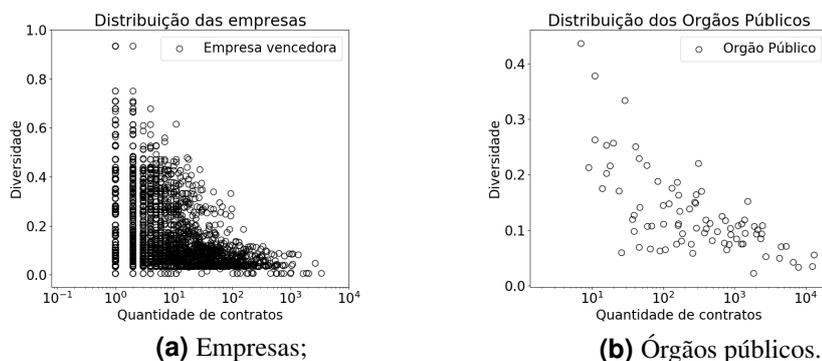


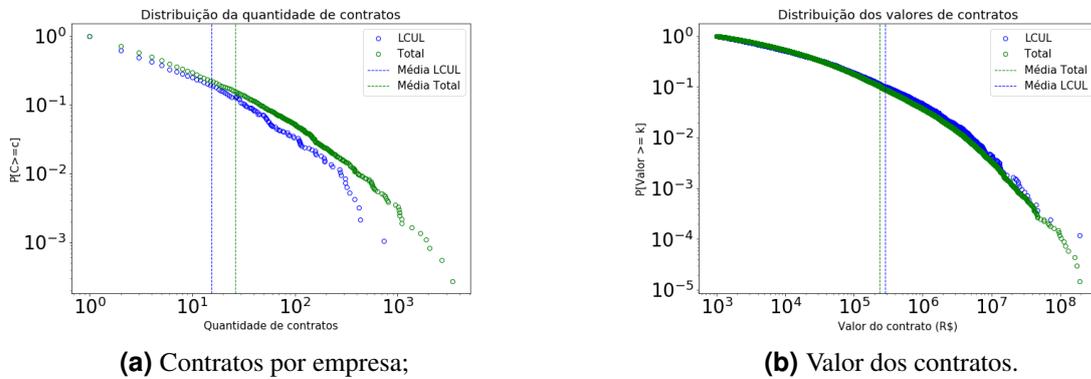
Figura 3. Relação entre diversidade de empresas e órgãos públicos com o número de contratos vencidos e realizados. Cada ponto representa uma empresa ou órgão público.

A Figura 3 apresenta relação entre a diversidade das empresas e dos órgãos públicos com o número de contratos vencidos e realizados, respectivamente. Podemos notar a existência de empresas que possuem grande diversidade (maior que 0.6), mas que a maioria possui baixa diversidade (menor que 0.2). Além disso, a diversidade tende a diminuir com o aumento do número de contratos vencidos pela empresa. Ao considerar os órgãos públicos (Figura 3(b)), não observamos alta diversidade (todos menores que 0.5). Entretanto, também há uma relação negativa entre o número de contratos realizados e a diversidade do órgão.

#### 4. Licitações com um licitante

Os dados coletados permitem uma ampla avaliação da ocorrência de licitações com um licitante (LCUL). Das  $|L| = 96.391$  licitações (lotes), existem 14.728 licitações (lotes) com apenas um licitante (LCUL). Além disso, estas licitações envolvem 948 empresas que venceram ao menos uma LCUL. A Figura 4a mostra a distribuição das LCUL entre as empresas em escala logarítmica, deixando claro que a distribuição possui cauda pesada. Enquanto a média de LCUL por empresa está em torno de 16, aproximadamente 1% das empresas venceram mais de 200 LCUL. Ou seja, a ocorrência de LCUL em algumas empresas é relativamente alta (em comparação com a média). A Figura 4a também mostra a distribuição de todas as licitações vencidas pelas empresas. Curiosamente, esta distribuição é muito parecida com a distribuição das LCUL, indicando que não há uma distorção quanto a distribuição das LCUL pelas empresas.

Além da quantidade de LCUL vencidas pelas empresas, outro aspecto importante é o valor desses contratos. A Figura 4b apresenta a distribuição do valor das LCUL (em escala logarítmica). Podemos observar que a distribuição possui uma cauda bem pesada, com a média em torno de R\$ 500 mil e 1% das LCUL com valor superior a R\$ 10 milhões. A Figura também mostra a distribuição do valor de todas as licitações, e novamente observamos uma distribuição praticamente idêntica em comparação as LCUL. Em particular, os maiores valores de contrato dentre todas as licitações também ocorreram na LCUL (cauda da distribuição).



**Figura 4. Distribuição da quantidade de contratos por empresa e do valor dos contratos, para todas as licitações e para LCUL (em escala logarítmica).**

Queremos avaliar a prevalência de LCUL em um órgão público. Entretanto, é natural que diferentes categorias possuam diferentes quantidades de LCUL em função de sua natureza, então devemos considerar esta variação para melhor avaliar os órgãos públicos. Dessa forma, definimos a taxa de ocorrência de LCUL para um categoria  $s \in S$ , denotado por  $\gamma_s$ , como:

$$\gamma_s = \frac{\sum_{l \in L} \mathbb{1}(s(l) = s) \mathbb{1}(n(l) = 1)}{\sum_{l \in L} \mathbb{1}(s(l) = s)}. \quad (4)$$

Repare que  $0 \leq \gamma_s \leq 1$  simplesmente indica fração de contratos LCUL da categoria  $s$ .

Podemos calcular a taxa de contratos LCUL realizados por um órgão público  $o$  para uma determinada categoria  $s$ , que é dada por:

$$\delta_{o,s} = \frac{\sum_{l \in L} \mathbb{1}(s(l) = s) \mathbb{1}(o(l) = o) \mathbb{1}(n(l) = 1)}{\sum_{l \in L} \mathbb{1}(s(l) = s) \mathbb{1}(o(l) = o)}. \quad (5)$$

Repare que esta métrica é comparável a  $\gamma_s$ . Sendo assim, podemos definir o valor relativo entre as duas taxas de LCUL, dado por  $\delta_{o,s}/\gamma_s$ . Nota-se que valores menores/menores do que um indicam que o órgão público possui taxa de LCUL abaixo/acima da média para a categoria.

Fazendo uma média de todas as categorias do órgão público, temos:

$$\delta_o = \frac{\sum_{s \in S(o)} \delta_{o,s} / \gamma_s}{|S(o)|}. \quad (6)$$

O valor de  $\delta_o$  indica a taxa relativa média de LCUL do órgão público em comparação com a taxa média das categorias.

Além da média, podemos obter também a taxa relativa máxima de LCUL de um órgão público dentre todas suas categorias, que é dado por

$$\delta_o^* = \max_{s \in S(o)} \frac{\delta_{o,s}}{\gamma_s}. \quad (7)$$

A Figura 5 apresenta os valores de  $\delta_o$  e  $\delta_o^*$  para todos os órgãos públicos que realizaram 10 ou mais contratos na mesma categoria, ordenada de forma crescente por  $\delta_o$ . Valores menores do que 1 indicam que o órgão público tem uma taxa de LCUL menor do que a taxa média. Podemos notar uma grande variação das duas métricas entre os órgãos públicos, e que, para a maioria, há pelo menos uma categoria com taxa relativa de LCUL maior que o dobro (valor 2 no eixo y) da taxa média de LCUL da categoria.

A Figura 6 apresenta os cinco órgãos públicos com a maior e menor taxa média relativa de LCUL (valor de  $\delta_o$ ) com taxas não zero em mais de uma categoria. A Figura 6b mostra a relação entre a categoria e a taxa de LCUL do órgão público naquela categoria. Podemos observar uma grande variação de taxa de LCUL entre os órgãos públicos para uma mesma categoria, como por exemplo, como a categoria 19 que é licitada por 8 dos 10 órgãos públicos apresentados, sendo que o SECC possui taxa de LCUL 10 vezes maior do que a média. Esta análise indica que a alta taxa de LCUL não necessariamente é um fator intrínseco à categoria (setor econômico), e sim uma característica do órgão público. Além disso, podemos observar que alguns órgãos públicos possuem taxa LCUL acima da média em várias categorias, como é o caso da SEAS, que aparece acima da média em 9 categorias.

A Figura 6b mostra a relação entre o número de contratos realizados pelo órgão público em uma categoria (considerando apenas as categorias com 10 ou mais contratos) e a taxa de LCUL do órgão público na respectiva categoria. Podemos observar que taxa de LCUL de alguns órgãos públicos é elevada (ex. duas vezes a média), mesmo na presença de muitos contratos (ex. mais que 20), e que isto se repete para diferentes categorias em um mesmo órgão público (ex. SEAS e SECC). Podemos observar que a alta taxa de LCUL não necessariamente é fruto de um baixo número de contratos realizados pelo órgão público em determinada categoria, pois alguns órgãos tem dezenas de contratos em determinadas categoria e altas taxas relativas de LCUL.

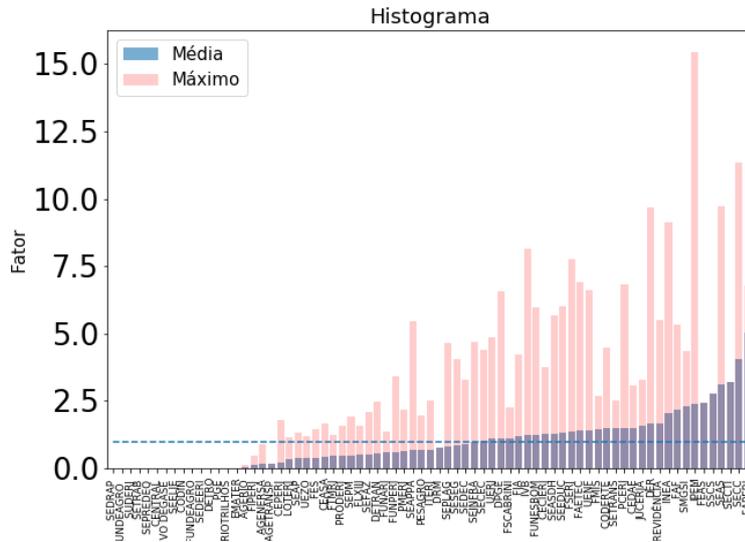
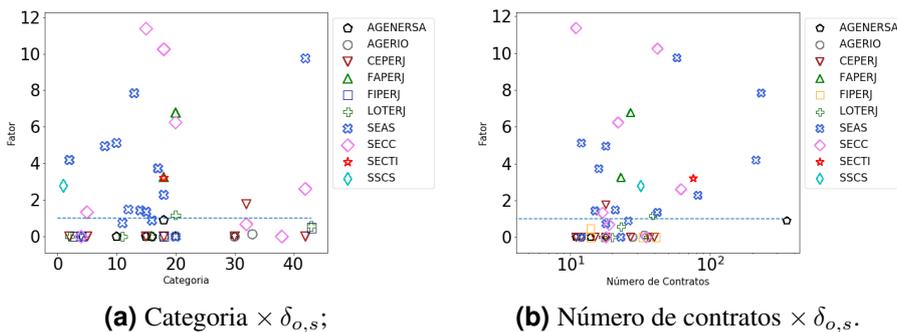


Figura 5. Fator relativo de LCUL entre Órgãos Públicos.



(a) Categoria  $\times \delta_{o,s}$ ;

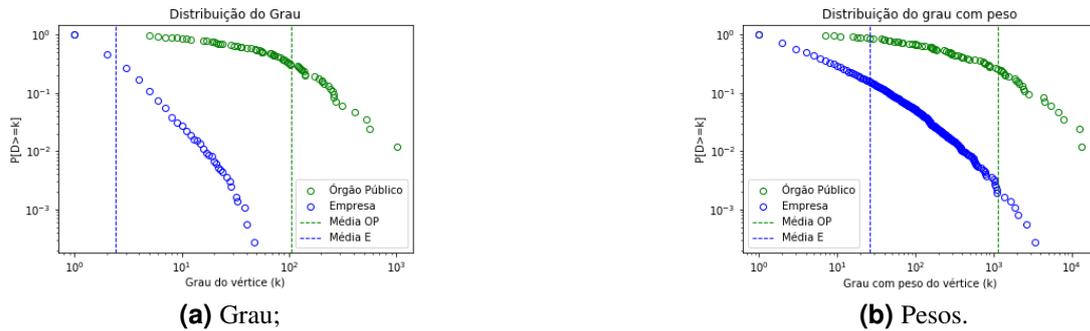
(b) Número de contratos  $\times \delta_{o,s}$ .

Figura 6. Os cinco órgãos públicos com a maior e menor taxa média relativa de LCUL (valor de  $\delta_o$ ) com taxas não zero em mais de uma categoria e mais de 10 contratos por categoria.

## 5. Rede de licitações

Os dados coletados permitem a construção de uma rede de licitações na forma de um grafo bipartido com vértices do tipo empresa e órgão público. Arestas indicam que uma empresa venceu ao menos uma licitação realizada pelo órgão público. Além disso, cada aresta possui um peso que indica a quantidade de licitações vencidas pela empresa realizadas pelo respectivo órgão. Repare que o grau do órgão público indica a quantidade de empresas que venceram suas licitações, e o peso indica o total de licitações realizadas pelo órgão.

A Figura 7a apresenta a distribuição do grau das empresas e dos órgãos públicos em escala logarítmica. Podemos observar uma grande variedade de graus, tanto para empresas quanto para órgãos públicos, com este último possuindo uma média muito maior e uma cauda mais pesada. Repare que aproximadamente 5% das empresas vencem de licitações realizadas por 10 ou mais órgãos públicos distintos. Do outro lado, temos que 10% dos órgãos públicos possuem 200 ou mais fornecedores distintos para suas licitações.



**Figura 7. Distribuição complementar cumulativa (CCDF) do grau e peso dos vértices (em escala log – log, média indicada com linha vertical).**

A Figura 7b apresenta a distribuição do peso das empresas e dos órgãos públicos em escala logarítmica. A distribuição de pesos dos órgãos públicos é similar a distribuição de grau, porém com uma faixa maior de valores. Entretanto, a distribuição de pesos das empresas é distinta do grau, em particular, com uma cauda ainda mais pesada, sendo bem representada por uma lei de potência. Isto indica que algumas arestas possuem alto valor de peso, o que significa que algumas empresas vencem de muitas licitações de um mesmo órgão público.

O coeficiente de R-A é a generalização do coeficiente de clusterização para redes bipartidas, e é dado pela fração entre o número de ciclos de comprimento 4 e caminhos de comprimento 3 [Robins and Alexander 2004]. Na rede em questão, o coeficiente de R-A indica a fração de vezes que uma empresa  $e_1$  vence uma licitação com o órgão  $o_1$ , dado que  $e_1$  venceu com  $o_2$  e outra empresa  $e_2$  venceu com  $o_1$  e  $o_2$ . Em uma rede aleatória, este valor converge para a densidade da rede, que no caso é 0.0012, entretanto o coeficiente de R-A foi de 0.147, aproximadamente 118 vezes maior, indicando uma forte clusterização.

A alta heterogeneidade presente nas distribuições de grau e de pesos e o alto valor do coeficiente de R-A são fatores indicam que a rede não segue um modelo aleatório uniforme, permitindo então que a estrutura da rede possa ser utilizada para caracterizar o comportamento dos atores envolvidos.

## 6. Rede de empresas

A informação das empresas que participam de uma licitação pode ser utilizada para construir uma rede de empresas, com arestas direcionadas. Nesta rede, cada vértice corresponde a uma empresa e as arestas representam a relação de vitória/derrota em uma licitação. Ou seja, existe uma aresta da empresa  $j$  para a empresa  $i$  se  $i$  venceu ao menos uma licitação na qual a empresa  $j$  também participou. Repare que cada licitação  $l \in L$  é vencida por exatamente uma empresa, dando origem a  $n(l) - 1$  arestas que saem das empresas que perderam e apontam para a empresa que venceu a licitação. Além disso, as empresas podem concorrer em diversas licitações, e conseqüentemente vencer ou perder mais de uma vez para a mesma concorrente. Dessa forma, a aresta possui um peso que indica a quantidade de licitações perdidas/vencidas entre o par. Ou seja, o peso da aresta direcionada  $(j, i)$  é  $w_{j,i}$  e este valor indica o número de licitações que empresa  $i$  venceu na qual a empresa  $j$  também participou. Repare que ao considerar duas empresas  $i$  e  $j$  po-

demos ter  $w_{j,i} > 0$  e  $w_{i,j} > 0$ , que ocorre quando as duas vencem ao menos uma licitação na qual a outra também participou.

Por ser direcionada, cada vértice da rede possui um grau de entrada e de saída. O grau de entrada representa a quantidade de empresas distintas que foram vencidas pelo vértice. Já o grau de saída representa a quantidade de empresas distintas que derrotaram o vértice. A Tabela 2 apresenta uma caracterização desta rede, por exemplo, a densidade (fração de arestas da rede) e a reciprocidade (fração de arestas nos dois sentidos, dado ao menos uma aresta). Uma característica importante são os vértices com grau zero (de entrada ou saída), e podemos observar que 3.533 empresas nunca venceram e 546 nunca perderam. Importante notar que a rede possui 6.998 vértices, mas que o número total de empresas no conjunto de dados é 7.106. Isto ocorre porque 108 empresas (a diferença) nunca participaram de uma licitação com mais de um licitante, e por isso possuem ambos grau de entrada e saída zero, e foram excluídas da rede.

Vértices	6.998	Arestas	56.914
Grau médio (entrada + saída)	16.26	Densidade	$1.10^{-3}$
Grau mínimo de entrada	0	Grau máximo de entrada	608
Grau mínimo de saída	0	Grau máximo de saída	543
Peso médio das arestas	6.45	Reciprocidade	0.285
Componentes fortemente conexas	4.228	Tamanho da maior comp. fortemente conexa	2.693 (38.48%)
Vértices com grau de entrada zero	3.533	Vértices com grau de saída zero	546

**Tabela 2. Caracterização da estrutura da rede de empresas.**

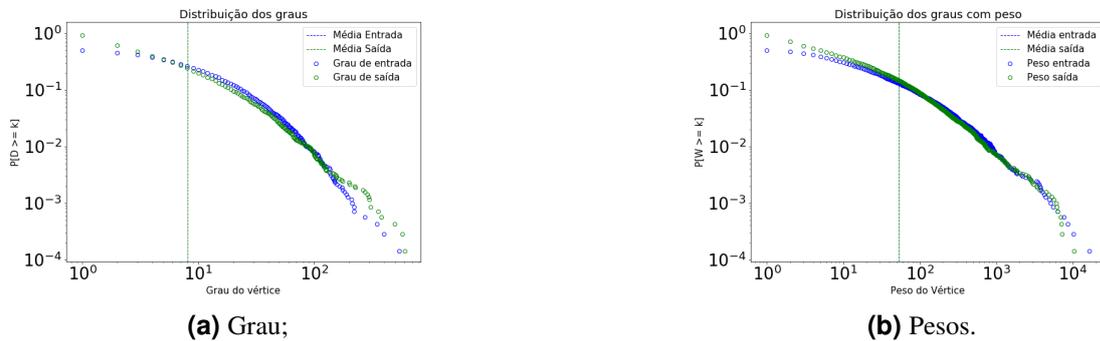
A Figura 8a apresenta a distribuição do grau de entrada e saída das empresas. Podemos observar uma grande variedade dos graus de entrada e de saída, apresentando uma cauda pesada. Enquanto a média é em torno de 9,5, em torno de 0,5% das empresas vencem e perdem para mais de 100 empresas distintas. Apesar disso, a distribuição de grau de entrada e saída são muito similares, mostrando que não há viés entre vencer e perder no contexto global.

A Figura 8b mostra a distribuição do peso de entrada e saída dos vértices (o peso de entrada/saída de um vértice é dado pela soma dos pesos das arestas de entrada/saída do vértice). O peso de saída representa quantas licitações foram perdidas pela empresa. O peso de entrada representa quantas licitações foram vencidas pela empresa ponderado pelo número de empresas participantes em cada licitação. Podemos observar que as duas distribuições tem cauda pesada, apresentando valores muito além da média. Podemos notar que em torno de 0,5% das empresas possuem peso de entrada/saída superior a  $10^3$ . Ou seja, algumas empresas perderam mais de  $10^3$  licitações.

## 7. Trabalhos Relacionados

Dados de contratos públicos têm se mostrado promissores em indicar o risco de corrupção de diferentes cidades e países. Neste sentido, diversos estudos surgiram nos últimos anos para avaliar estes dados e estabelecer métricas e metodologias de análise, tais como os seguintes artigos.

Em [Charron et al. 2017], 1.4 milhões contratos públicos de 212 regiões da Europa foram avaliados para caracterizar a correlação da taxa dos contratos com apenas um licitante com indicadores nacionais de percepção à corrupção, como o Índice de Controle da Corrupção, do Banco Mundial.



**Figura 8. Distribuição complementar cumulativa (CCDF) do grau e peso dos vértices (em escala log – log, média indicada com linha vertical).**

[Figueiredo et al. 2020] propuseram um modelo para identificar vértices relevantes em um cenário com múltiplas redes. O modelo foi aplicado a dados de licitações públicas do Governo Federal, no qual houve uma investigação da Polícia Federal para identificar supostas fraudes no processo licitatório. O modelo logrou êxito ao identificar valores fraudulentos, além de se mostrar superior quando comparado a outros algoritmos de ranqueamento de vértices.

Em [Wachs et al. 2020], 4 milhões de contratos públicos dos países membros da União Europeia foram considerados para construir uma rede de licitações, a qual indicou que a taxa de contratos com apenas um licitante é significativamente clusterizada na rede. O estudo também mostrou que a distribuição do risco de corrupção, medido através da taxa de contratos com apenas um licitante, depende da rede e dos países. Enquanto que em alguns países a taxa de incidência dos licitantes únicos era mais predominante no centro da rede, em outros era predominante na borda da rede.

Em [Fazekas and Wachs 2020], uma análise de rede construída com contratos públicos de dois países, República Checa e Hungria, apresentou três medidas de rede envolvendo as empresas que foram correlacionadas com o CRI (Corruption Risk Index), que tem como um de seus indicadores a taxa de contratos com apenas um licitante.

Em [Tóth and Hajdu 2020], o risco de corrupção e a intensidade da competição em contratos públicos a nível municipal foi avaliado. Foram analisados aproximadamente 16 mil contratos públicos de 291 cidades húngaras e utilizaram como indicadores: a taxa de licitante único e a transparência do processo. Constatou-se, no entanto, que existe uma baixa correlação entre esses dois indicadores. O estudo apresenta ainda uma correlação desses indicadores com fatores socio-econômicos dos municípios.

O artigo presente difere dos demais no que tange os dados analisados e a metodologia de análise. Consideramos dados de licitações públicas do Estado do Rio de Janeiro (um período de 10 anos), e uma metodologia que definiu indicadores relativos, separados por setor econômico, além do estudo de duas redes construídas a partir das licitações.

## 8. Conclusão

Este trabalho apresentou uma análise quantitativa das licitações públicas do Estado do Rio de Janeiro no período de 2010–2020, definindo métricas e quantificando a diversidade

de setores econômicos e órgãos públicos quanto a quantidade de licitações, e a taxa de ocorrência relativa de licitações com apenas um licitante de diferentes órgãos públicos. Duas redes também foram construídas e analisadas: a rede de licitações (grafo bipartido) e a rede de empresas.

Os resultados indicam uma grande variação (ordens de grandeza) no valor de diferentes métricas para empresas e órgãos públicos, refletindo a complexidade do processo licitatório. Muitas das distribuições possuem cauda pesada, como os graus de entrada e saída da rede de empresa, ou os valores das licitações, incluindo licitações com apenas um licitante (LCUL). Um aspecto alarmante foi a alta taxa relativa de LCUL de alguns órgãos públicos em setores econômicos competitivos do ponto de vista de outros órgãos públicos.

Este comportamento fora do padrão, apesar de não confirmar uma fraude, pode servir como alerta para uma possível ocorrência de corrupção. Entretanto, é necessário verificar a correlação entre a métrica proposta e a incidência de corrupção em contratos LCUL. Esta avaliação pode ser realizada em um trabalho futuro.

## Referências

- Brasil (2011). Lei nº 12.527, 18 de novembro de 2011. *Diário Oficial da União*.
- Charron, N., Dahlström, C., Fazekas, M., and Lapuente, V. (2017). Careers, connections, and corruption risks. *The Journal of Politics*, 79(1):89–104.
- European Court of Auditors (2019). Fighting fraud in EU spending. Technical Report SR19-01, Luxembourg.
- Fazekas, M. and Wachs, J. (2020). Corruption and the network structure of public contracting markets across government change. *Politics and Governance*, 8(2):153–166.
- Figueiredo, B., Nakamura, F., Felix, G., and Nakamura, E. (2020). Usando análises sociais na identificação de nós relevantes em um cenário multi-rede. In *Anais do VIII Workshop de Computação Aplicada em Governo Eletrônico*, pages 108–119. SBC.
- Meirelles, H. L. (2010). *Licitação e Contrato Administrativo*. Malheiros Eds, 15a. edition.
- Parziale, A. D. R. (2017). A licitação e a presença de apenas um licitante. *Revista Trimestral de Direito Público (RTDP)*, 60:209–225.
- Radermacher, W. J. (2018). Official statistics in the era of big data opportunities and threats. *International Journal of Data Science and Analytics*, 6(3):225–231.
- Robins, G. and Alexander, M. (2004). Small worlds among interlocking directors: Network structure and distance in bipartite graphs. *Computational & Mathematical Organization Theory*, 10(1):69–94.
- Tóth, I. J. and Hajdu, M. (2020). Factors affecting the corruption risk and intensity of competition in public procurement at the level of local government. Technical Report CRCB-WP/2020:1, Corruption Research Center Budapest, Hungary.
- Tribunal de Contas da União (2010). *Licitações e contratos*. 4a. edition.
- Wachs, J., Fazekas, M., and Kertész, J. (2020). Corruption risk in contracting markets. *International Journal of Data Science and Analytics*, pages 1–16.