Visualização de dados baseada em grafos de co-participação de empresas em licitações na Paraíba*

Alex Antonio da Silva[1], Marcus Williams Aquino de Carvalho[1]

[1]Departamento de Ciências Exatas (DCX) - Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Rua da Mangueira, s/n, Companhia de Tecidos - Rio Tinto - Paraíba - Brasil

Abstract. *The purpose of this work is to model and create a graph-based data visualization in an interactive and intuitive way, dynamically exploring the relationships between companies based on their co-holdings relating them to possible indications of irregularities in these cases. To carry out the work a research and testing with Javascript libraries and json formats. As a result, it was concluded that the set of technologies presented from the source of the data to the final display of the graph promotes a relevant contribution to the more accurate recognition of the information made available to society in relation to bids and public spending in Paraíba.*

Resumo. *O objetivo deste trabalho é modelar e criar uma visualização de dados, baseada em grafos de forma interativa e intuitiva, permitindo explorar dinamicamente as relações entre empresas com base em suas co-participações relacionando-as com possíveis indícios de irregularidades nesses processos. Para realização do trabalho foi feito uma pesquisa e testes com bibliotecas Javascript e formatos json. Como resultado, concluiu-se que o conjunto de tecnologias apresentadas desde a origem dos dados até a exibição final do grafo promove uma relevante contribuição para o reconhecimento mais preciso das informações disponibilizadas à sociedade em relação a licitações e os gastos públicos na Paraíba.*

1. Introdução

Nos últimos anos, o desenvolvimento de novas técnicas e tecnologias de comunicação provocaram mudanças nos modos de produção, distribuição e consumo de informação. Com isso, o cidadão tornou-se mais crítico e responsável pelas informações que consome. Neste sentido, um dos temas que mais tem repercutido, gerando interesse e participação da sociedade, é a questão da política e administração pública.

Por conta da crescente disseminação de informações e o surgimento de leis direcionadas à transparência de dados, a Lei de Acesso à Informação (LAI) nº 12.527 (18 de novembro de 2011) foi criada com o intuito de regular e facilitar o acesso a informações de dados governamentais aos indivíduos que queiram acompanhar os gastos públicos. A transparência nas contas públicas começa com a Lei de Responsabilidade Fiscal (Lei Complementar 101/2000), onde as leis de 2000 e 2009

*Trabalho de conclusão de curso, sob orientação do professor Marcus Williams Aquino de Carvalho, submetido ao Curso de Bacharelado de Sistemas de Informação do Centro de Ciências Aplicadas e Educação (CCAE) da Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de BACHAREL EM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO.

foram reforçados pela Lei de Acesso à Informação (Lei 12.257/2011), tornando-se assim obrigatória a divulgação, em tempo real, pela internet, de informações detalhadas sobre a execução orçamentária e financeira da União, estados e municípios (Senado Federal[12]).

Maneiras inovadoras de fiscalizar os gastos públicos estão sendo criadas, possibilitando, assim, a atuação mais efetiva da população neste processo de acompanhamento. Por exemplo, na área de TI do Tribunal de Contas da União, tem sido utilizada uma solução em Inteligência Artificial com o objetivo de diminuir o tempo e o custo para a responsabilização e reparação de danos através da administração pública, como desvio de verbas, fraudes e corrupção (ALCANTARA, 2020). Um outro exemplo seria um conjunto de aplicativos do +Brasil[3] para dispositivos móveis que permite que a própria população fiscalize com mais transparência à aplicação dos recursos públicos transferidos por meio da Plataforma, dentre eles o "Gestão Mais BRASIL" e "Fiscalização Mais BRASIL", apresentando informações sobre repasses de recursos entre o governo federal, governos estaduais, municipais, organizações da sociedade civil, entre outras informações. Por conseguinte, o cidadão também exerce o controle desse processo, podendo verificar, acompanhar e fiscalizar o exercício do governo com base no interesse público (da Silva Figueiredo and dos Santos, 2013). Além disso, os órgãos fiscalizadores como Receita Federal, Ministério Público, Tribunal de Contas e Tribunal Eleitoral buscam detectar irregularidades em processos licitatórios.

Entretanto, analisar essa grande quantidade de dados e suas relações sobre a administração pública a fim de transformá-las em um conjunto de informações relevantes e adequadas para o consumo do público torna-se uma tarefa complexa, uma vez que são dados brutos, destratados, despadronizados e com seu próprio formato. Todavia, com avanço tecnológico é possível encontrar ferramentas e metodologias, como Análise de Dados e Ciência de Dados, que facilitam o acúmulo, análise e manipulação dessas informações.

Dessa forma, esse trabalho tem como objetivo modelar e criar uma visualização de dados baseada em grafos, de forma interativa e intuitiva, permitindo explorar as relações entre empresas com base em suas co-participações em licitações. Como estudo de caso, foram utilizados dados de licitações nos municípios da Paraíba para gerar um exemplo de visualização, demonstrando a capacidade de identificar relacionamentos entre empresas e com isso aprofundar investigações de possíveis indícios de irregularidades nesses processos, como a formação de conluios ou o uso de empresas laranja burlar as regras de concorrência.

---

[1] https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/120378

[2] https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/115926

[3] https://portal.plataformamaisbrasil.gov.br/maisbrasil-portal-frontend/

2. Fundamentação Teórica

2.1 Licitações

De acordo com Brasil (1993) a licitação é um mecanismo pelo qual o poder público realiza compra de produtos ou serviços firmando um contrato. É a forma que garante a plena concorrência entre os participantes, visando garantir a observância do princípio constitucional da isonomia, onde a seleção da proposta mais vantajosa para a administração é assegurada.

De acordo com o autor Celso Antônio Bandeira de Mello (2006), o art. 37, inciso XXI, da Constituição Federal, institui normas para licitações e contratos da Administração Pública e dá outras providências onde está declarado no art. 22 da Lei 8.666, cujo § 8º dispõe que é vedada a combinação delas, ou a adoção de outras. Dessa forma, o aspecto principal da fraude se trata da combinação e direcionamento do processo licitatório envolvendo interesses particulares na contratação, além da divulgação de informações privilegiadas, assim o agente público conduz o processo já sabendo quem será o vencedor.

E, para fortalecer e facilitar o domínio do mercado e diminuir a concorrência por interesses próprios, outro tipo de fraude é comum nesse cenário é a formação de cartéis, que de acordo com Themótheo Neto (2010, p. 42) ocorre através de uma combinação entre as empresas participantes. O conluio visa o favorecimento entre elas como uma espécie de rodízio, combinando preços de forma em que todas as empresas que participam do conluio continuem sendo contratadas frequentemente pela Administração pública, utilizando de uma coparticipação suja para o ganho em capital de giro.

Em um caso ocorrido no estado do Paraná, foi identificado um padrão de comportamento no processo licitatório que se repetia. Uma empresa e um órgão público combinavam o preço da proposta, caso outra empresa que não fazia parte do esquema ganhasse, o órgão fazia uma maneira de desclassificar a empresa. Tal estratégia também envolve participação de outras empresas concorrentes. O fortalecimento do controle do processo licitatório é uma importante estratégia para combater as fraudes em licitações, disseminando o conhecimento relacionado às contratações públicas, justamente por possuir um microssistema com conceitos e métodos próprios. A sociedade precisa compreender e discutir as leis que envolvem as licitações para que haja um controle efetivo com a colaboração de todos (MARCHESE, 2014).

Ações fraudulentas em licitações têm impacto em toda a sociedade pelo desvio de verba pública. Pela quantidade de informações que nos dias atuais as pessoas têm acesso, o interesse tem se tornado cada vez maior, o que tem colaborado para a busca em melhorias que proporcionem ao cidadão compreender e fiscalizar. Como a fraude em licitações é um dos crimes que mais acarreta danos aos cofres públicos e a quantidade

de dinheiro e os danos que já foram causados são imensuráveis, há uma expectativa de reduzir ou até mesmo chegar ao fim com as fraudes em licitações. Formar um método em que a licitação se torne totalmente transparente é a única forma de pôr um fim nas fraudes, uma forma de deter e propor um mecanismo onde a população pode acompanhar o passo a passo do processo podendo acessar todos os detalhes, como por exemplo: as empresas participantes, os lances, etc (TEIXEIRA, 2016).

2.2 Visualização de Dados

A área da Visualização Científica busca representar adequadamente dados brutos na forma de imagens. Desta forma, fornece meios de analisar visualmente conjuntos de dados de elevada dimensão e complexidade, onde métodos tradicionais de visualização são insuficientes, sendo importante na descoberta de relacionamentos e dependências existentes nos mesmos (ALEXANDRE; TAVARES, 2007). Ou seja, a visualização de dados possibilita a apresentação de informações importantes sobre conjuntos de dados complicados de maneira significativa e intuitiva, oportunizando uma comunicação clara e objetiva com o usuário por meio de gráfico, infográfico, diagrama, mapa, entre outros.

Dessa forma, podemos representar gráficos de diversas formas, cada uma com suas vantagens e desvantagens. Dependendo da utilização e de onde queremos o gráfico, um algoritmo pede uma representação, assim como outro pede de forma diferente. Temos como objetivo utilizar o grafo para tornar essa visualização dos dados mais atraente e fácil de entender, identificando tendências dentro desse conjunto.

2.3 Teoria dos Grafos

Podemos definir um grafo como um conjunto finito não vazio de vértices e suas possíveis ligações. Pode ser representado formalmente como uma dupla G= (V,A), onde V é um conjunto não vazio de vértices e A é o conjunto de arestas (ligações entre os vértices). Cada aresta é apresentada por um conjunto de pares não ordenados de elementos de V (SZWARCFITER,1988).

Dentro do grafo, os vértices podem ser associados a objetos do mundo real, como por exemplo: uma pessoa, cidade, parte de um circuito eletrônico, uma empresa, entre outros. Quando representado graficamente os vértices normalmente são pontos ou círculos. Eles possuem um grau que é definido pelo seu número de vizinhos, ou seja, o número de vértices que estão conectados a ele (DIESTEL, 2005).

O conceito se resume informalmente a uma abstração em forma de uma estrutura de coleção de vértices e arcos que permitem a representação de um modelo em que há relações entre esses objetos, além de termos como vantagem a representação de

gráficos pesados sem comprometer sua complexidade, podendo representar mais de uma ligação entre dois nós. Podemos entender exemplos de situações concretas como: redes de computadores, de comunicações, países (língua falada, idioma), árvores genealógicas, pessoas (amizade), empresas (parcerias) etc, como pode ser visto nas figuras abaixo.

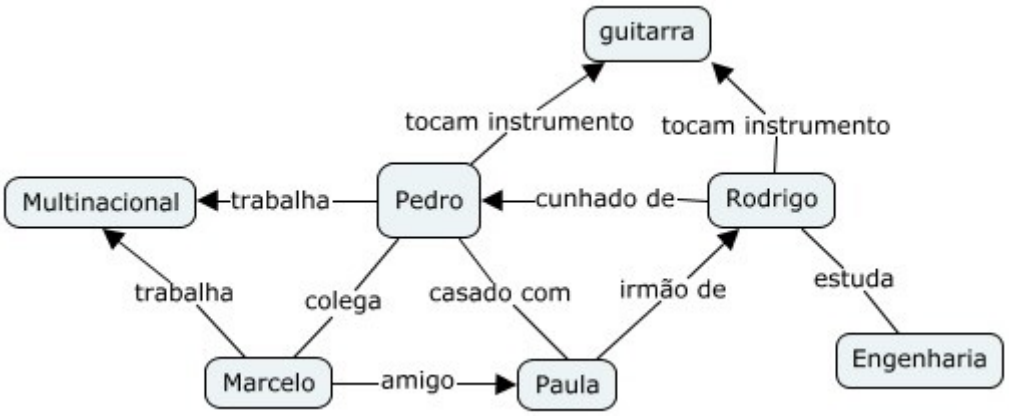

Figura 1. Exemplo de um grafo onde há relações entre pessoas e objetos, destacando os nós(pessoas, objetos) e suas relações/vértices(grau de parentesco, ocupação).

Fonte: https://micreiros.com/

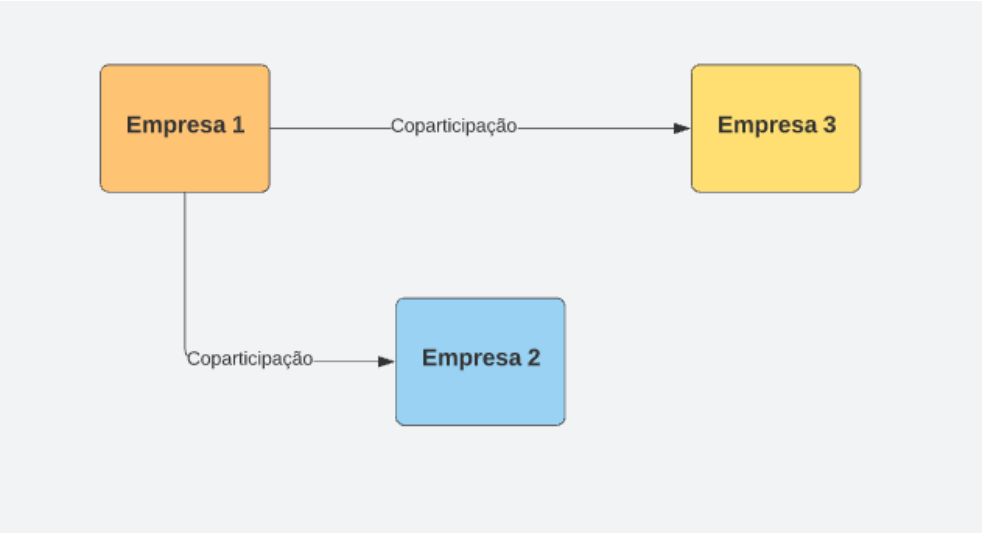

Figura 2. Exemplo de um grafo onde há relações entre empresas, destacando os nós(empresas) e suas relações/vértices(co-participação).

fonte: Autoria própria

3. Metodologia

Esta seção descreve como a solução foi desenvolvida, mostrando o processo de execução com o fluxo de dados, que vai desde a extração de dados, definição do formato dos dados a serem consumidos pela biblioteca de visualização, descrição das ferramentas e padrões utilizados e do processo de geração da visualização de dados.

3.1 Processo de execução

O processo de execução da solução durante o desenvolvimento da visualização de dados ocorreu da seguinte forma: o *TCE-PB* disponibiliza publicamente os dados do *SAGRES*, sua base de dados de licitações, no formato *CSV através do link <https://tce.pb.gov.br/servicos/dados-abertos-do-sagres-tce-pb>*. A linguagem *R* foi utilizada para calcular as coparticipações de empresas e exportar em um arquivo JSON. Em seguida, um código *Javascript* lê o arquivo *JSON* e monta a visualização através do *HTML* e *CSS,* com base na biblioteca *Apache ECharts*. O ambiente de desenvolvimento *Visual Stuio Code* roda a aplicação web que fica acessível a partir de um navegador (ex: Google Chrome), que faz uma requisição à *API* do *ECharts,* que por sua vez utiliza o *ZRender* para renderizar o gráfico na tela do navegador. A Figura 3 ilustra esse processo.

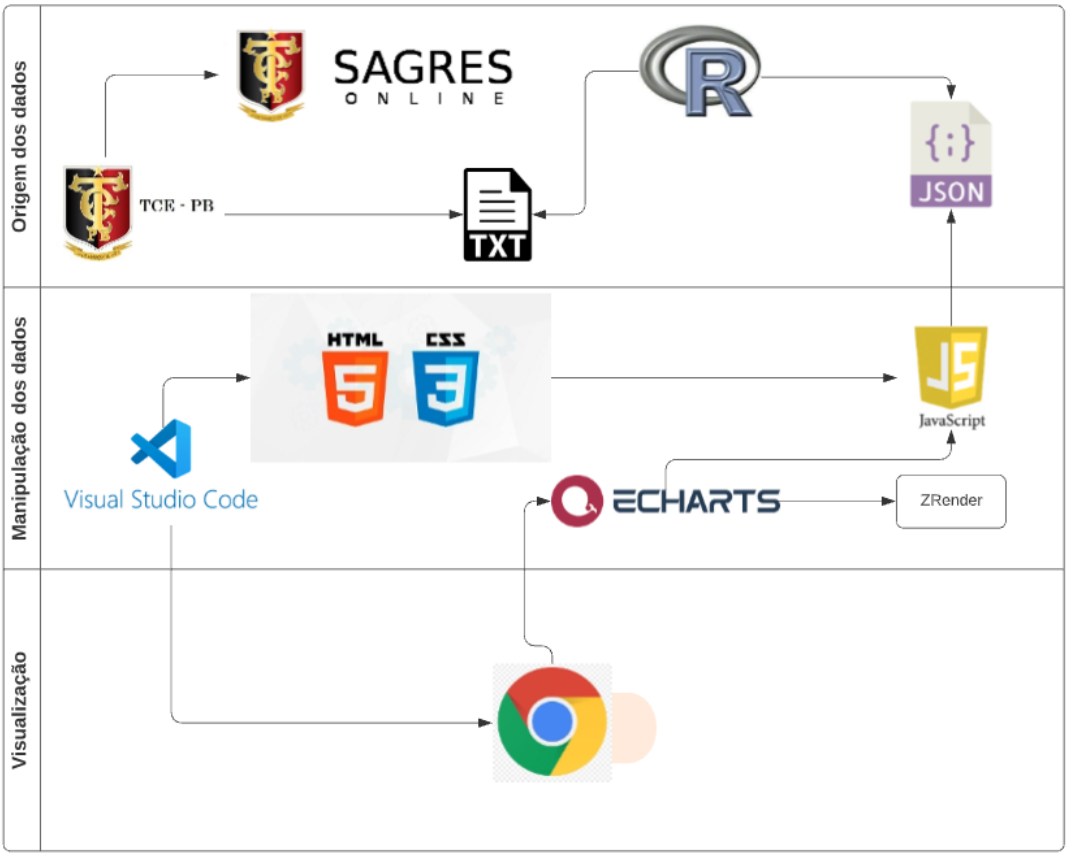

Figura 3. Figura mostra o fluxo da solução.
fonte: Autoria própria

3.2 Extração de dados

Os dados de licitações utilizados para alimentar a pesquisa, a construção do formato e os testes, são provenientes de tabelas disponibilizadas do banco de dados do SAGRES no site do TCE-PB, onde qualquer pessoa tem a disponibilidade de fazer qualquer tipo de análise e tratamento. Essas tabelas estão disponíveis no formato de texto UTF-8, compactado no formato ZIP. O conjunto de dados utilizado se trata da Tabela de Licitações (e propostas) do Portal do Gestor nas Esferas Municipal e Estadual, onde sua última atualização foi na data de 18/11/2021.

Após o *download* do arquivo, é utilizado um algoritmo em R que faz os cálculos das coparticipações para cada empresa licitante e exporta no formato JSON. O formato JSON foi especificado no contexto deste trabalho, sendo uma das importantes contribuições do mesmo.

Neste trabalho foi usado um arquivo JSON estático para a geração das visualizações, mas no futuro os dados no formato JSON especificado serão fornecidos de forma dinâmica através da API web (backend) do projeto.

3.3 Formato dos dados

O formato *JSON* utilizado no trabalho é formado por três conjuntos de dados, sendo eles: *nodes* (nós/"empresas"), *links* (arestas/"relações"), *categories* (categorias das empresas). Como Junior e Silva (2018, p.198) definem:

> "JSON é um formato de texto derivado da linguagem Javascript e é representado por uma coleção de objetos compostos por pares de chave-valor conforme definição da 8ª edição do ECMAScript Language Standard [International 2011], que é responsável pela definição da linguagem Javascript."

Dessa forma, o formato de dados em json será utilizado posteriormente pela biblioteca Echarts para gerar o gráfico, podemos ver a seguir um exemplo de um formato de dados de um arquivo JSON dentro do contexto do trabalho.

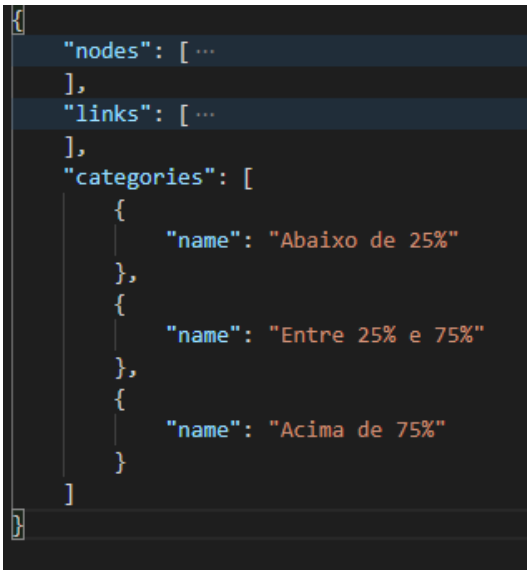

Figura 4. Exemplo de um arquivo json extraído diretamente do trabalho.

fonte: Autoria própria

Observa-se que o JSON utiliza uma estrutura de arquivos formada com uma chave propriedade-valor. Abaixo temos um exemplo de dois nós (empresas), com suas informações e seus atributos, como nome da empresa, número de licitações, proporção de licitações vencidas, etc.

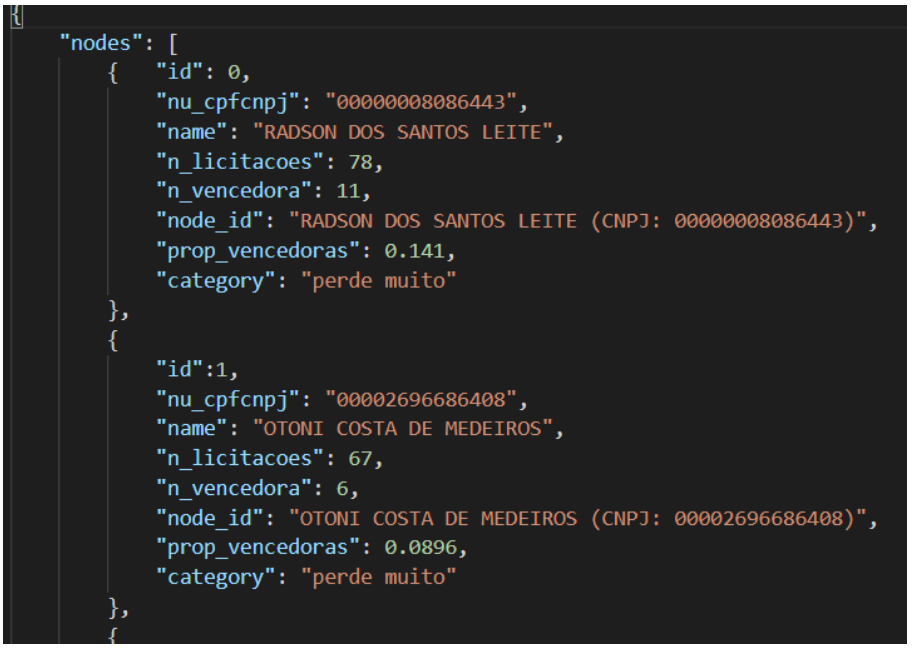

Figura 5. Exemplo de um arquivo json extraído diretamente do trabalho.

fonte: Autoria própria

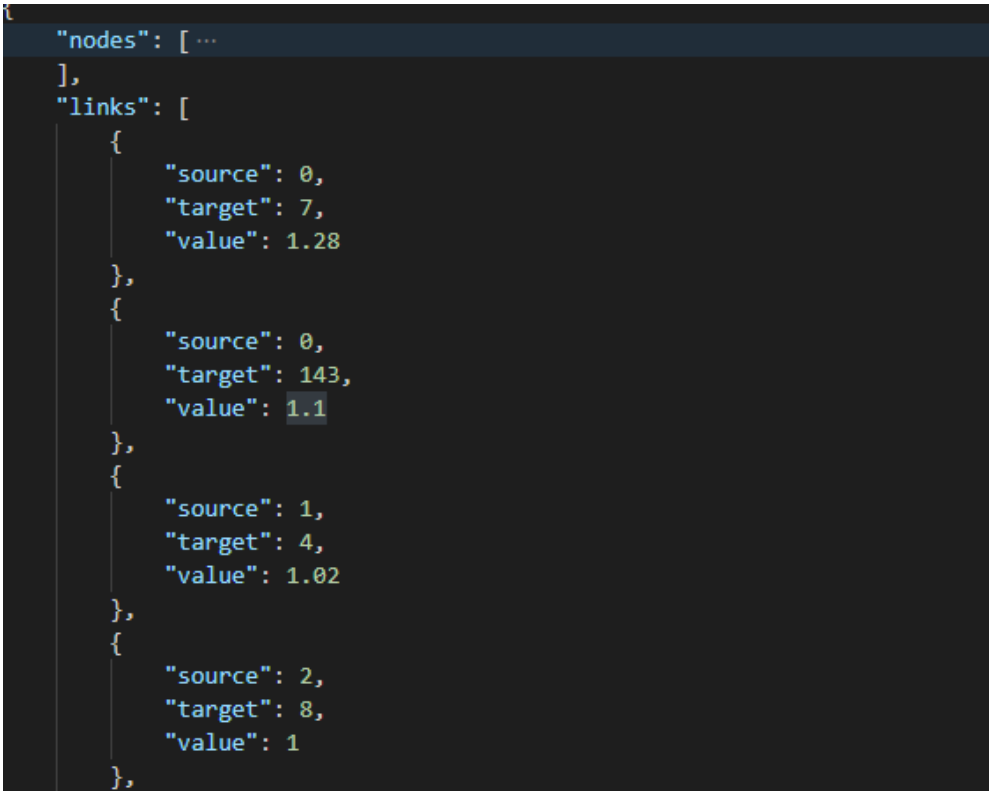

Figura 6. Exemplo de um arquivo json extraído diretamente do trabalho.

fonte: Autoria própria

Para trabalhos futuros, podemos definir os dados básicos das empresas através do arquivo *participantes_stats.csv* onde são formatadas em nós, e as relações em links através do arquivo *coparticipacoes.csv,* porém esses arquivos são alterados de acordo com a métrica estabelecida para a possível análise de dados, assim gerados através de um algoritmo em *R* disponível no repositório <https://github.com/marcuswac/rede-de-conluios>. No caso deste trabalho utilizamos o atributo *prop_vencedoras* que se trata de uma proporção representada entre os valores 0 e 1 de empresas vencedoras para determinar o tamanho dos nós, temos o atributo *id* como referência de identidade única de uma empresa (nó), e para as relações (links) utilizamos os atributos *source* (origem) e o *target* (destino) para determinar as arestas, onde *source* representa por exemplo a empresa 1 e *target* a empresa 2, ou seja, a empresa 1 tem ligação com a empresa 2.

3.4 Visualização de Dados

3.4.1 Ferramentas de visualização de dados web

Para a representação de grafos em páginas Web, algumas linguagens de programação como JavaScript podem ser utilizadas em outras aplicações e programas. Javascript que é uma linguagem de scripting baseada em texto, que possibilita manipular a estrutura das páginas, adicionando ou removendo elementos dinamicamente. Dessa forma, foi escolhido o JavaScript como linguagem de programação e a biblioteca ECharts pelo acervo de informações, bibliotecas, frameworks, fóruns de discussões, etc. Além da sinergia e afinidade com Angular, que se trata da tecnologia utilizada atualmente no sistema Licitantes[4], onde esta visualização será integrada em um trabalho futuro.

Para facilitar a programação em Javascript é comum o uso de bibliotecas. A biblioteca *Apache ECharts*[5] é uma ferramenta de visualização em JavaScript de código aberto, fácil de usar, fazendo com que o usuário se concentre no *design* da visualização ao invés do uso, rico em interações embutidas anexadas a cada tipo de gráfico, minimizando a necessidade de customização. Também possui alta performance através de um sistema de *streaming* com renderização incremental mesmo lidando com milhões de nós de dados. que pode ser executada com fluência em PCs e dispositivos móveis, ou seja, fornecendo rapidamente informações. É compatível com a maioria dos navegadores da *Web* modernos, por exemplo, IE9 / 10/11, Chrome, Firefox, Safari e assim por diante. ECharts depende do ZRender, um mecanismo de renderização gráfica, onde por trás existe uma biblioteca de desenho vetorial 2D chamada ZRender, para criar gráficos que oferecem suporte à exibição de formas visuais em telas HTML5 e manipula elementos. O ZRender oferece suporte a vários backends de renderização, incluindo Canvas, SVG e VML.

Auxiliado pelo mecanismo ZRender, o ECharts pode renderizar gráficos com tela HTML5 enquanto permanece com as manipulações do tipo DOM. Permite um alto desempenho, pois um grande número de elementos SVG na página web consome tempo e memória. Chart.js também suporta renderização com canvas, enquanto HighCharts e C3 só podem manipular SVG, (Zhejiang University, 2018).

[4] http://labdados.dcx.ufpb.br/licitantes
[5] https://echarts.apache.org/

Biblioteca	Gráficos estendidos	Interações personalizadas	Tela
HighCharts	✗	✗	✗
Chart.js	✗	✗	✓
C3	✗	✗	✗
ECharts	✓	✓	✓

Figura 7. Comparativo feito pela Zhejiang University entre bibliotecas Javascript para visualização de gráficos.

fonte: Zhejiang University

3.4.2 Geração da visualização com base em template

O processo de execução na fase de testes do trabalho teve início rodando um código base que a própria biblioteca ECharts fornece como template no *site*, consumindo dados de uma API fornecida com um formato próprio, o teste desse template nos trouxe um entendimento de como são manipulados os dados da biblioteca e como são mostrados em tela.

A princípio temos um arquivo .html onde importamos com a tag *script* os dados (Chamada para API, Banco de dados e Renderização do gráfico) contendo o roteiro necessário para rodar a biblioteca. Em seguida, inicializamos uma instância Echarts com o método echarts.init e definimos a instância echarts com o método setOption para gerar um gráfico, que é utilizado para preencher dados e configurações após a inicialização através de uma função jQuery. Antes de iniciar a fase de testes com dados mockados (dados inseridos manualmente que simulam dados reais), é necessário entender qual o formato de dados mais adequado para serem inseridos e lidos pela biblioteca da forma correta em que o gráfico foi gerado. Nesse sentido, o Echarts utiliza como padrão o formato JSON. A Figura 7 mostra um exemplo do tipo de gráfico de rede que desejamos para a nossa visualização, com base em dados de teste fornecidos pela própria biblioteca.

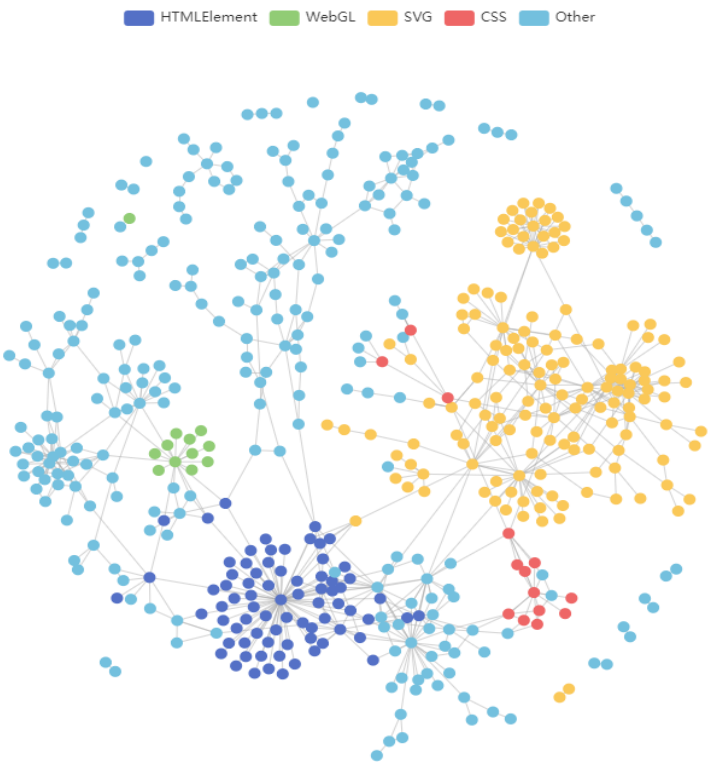

Figura 8. Exemplo de um template do Echarts mostrando um grafo através de um conjunto de dados utilizando sua própria API.

fonte: Autoria própria.

3.4.3 Geração da visualização com base em dados mockados

Após o término da fase de testes (com o template/exemplo fornecido pelo Echarts) e identificado o formato de dados adequado, se torna possível adicionar dados mockados para observar como será o comportamento da aplicação. Adicionamos então dados fictícios da coparticipação de empresas e obtivemos o resultado apresentado na Figura 8.

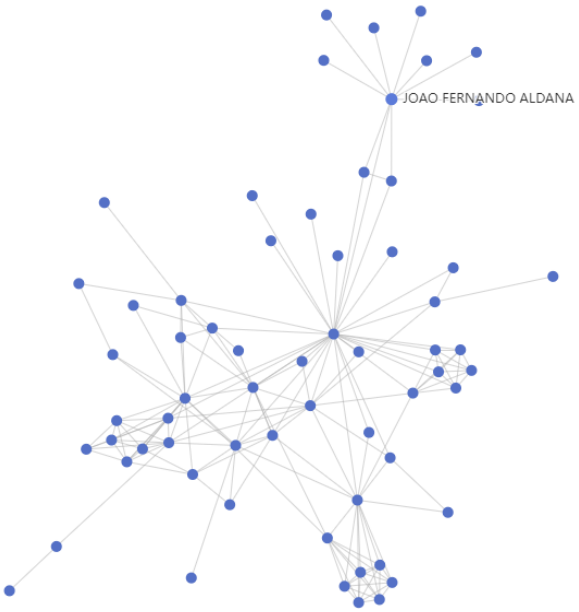

Figura 9. Exemplo de um grafo gerado através de dados mockados (inseridos) para o entendimento da biblioteca e trazendo relações de empresas através de ID´s.

fonte: Autoria própria.

Com base no tipo de gráfico desejado, nos testes realizados com dados fictícios e com o formato dos dados definidos (descritos na seção 3.2), seguimos para a criação e execução da visualização de dados com base em dados reais.

4. Resultados

Após os testes com o *template*, dados *mockados* e posteriormente a descoberta do formato específico para o contexto do projeto, iniciou-se testes com dados reais, onde temos nós (empresas) correlacionadas aos *links* (atributos que relacionam empresas) e suas categorias. As categorias foram divididas em três aspectos, onde 'Abaixo de 25%' representa empresas com um número de coparticipacões abaixo de 25% do número total, onde perdem muitas licitações; temos 'Entre 25% e 75%' onde representam empresas que estão dentro da normalidade; e 'Acima de 75%' que representa empresas que ganham muitas licitações. Abaixo temos um exemplo do grafo gerado onde temos um total de 100 empresas e suas respectivas relações.

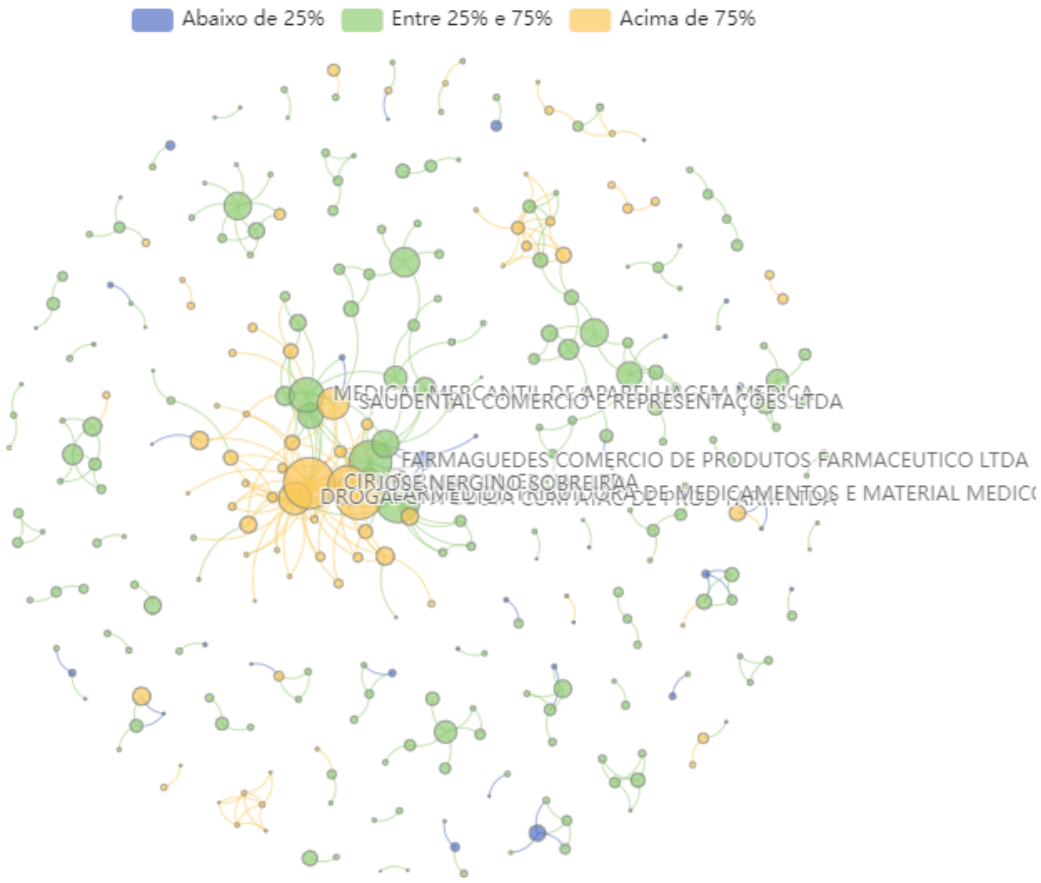

Figura 10. Imagem de um grafo gerado com dados 'reais' representando todas as empresas e suas relações dentro do banco de dados do trabalho.

fonte: Autoria própria

Um dos recursos da solução se trata do *zoom*, onde podemos observar mais de perto um nó específico ou deixar visualmente conforme o usuário preferir navegar pelo grafo através do *scroll* do *mouse* ou do teclado. Além disso, ao posicionar o mouse em cima de um nó, ele habilita um recurso onde apenas aquele nó e suas relações sejam exibidos e uma opacidade é aplicada aos demais nós. Temos uma imagem abaixo como exemplo:

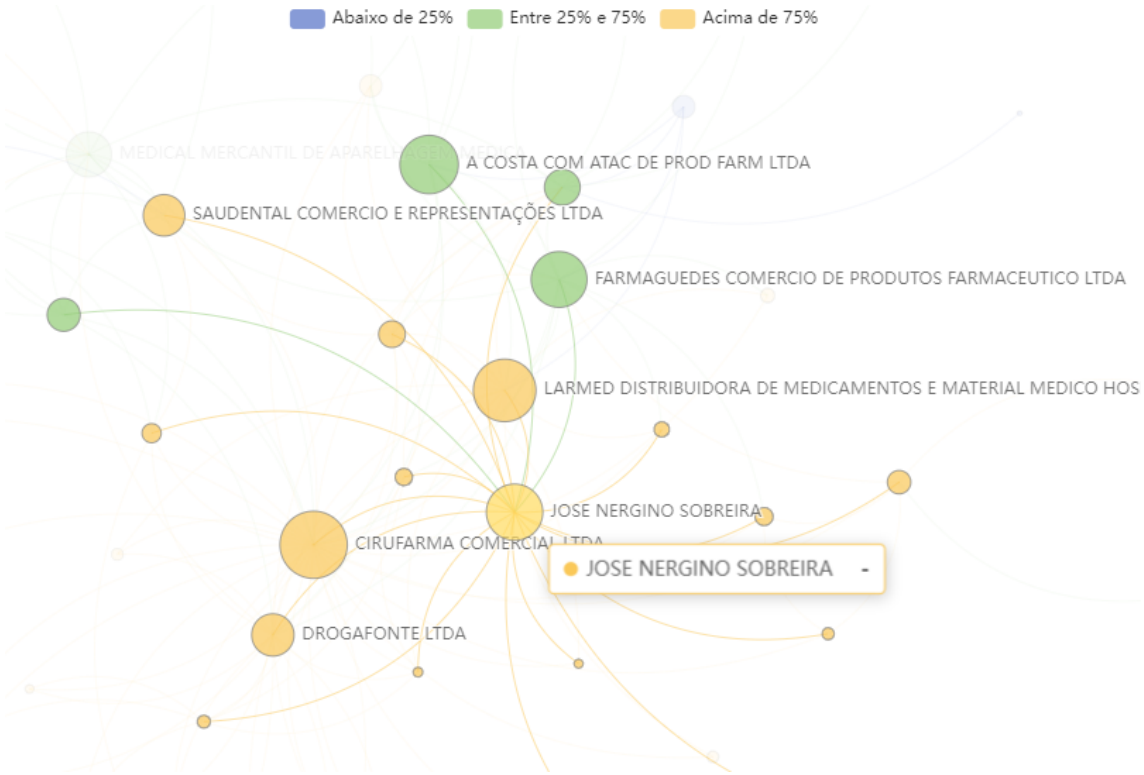

Figura 11. Imagem de um nó(empresa) e suas relações e ligações com outras empresas.

fonte: Autoria própria

Filtrar os nós(empresas) se trata de um aspecto importante nesse trabalho, onde é possível visualizar os dados na tela de acordo com a categoria representada na legenda acima do grafo. O usuário pode clicar na legenda e ativar ou desativar a categoria que pretende visualizar ou não. Exemplo a seguir desativa a categoria ‘acima de 75%’, onde estão classificadas empresas que ganharam acima de 75% das licitações que participaram e em seguida outro exemplo onde apenas a categoria ‘Entre 25% e 75%’ é apresentada:

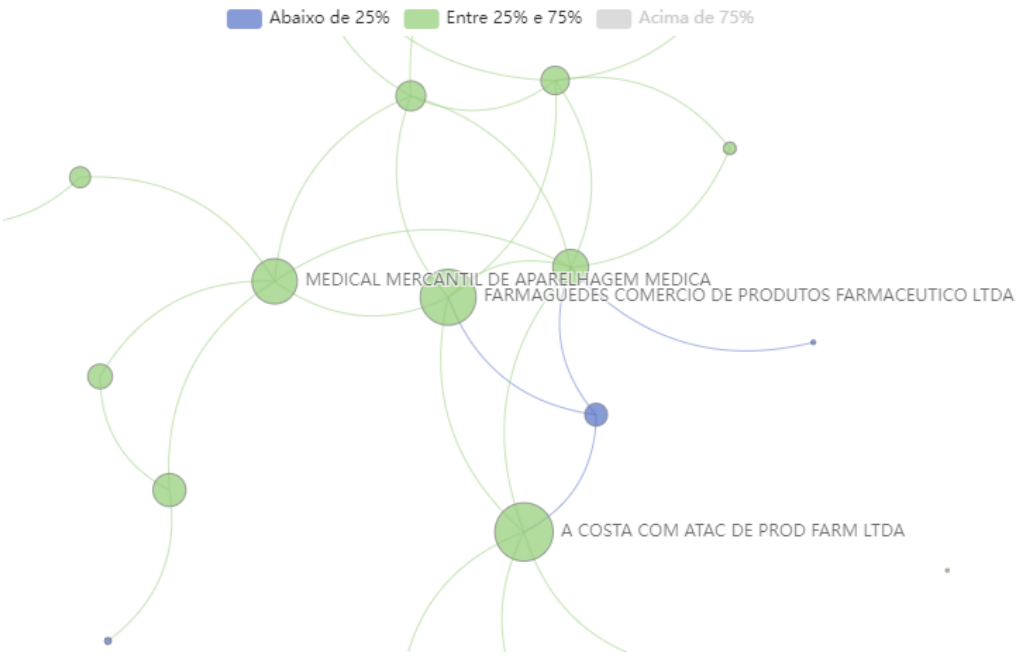

Figura 12. Imagem de parte do grafo geral onde foi aplicado um filtro.

fonte: Autoria própria

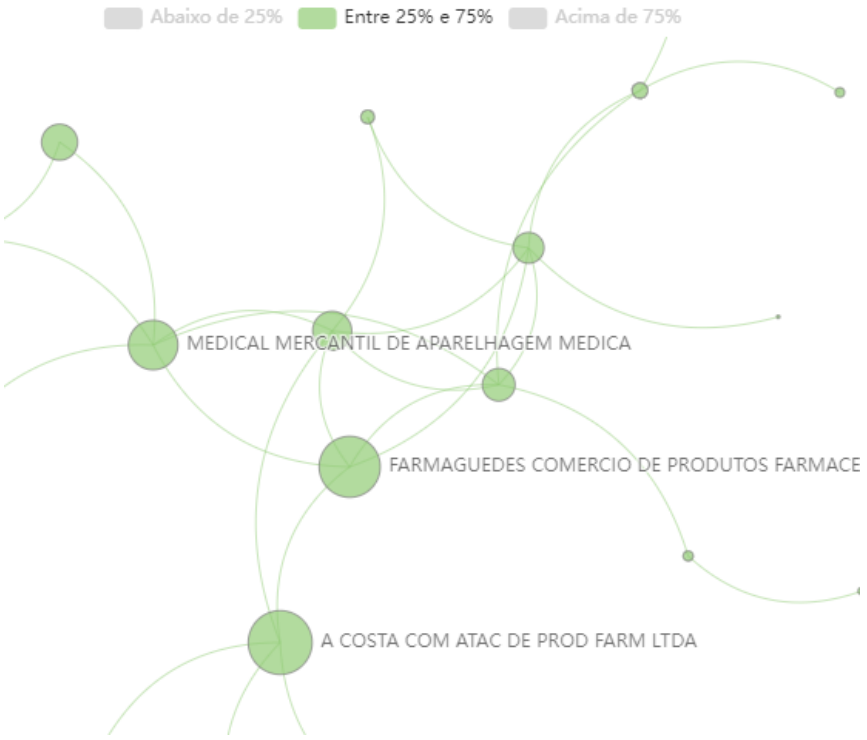

Figura 13. Imagem de parte do grafo geral onde foi aplicado um filtro.

fonte: Autoria própria

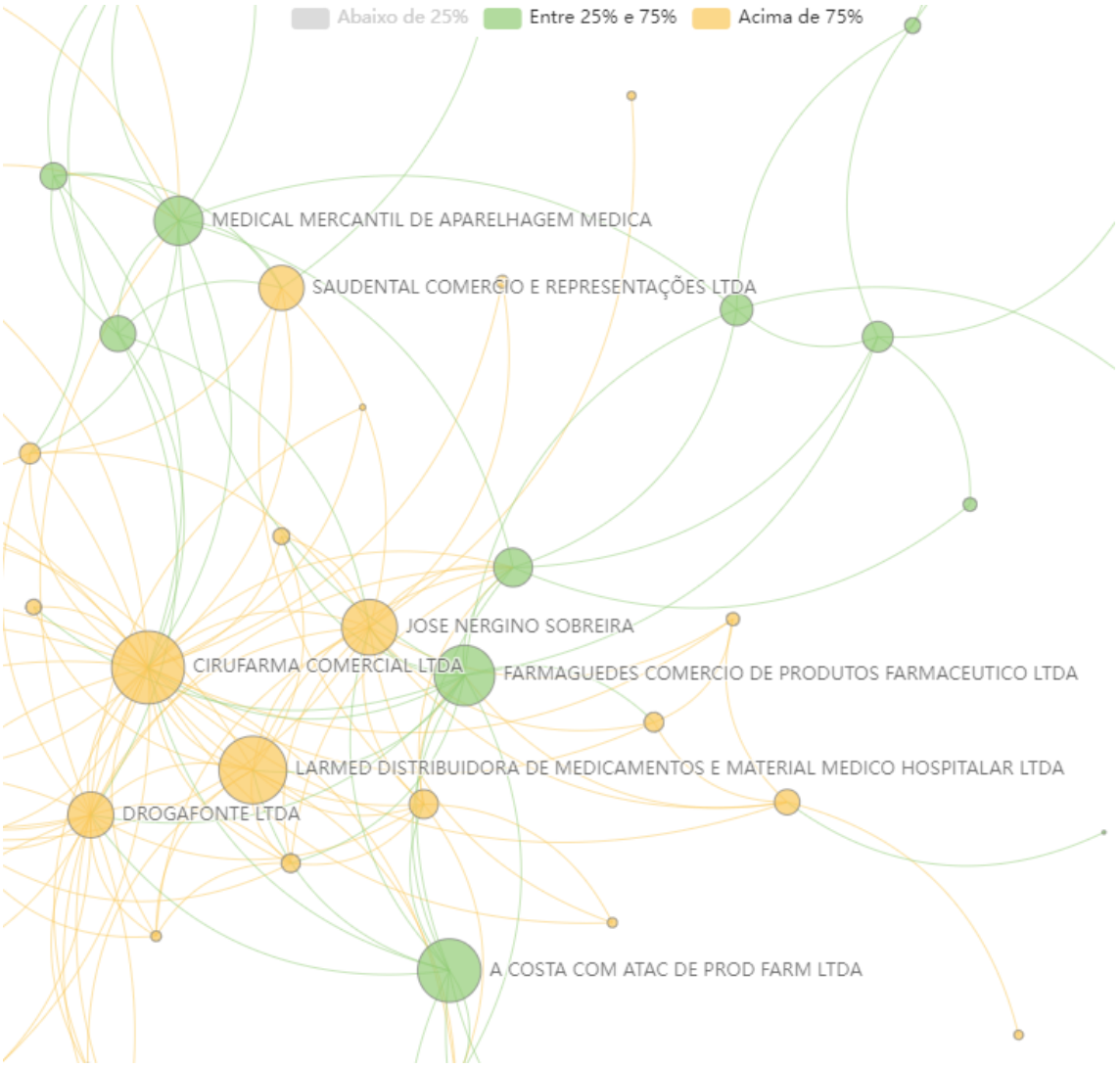

Figura 14. Imagem de parte do grafo geral onde foi aplicado um filtro.

fonte: Autoria própria

Podemos citar um exemplo nesse contexto de um possível conluio, onde uma empresa que perde muito (abaixo de 25%) na cor azul associada a uma ou mais empresas que ganham muitas licitações (acima de 75%) na cor amarelo, pois pode existir uma estratégia que essas empresas que perdem muito entram para alavancar o preço da licitação gerando uma concorrência falsa, para que a empresa vencedora consiga um preço mais alto no contrato.

5. Desafios Encontrados

5.1 Problema com CORS

Ao abrir o arquivo HTML no início dos testes, foi apresentado um erro 404 (Not found), onde o sistema CORS não permitia a comunicação do navegador com a API, para que o código pudesse efetuar a requisição. Define-se CORS ou Cross-Origin Resource Sharing (Compartilhamento de recursos com origens diferentes) como um mecanismo que dispõe de cabeçalhos HTTP acrescidos da normalidade para informar ao navegador em comunicação que permita que um aplicativo web tenha permissão ou não, permitindo ser executado e que tenha acesso aos recursos. Desta forma ao abrir o arquivo .html no início dos testes, foi apresentado um erro 404 (Not found), onde o sistema CORS não permitia a comunicação do navegador com a API, para que o código pudesse efetuar a requisição.

A solução inicial foi encontrada por meio de uma extensão no Google Chrome chamada “CORS Unblock” onde é possível desbloquear o Access-Control-Allow-Origin que é um dos cabeçalhos específicos dentro do próprio cabeçalho da resposta que indica se os recursos da resposta podem ser compartilhados ou carregados através da requisição.

5.2 Problemas com Bibliotecas de Visualização

A princípio, para que o objetivo fosse alcançado, chegando à biblioteca escolhida, houve um período de pesquisa para encontrar uma solução definitiva. Outras bibliotecas, ferramentas e formas de representar um grafo acerca de empresas e suas relações foram testadas, porém não houve um avanço significativo dentro do cronograma, sua complexidade e compatibilidade com o tipo de dado de sua origem (TCE-PB). Sendo assim, com o avanço do trabalho com a biblioteca Echarts, o foco em identificar um padrão para o formato dos dados que se encaixasse com a origem dos dados providos do TCE-PB foi prioridade.

Dessa forma, primeiro foi testada a biblioteca Echarts com os dados fornecidos pela mesma, em seguida foi inserido(mockado) alguns nós(empresas) do banco de dados do TCE-PB para analisar o seu comportamento, e posteriormente entender como a biblioteca correlaciona os nós dentro do grafo para poder em seguida definir o modelo de dados do arquivo *json,* identificando suas principais características para adaptá-lo à biblioteca.

Outro desafio encontrado foi a curva de aprendizado, sendo um dos pontos que mais dificultou o trabalho, pois há um percurso extenso desde a origem dos dados até a exibição dos mesmos para assim formar o grafo final. Fez-se necessário o

aprofundamento na documentação da biblioteca para personalizar os atributos de forma que o gráfico fosse apresentado da melhor forma possível para visualização e compreensão das informações.

5. Conclusão

Este trabalho teve como proposta modelar e criar uma visualização de dados baseada em grafos para a coparticipação de empresas em licitações. analisar uma tabela ou gráfico comum para identificar padrões pela proximidade visual é algo complexo. A estrutura dos grafos fornece uma base de representação para diversos problemas, além de uma forma interativa e intuitiva que permite explorar as relações entre empresas visualmente, com os nós representando as empresas e as arestas representando as relações entre elas.

Além da criação da visualização, também foi especificado um formato de dados que possibilita e serve de orientação para trabalhos futuros, como por exemplo, um back-end poderá fornecer dados dinamicamente para a solução ler e exibir o gráfico de forma automática, se adaptando aos novos dados.

Por fim, realizado o processo de pesquisa, testes e análise dos resultados, temos como principais contribuições do trabalho:

- A ferramenta contribui gerando uma visualização com dados de forma dinâmica e interativa.
- Especificação do formato dos dados para que um back-end possa fornecer dados que se adaptem aos que vierem (permitindo filtragem).
- Utilização de javascript como linguagem de programação que roda em qualquer browser.

Conclui-se que para o contexto social observado, a necessidade de informações "fáceis" para o entendimento do cidadão que busca interpretar os dados são de suma importância para que possam acompanhar mais de perto o que acontece dentro do contexto de licitações e recursos públicos. Sendo assim, o conjunto de tecnologias apresentadas desde a origem dos dados até a exibição final do grafo promove uma relevante contribuição para o reconhecimento mais preciso das informações disponibilizadas à sociedade, possibilitando que os indivíduos estejam cada vez mais inseridos no processo fiscalizatório das licitações da Paraíba.

Como trabalho futuro, pretende-se construir um backend onde possa-se fornecer dados de forma dinâmica, e dependendo da métrica utilizada para a análise, esse backend poderá extrair do banco de dados do TCE-PB e deixar-los no formato especificado através do *json* para integrar a visualização com a solução deste trabalho a um futuro sistema de licitantes, podendo assim ser feita a análise de dados com base na

visualização apresentada por grafos, sendo possível a identificação de possíveis fraudes e conluios em licitações dependendo do critério estabelecido pelo backend.

6 . Referências

ALCANTARA, Tiago. Inteligência artificial ajuda a recuperar dinheiro para os cofres públicos. Itforum, 2021. Disponível em: <https://itforum.com.br/noticias/tcu-inovacao-inteligencia-artificial-recuperar-dinheiro-cofres-publicos/>. Acesso em: 03/11/2021.

ALEXANDRE, D. S.; TAVARES, J. M. R. S. Factores da percepção visual humana na visualização. [2007?]. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Joao-Tavares-23/publication/37649697_Factores_da_Percepcao_Visual_Humana_na_Visualizacao_de_Dados/links/53d501860cf228d363e9d673/Factores-da-Percepcao-Visual-Humana-na-Visualizacao-de-Dados.pdf>. Acesso em: 08/11/2021.

BRASIL (1993). Lei no 8.666, de 21 de junho de 1993. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8666cons.htm>. Acesso em: 01/10/2021.

DA SILVA FIGUEIREDO, Vanuza; JORGE LADEIRA DOS SANTOS, Waldir. Transparência e controle social na administração pública. Temas de administração pública, 8 (1), 2013.

DIESTEL, Reinhard. **Graph theory**. 3. ed. Berlin: Springer-Verlag Heidelberg, 2005. Disponível em: <https://sites.math.washington.edu/~billey/classes/562.winter.2018/articles/GraphTheory.pdf>. Acesso em: 02/10/2021.

DUARTE, N.F.B. **Frameworks e Bibliotecas JavaScript**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Informática) - Instituto Superior de Engenharia do Porto. Porto, p. 70. 2015.

JUNIOR, J. B. S.; SILVA, P. C. Análise de representação semântica de modelos de dados do formato Json. **Sistema e computação**, Salvador, v. 8, n. 1, p. 196-209, jan/jun. 2018.

LI, Deqing; MEI; Honghui; SHUANG, YiShen; ZHANG, Wenli; ZU, Junting Wang Ming; CHEN, Wei. ECharts:A declarative framework for rapid construction of web - based visualization. Zhejiang University, 2018

MARCHESE, H. Estratégias para diminuir as fraudes em licitações. Homero Marchese,2014. Disponível em: <http://homeromarchese.com.br/2014/06/26/estrategias-para-diminuir-as-fraudes-em-licitacoes> . Acesso em: 19/11/ 2021.

SZWARCFITER, Jayme Luiz. **Grafos e algoritmos computacionais**. Rio de Janeiro: Campus, 1988.

TEIXEIRA, A. H. S. **Fraudes em Licitações públicas.** 2016. Disponível em: <https://dspace.doctum.edu.br/bitstream/123456789/1491/1/Fraudes%20em%20Licita%C3%A7%C3%B5es%20P%C3%BAblicas.pdf>. Acesso em: 21/10/2021.

THEMÓTHEO NETO, J. F. Atos de Improbidade Administrativa no Procedimento Licitatório. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC em Direito) -UFC. Fortaleza, 63 p. 2010.