Detectando conluio em compras governamentais: Uma abordagem utilizando red flags e a Teoria Dempster-Shafer[1]

Detecting collusion in government procurement: An approach using red flags and the Dempster-Shafer Theory

Detección de colusión en la contratación pública: Un enfoque que utiliza red flags y la Teoría Dempster-Shafer

Frederico Pinto de Souza[2] e Fabiano da Rocha Louzada[3]

http://dx.doi.org/10.36428/revistadacgu.v12i21.174

Resumo: Tanto no setor público quanto no privado, é crescente o número de técnicas e esquemas fraudulentos perpetrados por indivíduos que têm como um de seus objetivos se apropriar indevidamente do patrimônio das entidades alvo. A detecção de fraudes é uma atividade complexa, pois estes indivíduos buscam esconder suas ações de modo que não sejam descobertos. Diante disto, o objetivo do presente trabalho é apresentar uma abordagem que permita identificar e agregar evidências relativas a sinais indicativos de fraude (*red flags*) a partir do emprego de diferentes técnicas de mineração de dados, derivando uma medida geral de valor probatório que pode ser utilizada para reconhecer as licitações nas quais podem ter ocorrido conluio entre os licitantes. Os resultados alcançados mostram que a proposta pode auxiliar as atividades de investigação conduzidas pelas entidades de fiscalização, pois ajuda no direcionamento dos esforços para as áreas que concentram um conjunto maior de elementos probatórios.

Palavras-chaves: Detecção de Fraude; Conluio; *Red flags*; Agregação de Evidências

Abstract: In both public and private sectors, there is a growing number of fraudulent techniques and schemes perpetrated by individuals whose purpose is to misappropriate the assets of the target entities. Fraud detection is a complex activity as these individuals try to hide their actions so that they are not discovered. Given this, the objective of the present work is to present an approach that allows identifying and aggregating evidence related to red flag signals from the use of different data mining techniques, deriving a general measure of probative value that can be used to recognize bids in which collusion may have occurred between bidders. The results show that the proposal can help the investigation activities conducted by the inspection entities, as it helps to direct efforts to areas that concentrate a larger set of evidential elements.

Keywords: Fraud Detection; Collusion; *Red flags*; Aggregation of Evidence

Resumen: Tanto en el sector público como en el privado, hay un aumento del número de técnicas y esquemas fraudulentos perpetrados por individuos que tienen como una de sus metas apropiarse indebidamente del patrimonio de entidades dónde han puesto su objetivo. Detectar fraudes es una actividad compleja, pues estas personas buscan ocultar sus acciones para que no sean descubiertas. En vista de esto, el objetivo de este trabajo es presentar un enfoque que permita identificar y añadir evidencias relacionadas con las Señales que indiquen un fraude (*red flags*) a partir del uso de técnicas de exploración de datos, derivando a una medida general de valor probatorio que puede ser utilizada para reconocer las licitaciones públicas donde puede haber ocurrido algún tipo de colusión entre los licitadores. Los resultados alcanzados demuestran que la propuesta puede contribuir con las actividades de investigación llevadas a cabo por organismos de inspección, ya que ayuda a direccionar los esfuerzos para las áreas dónde se concentran mayor número de elementos probatorios.

Palabras clave: Detección de fraude; Colusión; señales de alerta; Agregación de evidencias.

1 Artigo recebido em 14/06/2019 e aprovado em 19/03/2020

2 Universidade Federal do Espírito Santo

3 Universidade Federal do Espírito Santo

ISSN 2595-668X

Introdução

No setor público e no setor privado, as técnicas e os esquemas fraudulentos empregados por indivíduos mal-intencionados têm se multiplicado e evoluído em seus aspectos quantitativos e qualitativos, impactando negativamente o patrimônio das entidades (PINHEIRO e CUNHA, 2003). Este cenário tem desafiado os organismos de controle a desenvolver iniciativas cada vez mais eficazes para auxiliar a detecção destas atividades.

A dificuldade de detectar fraudes em ambientes públicos e privados é grande. Murcia, Borba e Schiehll (2008), ao avaliarem a situação das empresas privadas, destacam que os indivíduos podem, por exemplo, se utilizar da flexibilidade inerente à interpretação das normas contábeis ou, até mesmo, deixar de registrar transações para acobertar suas ações fraudulentas. Na área pública, Cuiabano *et al.* (2014) destacam que, em relação às fraudes perpetradas através de conluios, os instrumentos de denúncia e de acordo de leniência, que possuem natureza eminentemente reativa, possuem limitações no que se refere ao combate destas estruturas, principalmente quando se está tratando de cartéis estáveis e altamente lucrativos. Apesar de Bataglia e Farranha (2019) destacarem haver no Brasil o desenvolvimento de um conjunto de ações com o objetivo de permitir o acesso à informação como meio de prevenção à corrupção, deve-se considerar que a mera divulgação dos dados públicos pode não ser suficiente para detectar a existência de acordos prévios entre as empresas.

Diante do desafio, esforços têm sido realizados no intuito de detectar a ocorrência de conluios no setor público de maneira mais pró-ativa. Algumas destas propostas buscam identificar a presença de indicadores de mercado, como os trabalhos de Cuiabano *et al.* (2014) e Tóth *et al.* (2014). Outras, como o trabalho de Ferwerda, Deleanu e Unger (2017), tentam reconhecer características indicativas da presença desse comportamento nas transações diárias realizadas pelas entidades. Segundo eles, esses sinais de alerta ou *red flags* estariam relacionados ao acúmulo de traços gerado pelo comportamento econômico (ex.: baixa negociação, baixo número de propostas, dentre outros), que apontam para a presença de algum tipo de fraude.

Além das iniciativas destacadas acima, com o aumento das informações em formato eletrônico disponíveis em bases de dados estruturadas, especial atenção tem sido dada ao desenvolvimento de métodos para a detecção de fraudes utilizando sistemas computacionais. Nesta direção, pode-se citar os trabalhos de Rebouças *et al.* (2015), que busca detectar a presença de figurantes em processos licitatórios; Grace *et al.* (2016), que visa identificar conluio em contratos de desenvolvimento do Banco Mundial; Domingos *et al.* (2016), que tenta descobrir anomalias nas compras de tecnologia da informação do Governo Federal Brasileiro; e Baader e Krcmar (2018), que propõe uma arquitetura que combina a utilização de *red flags* com a técnica de mineração de processos, que é uma abordagem que reconstrói e visualiza a situação atual dos processos de negócios (*as-is*) a partir do conjunto de dados subjacente. Grande parte destes trabalhos utiliza algoritmos de aprendizado de máquina.

Embora o trabalho de Baader e Krcmar (2018) aplique o conceito de *red flag*, ele não apresenta meios que possibilitem agregar as evidências obtidas de modo que seja possível visualizar o grau de exposição da organização a tipos específicos de fraude. Sendo assim, considerando o contexto público em que existe o risco de ocorrência de conluio em licitações públicas, formulou-se a seguinte questão de pesquisa: Como identificar e combinar as evidências obtidas a partir de bases de dados informatizadas de modo que seja possível reconhecer as licitações que apresentam maior chance de terem sido objeto de conluio entre os licitantes?

Desta forma, o objetivo do presente trabalho é apresentar uma abordagem metodológica que permita identificar e combinar evidências a partir do emprego de diferentes técnicas de mineração de dados, derivando, ao final, uma medida geral de valor probatório que pode ser utilizada para reconhecer as licitações em que podem ter ocorrido conluio entre licitantes. Para construção da abordagem foi utilizada a metodologia de pesquisa-ação, que é uma espécie de investigação-ação em que são utilizadas técnicas de pesquisa com o objetivo de melhorar a prática (TRIPP, 2005).

Para atender ao objetivo proposto, o presente trabalho foi organizado da seguinte maneira: na primeira parte, é realizada uma revisão da literatura sobre detecção automática de fraude; depois são conceituados alguns aspectos sobre fraudes nas contratações públicas, detecção de fraudes e *red flags*; posteriormente, são detalhados os métodos quantitativos para agregação de evidências; e, por fim, é descrita a metodologia de detecção de conluio proposta, são apresentados os resultados obtidos com a aplicação; são realizadas as discussões e expostas as conclusões.

Revisão de Literatura

Diversas abordagens na área de mineração de dados e aprendizagem de máquina têm sido aplicadas no contexto da detecção automática de fraudes. Entretanto, são poucos os estudos tratando especificamente da detecção de conluio em licitações públicas. Abdallah, Maarof e Zainal (2016), por exemplo, realizaram pesquisa com o objetivo de fornecer uma visão geral sistemática e abrangente dos problemas e desafios que bloqueiam o desempenho dos Sistemas de Detecção de Fraudes (SDF), tais como: desvio de conceito; distribuição enviesada (ou classe desequilibrada); redução da grande quantidade de dados em larga escala; e suporte à detecção de fraude em tempo real. No trabalho, os autores apresentam possíveis soluções para cada um destes problemas. No entanto, apesar de valiosas, suas conclusões se basearam em estudos oriundos de outras áreas que tratam de detecção de fraudes, tais como: telecomunicações, seguros, transações com cartão de crédito, comércio eletrônico, correio eletrônico, intrusão em redes de computadores, fraudes financeiras e leilões online.

Na área de licitações públicas, Sales e Carvalho (2014) aplicam técnicas de análise multivariada de dados, que são comumente usadas por instituições de crédito, com a finalidade de identificar e prevenir a ocorrência de inadimplência contratual, entendida como sendo a falha na prestação do serviço em contratos com o governo por parte de empresas privadas. Esses modelos, quando aplicados no contexto de instituições financeiras, são chamadas de Credit Scoring, e seu método de classificação está fundamentado na ponderação estatística de características (cadastrais ou históricas) da empresa com o fim de calcular a probabilidade dela se tornar inadimplente.

Em Rebouças *et al.* (2015), é proposto um modelo que utiliza indicadores para a detecção de figurantes em pregões eletrônicos do Governo Federal que são realizados pelo sistema Comprasnet. Os autores ressaltam que, à época, não foram encontrados na literatura trabalhos relevantes sobre a identificação de figurantes em pregões eletrônicos. Entretanto, outros trabalhos apontavam características e comportamentos em compras da modalidade leilão online, que foram então utilizados pelos autores como base para criar os indicadores para a modalidade licitatória desejada. Para cada comportamento identificado do figurante, foram associados indicadores obtidos a partir da literatura pesquisada. Também foi necessário criar novos indicadores específicos para a modalidade pregão. Os autores elaboraram fórmulas para calcular a pontuação que representa o comportamento dos figurantes utilizando os indicadores como parte das fórmulas. Para validar o modelo proposto, foi criada uma base de dados sintética com figurantes gerados artificialmente. Lances foram produzidos de modo a simular seus comportamentos e calcular as respectivas pontuações. O resultado comprovou o sucesso desse ensaio, mostrando que os figurantes artificiais foram, em todos os casos, evidenciados como tal.

Já em Grace *et al.* (2016) os autores apresentam uma prova de conceito de um sistema baseado em aprendizado de máquina supervisionado que atribui uma pontuação de risco de fraude, conluio e corrupção para cada contrato de desenvolvimento do Banco Mundial. O modelo foi treinado utilizando dados de investigações passadas e o resultado da investigação foi utilizado como um rótulo de treinamento. Para selecionar o melhor modelo, os autores avaliaram a performance de diferentes algoritmos de classificação.

Domingos *et al.* (2016) desenvolveram trabalho com objetivo de investigar e definir um método que produza um modelo preditivo, utilizando algoritmos de aprendizagem profunda (*deep learning*), capaz de detectar anomalias em aquisições de tecnologia da informação do governo federal brasileiro. A expectativa dos autores era que o modelo preditivo gerado fosse aplicado como uma ferramenta de priorização capaz de auxiliar a Controladoria-Geral da União a selecionar iniciativas de investigação com maior probabilidade de sucesso, contribuindo para a eficácia daquela entidade e ajudando a reduzir o orçamento necessário para realizar essas tarefas. Para atingir os objetivos propostos, os autores utilizaram uma implementação não-supervisionada de rede neural artificial para aprender os padrões presentes em um conjunto de dados.

Para avaliar o modelo gerado, Domingos *et al.* (2016) selecionaram cinco transações consideradas mais suspeitas, ou seja, com maior erro quadrático médio (MSE), e compararam seus atributos com um conjunto de linhas localizadas próximas do MSE geral de teste. Uma breve investigação mostrou que todas as transações suspeitas apresentavam diferenças nos códigos de programa, ação e crédito. Segundo os autores, a disponibilidade de um modelo que descubra esse tipo de padrão oculto é altamente valiosa para ajudar nos esforços de investigação, sendo ainda uma demonstração da capacidade do modelo criado de apontar anomalias em dados não rotulados. Entretanto, eles sugerem,

como trabalho futuro, analisar e investigar melhor as anomalias identificadas para confirmar seu comportamento real (fraude ou não) e avaliar o desempenho final do modelo.

Por fim, em Baader e Krcmar (2018) é proposta uma abordagem dedutiva para detecção de fraudes utilizando sinais indicativos (*red flags*) combinados com a mineração de processos. Segundo os autores, a identificação de fraudes através destes sinais é recomendada pela maioria das normas de auditoria e a sua utilização pode reduzir o número de falsos positivos. Para alcançar seus objetivos, os autores aplicaram o método descrito por Albrecht *et al.* (2012) para identificar fraudes, que consiste em três camadas: a analítica, a tecnológica e a investigativa. A camada analítica envolve a compreensão do negócio, identificando possíveis fraudes que possam existir e catalogando os *red flags*. A camada de tecnologia contém as etapas necessárias para reunir os dados (por exemplo, usando SQL) e para analisar os resultados. A camada investigativa envolve a atividade de apuração dos sinais identificados. Entretanto, os autores fizeram uma leve adaptação incluindo seis etapas do processo proposto por Bozkaya, Gabriels e Werf (2009) que descreve como conduzir uma análise de mineração de processos: preparação dos registros de log; inspeção dos registros de log; análise de fluxo de controle; análise de desempenho; análise de função e transferência de resultados.

Para a identificação dos traços de fraude, Baader e Krcmar (2018) realizaram uma pesquisa bibliográfica e desenvolveram padrões de detecção usando uma árvore modelo desenvolvida pela *Association of Certified Fraud Examiners* (ACFE). No total, os autores derivaram oito padrões de detecção de fraudes da árvore da ACFE e atribuíram a eles os correspondentes *red flags*. Estes padrões foram: propina, manipulação de lances, empresa-fantasma, pagamento duplo, intermediação, uso de fornecedor não-cúmplice, redirecionamento de pagamentos e compras privadas. No total, foram identificados 142 sinais indicativos de fraude. Por fim, os autores desenvolveram uma implementação prototípica para identificar fraudes durante o processo de compras a pagar.

Nota-se que a maioria das técnicas discutidas até o momento utiliza aprendizagem de máquina supervisionada, a qual necessita de um conjunto suficiente de casos pré-rotulados, ou seja, para que o aprendizado de máquina supervisionado ocorra é preciso que exista uma base disponível com uma quantidade considerável de dados relacionados a casos reais de fraude, de modo que os algoritmos possam gerar modelos adequados capazes de avaliar casos futuros. No entanto, este tipo de informação é extremamente raro. Dentre as propostas, apenas a de Baader e Krcmar (2018) utiliza o conceito de *red flags*, que guarda relação com o julgamento prévio dos profissionais. Apesar desta última proposta parecer mais alinhada com a prática de detecção de fraudes, ela não apresenta meios que permitam combinar os sinais, relacionando-os a tipos específicos de fraudes.

Fraude nas Contratações Públicas

De acordo com Murcia, Borba e Schiehll (2008), o termo "fraude" refere-se ao ato intencional de obter benefício próprio em determinada situação. A fraude se diferencia do "erro" por ser este um ato não-intencional. No âmbito organizacional, Pinheiro e Cunha (2003, p. 38) destacam que "a fraude se caracteriza pela ação intencional e com dolo praticada por agentes internos ou externos a entidade de forma não autorizada com vistas a atentar contra os ativos empresariais suprimindo destes resultados empresariais". Portanto, a probabilidade de se detectar uma fraude é menor do que encontrar erros, pois as atividades fraudulentas tendem a ser deliberadamente ocultadas por meio da adoção de esquemas complexos e cuidadosamente planejados (GIRIŪNAS e MACKEVIČIUS, 2014). Segundo Pinheiro e Cunha (2003, p. 39), "o ambiente propício à fraude ocorre quando há sincronismo direto entre a intenção da agressão aos ativos e a falha nos parâmetros de detecção de fraudes".

Tradicionalmente, a fraude organizacional é dividida em dois grandes grupos: apropriação indevida de ativos e fraude nas demonstrações contábeis. Em alguns casos, ambos os tipos de fraude podem ocorrer simultaneamente, ou seja, a manipulação das informações contábeis e o desvio de recursos por membros da organização são realizados de maneira conjunta (MURCIA, BORBA e SCHIEHLL, 2008). Dentre os esquemas de fraude organizacional, pode-se citar: o registro de vendas fictícias; o reconhecimento antecipado de receitas; o exagero sobre as vendas realizadas; a subestimação da provisão feita para os devedores duvidosos, dentre outros (HEGAZY e KASSEM, 2010).

Além de estar, em certa medida, suscetível a estes tipos comuns de fraude organizacional, que em geral são realizadas por agentes internos da própria organização, a Administração Pública enfrenta ainda, como destacado por Cuiabano *et al.* (2014), a atuação coordenada de agentes externos principalmente nas contrata-

ções públicas. Estes agentes tentam, através de artimanhas, maximizar seus lucros nos processos licitatórios.

Pode-se dizer que, em grande parte dos casos, as contratações públicas são compostas por cinco fases: a decisão de contratar; a definição dos requisitos do contrato; o processo de contratação; a adjudicação do contrato; e a execução e monitoramento do contrato (FERWERDA, DELEANU e UNGER, 2017). De acordo com Tóth *et al.* (2014), alguns fatores tornam as aquisições públicas mais vulneráveis à fraude, tais como: resultado determinado por um mecanismo de leilão ou pregão, o que implica que não há margem para ajuste de quantidade como forma de variação de preço; e contratos relativamente grandes em mercados em que as licitações são anunciadas com pouca frequência. Sendo assim, pode-se verificar que as contratações públicas apresentam características atrativas para aquele que, objetivando aumentar seus lucros, possuem disposição para adotar mecanismos fraudulentos com vistas a sair vitorioso do processo licitatório. Sua atuação seria limitada, conforme assinalado por Pinheiro e Cunha (2003), apenas pelos mecanismos de detecção que se encontram em uso pela organização.

Conluio Entre Licitantes

O conluio é uma espécie de fraude e ocorre quando as empresas assumem um comportamento coordenado em relação ao preço, quantidade, qualidade ou presença geográfica, com o objetivo de elevar os valores de mercado (TÓTH *et al.*, 2014). É, portanto, um arranjo entre um grupo, explícito ou implícito, destinado a limitar a competição entre os participantes de determinado processo (PORTER e ZONA, 1993).

Tóth *et al.* (2014) analizam e organizam o conluio sob a perspectiva de três dimensões, sendo elas: 1) meios de distorção da concorrência ou técnicas elementares de colusão; 2) partilha da renda; e 3) estrutura de mercado resultante. A primeira dimensão pode ser compreendida a partir de suas três estratégias predominantes, as quais são: a) propostas retidas, onde uma ou mais empresas retêm suas ofertas deixando de apresentá-las; b) licitação não competitiva, em que há uma simulação de competitividade; e c) licitação conjunta, que é a situação na qual as empresas fornecem proposta em conjunto (consórcio). Em relação a esta primeira dimensão, cumpre destacar ainda o trabalho de Porter e Zona (1993), que, à época, já chamavam a atenção para o fato das propostas conjuntas realizadas por meio de consórcios funcionarem como mecanismos de alocação de mercado e das propostas "fantasmas" servirem como instrumento de simulação de disputa. A segunda dimensão citada por Tóth *et al.* (2014), que é a partilha da renda, refere-se à forma de retribuição pela participação no conluio e estaria relacionada ao papel assumido pela empresa em seu formato (ativo ou passivo). Na forma ativa, a retribuição poderia ser a participação em um futuro consórcio e, na forma passiva, ela se efetivaria por meio de uma subcontratação, por exemplo. Em relação à terceira dimensão, que é a estrutura de mercado resultante, Tóth *et al.* (2014) apontam que o conluio pode resultar em uma estrutura de mercado monopolista ou de imitação de mercado, ambas as estruturas seriam não competitivas.

O conluio pode também ser facilitado por práticas corruptas adotadas pelos funcionários envolvidos no processo de aquisição pública. A corrupção pode ser entendida como sendo o uso abusivo do poder para ganho privado, conforme menciona Tóth *et al.* (2014). Akomah e Nani (2016), baseados no nível de envolvimento dos agentes e no grau de fragilidade das estruturas internas da organização, apresentam critérios de classificação para os níveis de corrupção em organizações públicas. Segundo os autores, a corrupção acidental seria aquela cometida por funcionários de um nível hierárquico mais baixo, possuindo menor custo macroeconômico e também sendo mais difícil de ser controlada. Ela ocorreria quando a organização é persuadida, pelo responsável pela compra, por exemplo, a realizar uma ação que é de interesse deste funcionário específico. Ainda de acordo com Akomah e Nani (2016), outra classe de corrupção seria a sistêmica que se assemelharia ao crime organizado. Este tipo envolveria os administradores de nível hierárquico mais elevado. Nas organizações onde este grau de corrupção é estabelecido, são criados sistemas pelas instituições ou departamentos para facilitar a extorsão de empresas. Por fim, destaca-se ainda a corrupção sistemática que, segundo Akomah e Nani (2016), ocorreria quando falhas nas leis ou regulamentos que regem o regime de aquisições são exploradas por funcionários corruptos em busca de proveito próprio. Este seria um meio calculado através do qual os funcionários removeriam recursos estatais para o seu benefício pessoal.

Akomah e Nani (2016) apontam ainda que a presença de conluio nas contratações públicas pode manisfetar alguns sinais. Pela análise destes sinais, pode-se perceber que uma parte deles, como a supressão de propostas, onde as empresas deixam de apresentar propostas ou desistem das propostas apresentadas, a

apresentação de propostas inexequíveis, o rodízio entre vencedores, a subcontratação e outros, está relacionada à atuação coordenada dos licitantes, enquanto que a outra parte dos sinais, como a exclusão indevida de licitantes qualificados, a elaboração de especificações direcionadas a um fornecedor específico, a manipulação de propostas depois de submetidas, dentre outros, indicaria a possível participação de funcionários. A identificação destes tipos de sinais seria, portanto, um mecanismo fundamental para direcionar os esforços com vistas ao combate da prática de conluio nas aquisições públicas.

Detecção de Fraudes e *Red Flags*

Embora os auditores internos tenham conhecimento adequado para avaliar possiveis ocorrências de fraudes e realizar certas investigações, eles dificilmente conseguem se antecipar a um caso de fraude, fazendo com que a sua descoberta seja, em geral, feita ao acaso (MAGRO e CUNHA, 2017). Para minimizar a ocorrência de fraudes, é importante que se invista na detecção dos fatos que as antecedem, de modo a permitir a devida aplicação de medidas preventivas e detectivas (PINHEIRO e CUNHA, 2003).

Conforme disposto nas seções anteriores, as fraudes estão relacionadas à presença de alguns sinais indicativos de sua ocorrência. Diversas técnicas têm sido desenvolvidas com o intuito de identificar a presença de fraudes, inclusive o conluio. Algumas destas técnicas utilizam mecanismos elaborados e outras delas meios de detecção mais simples, não havendo necessariamente relação com o emprego de sistemas computacionais baseados em aprendizado de máquina. Cuiabano *et al.* (2014), por exemplo, efetuaram uma revisão da literatura sobre o emprego de filtros econômicos na identificação de cartéis. De acordo com os autores, os filtros econômicos são utilizados para identificar mercados onde haja suspeita de cartéis para uma posterior análise minuciosa das indústrias envolvidas. A filtragem, em geral, envolveria a análise de padrões de preços, custos e outros fatores que interferem na demanda, além de outras variáveis que permitam a distinção entre o comportamento concorrencial e o colusivo. Cuiabano *et al.* (2014) apontam publicações internacionais que tratam da aplicação de filtros estatísticos desenhados e utilizados para identificar setores onde existe maior probabilidade de ação de cartéis, organizando os filtros econômicos em tipos, tais como: filtros para fraudes em licitações, filtros baseados em informações de preço e custo, filtros baseados na análise de parcela de mercado (market share) e filtros matemáticos.

Outro trabalho que trata de métodos de detecção é o de Tas (2017), em que se propõe uma metodologia para detecção de conluio que não exige o histórico completo da licitação ou informações prévias detalhadas sobre a existência de atuação pretérita conjunta entre os potenciais licitantes. Partindo de argumentos teóricos sobre o comportamento na manipulação de ofertas, Tas (2017) argumenta que o coeficiente do número de licitantes específico do leilão pode ser usado como uma medida de conluio, desenvolvendo equações para fazer o cálculo desse coeficiente. A estratégia de identificação parte da relação entre as informações sobre a oferta vencedora e o número total de licitantes para então permitir reconhecer o número de membros em conluio. A metodologia proposta é testada sobre um conjunto de dados de licitações públicas.

Também com o objetivo de auxiliar na detecção de conluios, Tóth *et al.* (2014) desenvolveram um grupo de indicadores flexíveis implantáveis como um conjunto de ferramentas que pode ser aplicado pelos mais variados países na atividade de detecção. Para isso, os autores definem e classificam os principais tipos de conluios, desenvolvem os indicadores elementares e complexos que deverão sinalizar a ocorrência do fato nas aquisições públicas e demonstram como eles podem ser implantados. Tóth *et al.* (2014) estabelecem os tipos de conluio a partir do cruzamento de suas três dimensões, sendo elas: meios de distorção da concorrência, partilha da renda e estrutura de mercado resultante. Com base neste procedimento, foram caracterizados sete tipos de conluio que podem ser relacionados aos onze indicadores estabelecidos. Tóth *et al.* (2014) reconhecem que, apesar de ser interessante manter os indicadores separados, pode ser necessário, em algumas ocasiões, obter uma pontuação geral para o risco de conluio. Sendo assim, eles propõem duas abordagens: categórica e contínua. No entanto, apesar de suas sugestões, reconhecem que trabalho adicional precisa ser realizado para desenvolver medidas gerais mais adequadas para o risco de conluio.

No âmbito da administração pública, uma importante ferramenta de detecção de fraude é a auditoria governamental. De acordo com Pinheiro e Cunha (2003), a auditoria governamental utiliza procedimentos e fontes de informações semelhantes às da auditoria contábil, divergindo apenas em relação aos seus objetivos. Segundo os autores, ela pode ser dividida em auditoria fiscal, cuja finalidade é avaliar o cumprimento

de obrigações tributárias, trabalhistas e sociais por parte do contribuinte, e auditoria interna, que é responsável por fiscalizar as contas públicas. A auditoria governamental também deve considerar, no planejamento de suas atividades, a possibilidade de ocorrência de fraudes (PINHEIRO e CUNHA, 2003).

Para auxiliar a identificação de possíveis fraudes, Magro e Cunha (2017) enfatizam a importância da auditoria fazer uso de sinais de alerta (*red flags*). De acordo com Ferwerda, Deleanu e Unger (2017), um red flag refere-se ao acúmulo de traços gerado pelo comportamento econômico (ex.: baixa negociação, enriquecimento de autoridades, baixo número de propostas, etc.), que podem apontar para a presença de fraude. Magro e Cunha (2017) enfatizam que estes são mecanismos capazes de auxiliar os auditores internos a antecipar possíveis ocorrências de fraude. Eles podem indicar a existência de pressões, oportunidades, ou atitudes capazes de perpetuar ou justificar a prática de fraude (MOYES, YOUNG e MOHAMED, 2013). Também seriam informações utilizadas para mapear um ambiente fraudulento, identificando os sinais relativos ao cometimento de fraudes (MURCIA e BORBA, 2007).

O conhecimento dos *red flags* relacionados às fraudes propicia uma melhor compreensão acerca das condições que acabam por favorecê-las (MURCIA, BORBA e SCHIEHLL, 2008). Além disso, é mais fácil avaliar a existência de um ambiente favorável à fraude, utilizando-os para caracterizar este ambiente, do que detectar a ocorrência destas violações (MURCIA e BORBA, 2007). No entanto, cumpre frisar que a presença destes traços não significa que estão correndo atos fraudulentos, estes sinais representam apenas indícios (REINA, NASCIMENTO e REINA, 2008). Sobre esta limitação, Murcia e Borba (2007, p. 176) afirmam que:

> "[. . .] funcionam como um "termômetro" na prevenção e detecção das fraudes. Contudo, diversos *red flags* poderiam estar presentes dentro de uma organização e não ocorrer uma fraude. Neste sentido, estes indicadores apenas alertam sobre o possível risco de uma fraude, sendo que esta somente poderá ser caracterizada através de uma prova [. . .]"

Diversos trabalhos têm sido desenvolvidos no intuito de avaliar a percepção dos auditores em relação à eficácia do uso destes sinais para identificar fraudes. Magro e Cunha (2017), por exemplo, ao avaliar a relevância que os auditores internos de cooperativas de crédito atribuem aos *red flags* na avaliação do risco de ocorrência de fraudes, identificaram que estes tendem a dar maior relevância a alguns sinais em detrimento de outros. Esta variação no grau de importância destes vestígios também foi apontada por Moyes, Young e Mohamed (2013), Hegazy e Kassem (2010), Reina, Nascimento e Reina (2008) e Moyes (2007). No que tange à possibilidade de utilizá-los para detecção de conluios em aquisições públicas, Ferwerda, Deleanu e Unger (2017) avaliaram se haveria relação entre eles e alguns tipos específicos fraude (conluio, conflito de interesse e propina). Os resultados mostram que o nível de correlação entre estas marcas e os tipos de fraude varia. Percebe-se, portanto, que a utilidade dos sinais de alerta depende da sua capacidade de descrever o ambiente fraudulento, sendo que alguns mostram-se mais úteis do que outros para descrever ambientes específicos.

De um modo geral, as técnicas apontadas até o momento buscam identificar sinais relativos a existência de um ambiente fraudulento, sendo o uso de *red flags* um conceito bem difundido no âmbito das atividades de auditorias. Entende-se que a sua utilização converge para o alcance da primeira parte do objetivo da presente pesquisa, pois se alinha ao propósito de identificar as evidências que ajudam a reconhecer as licitações em que pode ter ocorrido conluio entre os licitantes.

Métodos Quantitativos de Agregação de Evidências

Em um sentido amplo, de acordo com Gronewold (2006), a evidência de auditoria pode ser definida como sendo a informação obtida ao longo da realização das atividades de auditoria. O termo é comumente empregado para se referir aos elementos obtidos através da aplicação dos procedimentos de auditoria. Estes elementos, em tese, representariam a realidade dos fatos, por exemplo: documentos derivados das transações efetuadas pelas organizações, declarações feitas pelos indivíduos que participaram dos eventos, etc. A evidência é utilizada pelo auditor como uma fonte para concluir sobre uma realidade que não pode mais ser observada (GRONEWOLD, 2006).

Ainda de acordo Gronewold (2006), a evidência de auditoria precisa conter dois atributos: a suficiência, que é uma medida de sua quantidade, ou seja, a evidência precisa ser coletada em quantidade suficiente de modo que possa suportar as conclusões obtidas; e a adequação, que se refere à qualidade da evidência e que pode ser subdividida ainda nos aspectos de sua relevância e de sua confiabilidade. A adequação da evi-

dência é um conceito bem próximo ao do valor probatório da evidência que se refere à força e à qualidade da evidência (GRONEWOLD, 2006).

Gronewold (2006) sugere ainda que a qualidade de uma auditoria, que é medida pelo grau de exatidão do julgamento do auditor, depende de dois fatores: o primeiro relaciona-se ao fato da evidência utilizada na reconstrução da realidade ter sido apropriada e o segundo, de seu valor probatório ter sido devidamente avaliado. A correta reconstrução da realidade dependeria, portanto, do valor probatório das evidências sob análise, que seriam utilizadas para verificar se as afirmações feitas pelo auditado realmente condizem com a realidade subjacente (GRONEWOLD, 2006). Alguns métodos têm sido desenvolvidos com o objetivo de mensurar o valor probatório de uma evidência. Gronewold (2006) destaca o emprego de métodos quantitativos, que serviriam para agregar os valores probatórios de itens de evidência individuais, com vistas a obter uma medida geral de valor probatório. Estes métodos utilizam abordagens matemáticas formais, destacando-se entre elas a teoria das probabilidades e o uso de funções de crença (*belief functions*).

Segundo Gronewold (2006), os métodos quantitativos são desenvolvidos a partir de três etapas: a primeira consiste em identificar as interdependências entre as evidências e as afirmações da administração que estão sendo avaliadas, organizando-as em uma estrutura; na segunda etapa, são quantificados, individualmente, os valores probatórios de cada uma das evidências; e, na última etapa, estes valores individuais são agregados através da aplicação de métodos matemáticos e algoritmos. Gronewold (2006) aponta ainda que resultados empíricos têm indicado que os métodos de agregação de evidências fornecem suporte a um julgamento profissional mais preciso. Assim, para a etapa de agregação das evidências, os modelos quantitativos têm uma função muito importante. No entanto, mesmo nestes métodos formais, a objetividade ainda é fortemente limitada, porque os valores iniciais estabelecidos para os itens de evidência individuais que são processados pelos modelos são inteiramente baseados no julgamento subjetivo do auditor. A quantificação do valor probatório dos itens de evidência individuais ainda não pode ser derivada formalmente (GRONEWOLD, 2006).

Para fins de quantificação e agregação das evidências, Srivastava (1993) mostra como as funções de crença podem ser utilizadas para representar as incertezas associadas às evidências de auditoria e exibe ainda como os itens de evidência individuais podem ser agregados utilizando o formalismo da Teoria das Funções de Crença (*Theory of Belief Functions*), também conhecida como Teoria Dempster–Shafer em função do nome dos principais responsáveis pelo seu desenvolvimento: Arthur P. Dempster e Glenn Shafer.

Diversos outros trabalhos têm aplicado a Teoria Dempster–Shafer de modo similar ao proposto por Srivastava (1993), inclusive para mensurar a possibilidade de ocorrência de fraude. Gao, Mock e Srivastava (2011), por exemplo, desenvolveram um framework para avaliar o risco de fraude cometido pela administração ao relatar o quadro geral financeiro de uma organização. A abordagem proposta integra aspectos relacionados aos fatores do triângulo de fraudes (incentivos, atitude e oportunidade) com outros relacionados à esquemas de fraude conhecidos, que podem ser baseados na conta e nas evidências. Fukukawa, Mock e Srivastava (2014) modificam a proposta original de Gao, Mock e Srivastava (2011) demonstrando a aplicação de uma abordagem estruturada em três fases para avaliação de risco de fraude em ambientes mais complexos.

A utilização da Teoria Dempster-Shafer, a qual será detalhada a seguir, atende à segunda parte do objetivo do presente trabalho, pois permite combinar evidências e deriva uma medida geral de valor probatório que pode ser utilizada para reconhecer as licitações em que pode ter ocorrido conluio entre licitantes. Ela permite que a conclusão sobre a ocorrência, ou não, de uma fraude específica possa ser construída a partir dos fragmentos de evidências.

Teoria Dempster-Shafer

De acordo com Barnett (2008) a Teoria Dempster-Shafer é considerada uma teoria da evidência por lidar com os pesos das evidências e com o grau numérico de suporte fornecido por estas. Ela também permite representar e lidar com o grau de incerteza e de ignorância envolvido na avaliação das evidências, podendo ser considerada uma teoria sobre o raciocínio baseado na plausividade, pois se concentra em operações fundamentais (combinação de evidências) que são efetuadas sobre aquilo que o raciocínio julga plausível (BARNETT, 2008).

Para explicar as partes que compõem a teoria, esta seção está subdividida em duas subseções: a primeira apresenta os conceitos básicos relacionados às funções de crença e a segunda detalha o funcionamento da regra Dempster, que é utilizada para agregar

os itens individuais de evidência. Estas subseções foram desenvolvidas a partir das descrições feitas por Srivastava (1993); Srivastava (1995); Sun, Srivastava e Mock (2006); Barnett (2008); Gao, Mock e Srivastava (2011); e Fukukawa, Mock e Srivastava (2014).

Funções de Crença (*Belief Functions*)

Considere um cenário no qual se quer avaliar o fato de ter ocorrido conluio entre os licitantes que disputam um determinado lote de uma licitação. Neste caso, existem duas alternativas: ocorreu conluio oc ou não ocorreu conluio ~oc. O conjunto mutualmente exclusivo e exaustivo de todas as possibilidades é denominado quadro de discernimento, sendo representado por Θ. Sendo assim, neste exemplo, Θ={oc,~oc}. Para cada subconjunto destas opções, podemos, a partir de uma função de massa, atribuir um valor capaz de expressar o conhecimento adquirido através das evidências obtidas. Neste caso, os subconjuntos que podem receber um valor de massa são: m(oc), m(~oc) e m({oc,~oc}). O valor atribuído m(A), sendo que $A \in \Theta$, é definido como a probabilidade básica de A, que representa nossa crença exata na proposição que A representa. O somatório de todos os valores de massas de crença referentes aos subconjuntos de Θ será igual a um, ou seja, $\sum_{A \subseteq \Theta} m(A) = 1$.

Os valores de massa podem ser utilizados para expressar o julgamento profissional do auditor em relação ao valor probatório da evidência. Sendo assim, um conjunto de evidências pode ser expresso em termos de valores de massa. Retornando ao exemplo do conluio em uma licitação, suponha que fora obtida uma evidência indicando que duas empresas distintas, que disputaram o mesmo lote na licitação, possuem o mesmo endereço. Diante desta evidência, o auditor decide atribuir o valor total de 0,3 de massa à função relacionada que indica suporte positivo à ocorrência de conluio, ou seja, m(oc)=0,3. Posteriormente, o auditor verifica que o endereço é de uma incubadora de empresas sem fins lucrativos cuja missão é fomentar o desenvolvimento de um ramo de negócios específico. Avaliando esta informação complementar, o auditor entende que ela diminui a percepção de ocorrência de conluio e estabelece então m(~oc)=0,1. Sendo assim, os valores das funções de massa para a evidência coletada ficaram estabelecidos como: m(oc)=0,3, m(~oc)=0,1 e m({oc,~oc})=0,6. A função m({oc,~oc}) indica o grau de incerteza do auditor em relação a ter ocorrido, ou não, conluio entre os licitantes.

A função de crença (*belief function*) é utilizada para representar a crença total sobre um conjunto de elementos A. A crença total em A, sendo que $A \in \Theta$, é obtida através de: $Bel(A)=\sum_{B \subseteq A} m(B)$. Se o exemplo anterior for levado em consideração, Bel(oc)=0,3, Bel(~oc)=0,1 e Bel({oc,~oc})=1. Neste caso, a nossa crença de que existe conluio com base na evidência coletada é maior do que a crença de que não existe conluio. Note ainda que, sendo Θ={oc,~oc}, Bel(oc)=m(oc) e Bel(~oc)=m(~oc).

Sob a teoria Dempster-Shafer, outro conceito importante diz respeito à função de plausabilidade (Plausibility Function). A função de plausabilidade, Pl(A), pode ser interpretada como sendo o risco de conluio. Pl(A) representa o grau em que A é plausível, dadas as evidências, ou seja, é a crença máxima possível atribuída a um elemento ou a um conjunto de elementos com base na evidência disponível. Desta forma, Pl(A) indica o grau em que não cremos em sua negação ~A. Sendo assim,

$$Pl(A)=1-Bel(\sim A) \text{ ou } Pl(A)= \sum_{A \cap B \neq \Phi} m(B).$$

No exemplo anterior, temos então que Pl(oc)=0,9 e PL(~oc)=0,7. Ambas as funções de plausabilidade indicam respectivamente os valores máximos plausíveis de ter ocorrido, ou não, conluio.

Regra Dempster (*Dempster Rule*)

Até o momento desenvolvemos o exemplo com apenas um item de evidência "ambos os licitantes foram registrados no endereço onde funciona uma incubadora de empresas". No entanto, normalmente estamos diante de um cenário onde precisamos combinar diversos itens de evidência. A regra de Dempster permite combinar itens independentes de evidência observando o formalismo das funções de crença. A fórmula para combinação de dois itens de evidência é expressa por:

$$m(A) = \sum_{B1 \cap B2 = A} m_1(B_1) m_2(B_2)/K,$$

sendo que

$$K = 1 - \sum_{B_1 \cap B_2 = \emptyset} m_1(B_1) m_2(B_2).$$

Na primeira equação, m(A) é definido como sendo o somatório dos produtos dos conjuntos de valores de massa que possuem a intersecção A dividido pela constante de renormalização K. A constante de renormalização K, que é obtida através da segunda equação, serve para representar o conflito entre dois itens de evidência.

Considere então um cenário hipotético onde temos dois itens de evidência: E_1 e E_2. Os valores das funções de massa de E_1 são: m_1 (oc)=0,3, m_1 (~oc)=0,1 e m_1 ({oc,~oc})=0,6. Já os valores para E_2 são: m_2 (oc)=0,5, m_2 (~oc)=0,2 e m_2 ({oc,~oc})=0,3. A primeira etapa do cálculo envolve determiner o valor da constante de renormalização K:

$$K = 1 - [m_1(oc)*m_2(\sim oc)+m_1(\sim oc)*m_2(oc)]$$

$$K = 1 - [0,3*0,2+0,1*0,5] = 1 - [0,06+0,05] = 0,89$$

Depois de calculada a constante K, os valores das funções de massa das evidências E_1 e E_2 são combinados. Os valores de massas relativos à combinação C serão representados pelas funções: m_c (oc), m_c (~oc) e m_c ({oc,~oc}). Sendo assim, temos então que:

$$m_c(\{oc, \sim oc\}) = (m_1(\{oc, \sim oc\}) * m_2(\{oc, \sim oc\}))/K$$

$$m_c(\{oc, \sim oc\}) = \frac{0,6 * 0,3}{0,89} = \frac{0,18}{0,89} = 0,20$$

$$m_c(oc) = (m_1(oc) * m_2(oc) + m_1(oc) * m_2(\{oc, \sim oc\}) + m_1(\{oc, \sim oc\}) * m_2(oc))/K$$

$$m_c(oc) = \frac{0,3 * 0,5 + 0,3 * 0,3 + 0,6 * 0,5}{0,89} = \frac{0,54}{0,89} = 0,61$$

$$m_c(\sim oc) = (m_1(\sim oc) * m_2(\sim oc) + m_1(\sim oc) * m_2(\{oc, \sim oc\}) + m_1(\{oc, \sim oc\}) * m_2(\sim oc))/K$$

$$m_c(\sim oc) = \frac{0,1 * 0,2 + 0,1 * 0,3 + 0,6 * 0,2}{0,89} = \frac{0,17}{0,89} = 0,19$$

Desta forma, para a combinação C as massas resultantes são: m_c(oc)=0,61, m_c(~oc)=0,19 e m_c({oc,~oc})=0,20. Caso surja uma nova evidência E_3, os seus valores de massa serão combinados com o resultado da combinação entre E_1 e E_2, ou seja, com as massas de C. Para isso, é preciso determinar um novo valor de K entre E_3 e C e repetir as operações de combinação descritas anteriormente para cada função de massa. As funções de crença da combinação entre E_1 e E_2, considerando o resultado expresso em C, serão Bel(oc)=0,61 e Bel(~oc)=0,19 e as funções de plausabilidade serão Pl(oc)=0,81 e Pl(~oc)=0,39.

Metodologia de Detecção de conluio

Para identificar e combinar evidências e reconhecer as licitações com maior chance de ter ocorrido conluio entre licitantes, foram realizadas as seguintes atividades: identificação e decomposição dos *red flags* relacionadas ao tipo de fraude sob análise; desenvolvimento dos gabaritos que irão avaliar cada uma destas partes; e realização das operações relacionadas à Teoria Dempster-Shafer.

Identificação e Decomposição dos *Red flags*

O primeiro passo para avaliar a ocorrência de conluio nas licitações é identificar quais *red flags* seriam relevantes. Para isso, foi utilizado como fonte de informação o Guia de Combate a Corrupção e Fraude em Projetos de Desenvolvimento (INTERNATIONAL ANTI-CORRUPTION RESOURCE CENTER, 2019). O guia contém orientações sobre como detectar e comprovar a ocorrência de conluio em licitações e é mantido pelo *International Anti-Corruption Resource Center* (IACRC), que tem como um de seus objetivos capacitar profissionais em todo o mundo para detectar, comprovar e prevenir fraudes e corrupção, principalmente em aquisições. A escolha do guia como fonte para identificar os sinais de fraude aplicáveis está relacionada ao fato deste sintetizar a experiência obtida em projetos de desenvolvimento voltados para a área pública que foram realizados em diversas partes do mundo. Apesar disto, é importante frisar que outros indícios podem ser incorporados, inclusive aqueles que eventualmente tenham sido mencionados nos trabalhos sobre corrupção citados neste artigo.

O guia apresenta *red flags* comuns em processos de contratação e de aquisição, organizados de acordo com a etapa do projeto, contemplando as fases desde o estágio inicial de planejamento até a contratação. Os traços contidos no guia também são relacionados a esquemas de fraude potenciais. Para fins deste trabalho, foram considerados os indicativos relacionados ao esquema de conluio em licitação (*collusive bidding*). O Quadro 1 mostra um resumo dos *red flags* extraídos do guia.

QUADRO 1 – *RED FLAGS* RELACIONADAS AO ESQUEMA DE CONLUIO EM LICITAÇÕES

ETAPA DO PROCESSO	RED FLAG	DETALHAMENTO DO RED FLAG
Disputa	Reclamações dos Licitantes Perdedores e Desclassificados	Casos mais graves de corrupção e fraude começam com queixas de licitantes perdedores ou excluídos.
Proposta, Disputa e Contratação	Padrões de licitação incomuns	Padrões incomuns presentes na licitação que podem indicar a ocorrência de acordos entre licitantes (lances idênticos, subcontratação, alternância ou reserva geográfica, etc.)
Proposta	Conexões aparentes entre licitantes	Ligações aparentes entre licitantes indicando que eles podem estar conectados de alguma forma (endereços comuns, padrões de documentos idênticos, etc.)
Proposta e Pesquisa de Preços	Licitante não existente ou empresa-fantasma	Empresas instituídas apenas para concorrer a um determinado contrato. Em alguns casos de conluio, o licitante vencedor prepara e submete propostas não exequíveis de empresas inexistentes para dar aparência de haver concorrência.
Adjudicação e contratação	Muitas adjudicações à mesma empresa	Número elevado de adjudicações para uma mesma empresa em um ambiente aparentemente competitivo.
Proposta	Empresas teoricamente qualificadas não oferecem propostas	Empresas qualificadas são persistente impossibilitadas de participar das licitações. A impossibilidade pode ocorrer devido ao prazo curto para apresentar proposta, requisitos excessivos, acordos, dentre outros.
Proposta e Disputa	Lances excessivamente altos	Licitantes escolhidos para figurarem como perdedores inflacionam deliberadamente seus preços de oferta.

Fonte: *Guia de Combate à Corrupção e Fraude em Projetos de Desenvolvimento - IACRC*

É possível notar, no Quadro 1, que alguns *red flags* possuem uma descrição muito ampla, que abrange vários aspectos a serem avaliados. Por exemplo, para se concluir pela ocorrência de "Conexões aparentes entre licitantes" é necessário verificar se existiria, pelo menos, uma das seguintes características: endereços comuns entre os licitantes, licitantes com sócios em comum, mesmo representante comercial, dentre outros. Percebe-se que estas características representam evidências que nos permitem concluir sobre a existência, ou não, de uma relação entre os licitantes. Desta forma, para concluir sobre a existência desta relação, cada uma destas informações deve ser coletada e avaliada

individualmente. O Quadro 2 explicita algumas evidências que podem indicar a presença de dois *red flags* referentes ao conluio entre licitantes que constam do Quadro 01.

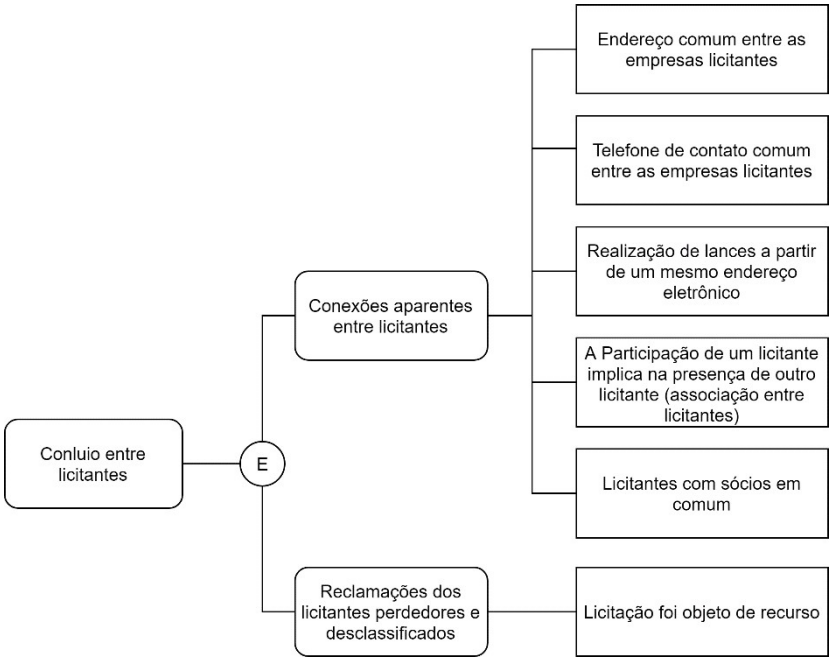
QUADRO 2 – EVIDÊNCIAS RELACIONADAS A ALGUNS *RED FLAGS*

TIPO DE FRAUDE	RED FLAG	EVIDÊNCIAS
Conluio entre licitantes	Conexões aparentes entre licitantes	Endereço comum entre as empresas licitantes
		Telefone de contato comum entre as licitantes
		Realização de lances com o mesmo endereço eletrônico
		A participação de um licitante implica na presença de outro licitante (associação entre licitantes)
		Licitantes com sócios em comum
	Reclamações dos licitantes perdedores e desclassificados	Licitação foi objeto de recurso

Fonte: *Elaborado pelos autores com base nos dados do Quadro 01*

Segundo Srivastava (1995), um diagrama de evidências pode ser construído com o objetivo de identificar a relação entre variáveis e itens de evidência, podendo assumir a forma de uma árvore, quando cada item de evidência se relaciona com uma variável, ou a forma de uma rede, quando um item de evidência está relacionado a mais de uma variável. Gao, Mock e Srivastava (2011) utilizam este diagrama para avaliar o risco de fraude. Naquele trabalho, as variáveis retratam afirmações sobre a ocorrência de fraude nas contas financeiras, sendo decompostas em sub-afirmações relacionadas a presença de esquemas de fraudes específicos. Estas variáveis são ligadas através de operadores lógicos ("E", "OU", etc.), ficando a variável mais relevante posicionada à esquerda. As afirmações e sub-afirmações também podem estar ligadas a um ou mais itens de evidência. Os itens de evidência representam as evidências coletadas e utilizadas para avaliar as afirmações. No diagrama, são empregadas caixas com lados arredondados para representar as afirmações, caixas retangulares representam itens de evidência de auditoria e círculos são utilizados para representar os operadores lógicos que conectam as afirmações. De semelhante modo, Fukukawa, Mock e Srivastava (2014) também utilizam o diagrama de evidências para avaliar risco de fraude nas demonstrações financeiras.

FIGURA 1 – DIAGRAMA DE EVIDÊNCIAS



Fonte: *Elaborada pelos autores com base em Srivastava (1995).*

De modo exemplificativo, considerando apenas as informações contidas no Quadro 2, a relação entre o tipo de fraude (conluio entre licitantes), os *red flags* e as evidências também pode ser representada por meio de um diagrama de evidências, conforme se pode observar da Figura 1. Neste caso, a afirmação sobre a ocorrência de um tipo de fraude seria a variável mais relevante, sendo posicionada mais a esquerda, os *red flags* referentes ao tipo de fraude seriam retratados como subafirmações e as características que nos permitem concluir sobre a sua ocorrência representam as evidências. O conector "E" (AND) serve para indicar, de maneira simbólica, que a afirmação principal, posicionada mais a esquerda, seria verdadeira se as subafirmações também forem verdadeiras (SUN, SRIVASTAVA e MOCK, 2006).

Para aplicar a Teoria Dempster-Shafer, é preciso também quantificar numericamente o valor probatório da evidência. Este procedimento, conforme observado em Gao, Mock e Srivastava (2011) e Fukukawa, Mock e Srivastava (2014), é realizado através do julgamento profissional. Sendo assim, com base na experiência pretérita, um ou vários especialistas podem ser consultados para a fim de estabelecer o valor probatório de cada uma das evidências referentes à fraude sob análise. A identificação do valor probatório pode ser realizada através do emprego de questionários. Durante o processo, cada especialista indica um valor para as funções de crença Bel(oc) e Bel(~oc) e depois, com base nas respostas, uma média para as funções é calculada. Lembrando, como citado anteriormente, que quando $\Theta=\{oc,\sim oc\}$, $Bel(oc)=m(oc)$ e $Bel(\sim oc)=m(\sim oc)$. A Tabela 1 mostra o resultado do levantamento considerando a relação entre as evidências e afirmações que constam da Figura 1..

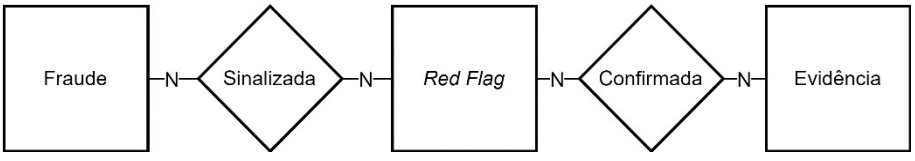
TABELA 1 – MÉDIA DO VALOR PROBATÓRIO DAS EVIDÊNCIAS APURADA JUNTO AOS ESPECIALISTAS

EVIDÊNCIA	m(oc)	m(~oc)	m({oc,~oc})
Endereço comum entre as empresas licitantes	0,3	0,0	0,7
Telefone de contato comum entre as empresas licitantes	0,3	0,0	0,7
Realização de lances a partir de um mesmo endereço eletrônico	0,4	0,0	0,6
A participação de um licitante implica na presença de outro licitante	0,6	0,0	0,4
Licitantes com sócios em comum	0,6	0,0	0,4
Licitação foi objeto de recurso	0,2	0,0	0,8

Fonte: *Elaborada pelos autores.*

Conforme se observa da Tabela 1, as evidências são do tipo positiva, ou seja, quando presentes, elas corroboram a afirmação representada pela variável com a qual se relacionam, ou seja, as evidências não fornecem valores para m(~oc). Desta forma, na Tabela 1, foram estabelecidos valores apenas para m(oc). A estrutura do diagrama que consta da Figura 1 pode ser facilmente generalizada e representada por meio de um diagrama entidade-relacionamento (DER), conforme a Figura 2, e armazenada em um banco de dados relacional. Esta estrutura de armazenamento constitui o que se denominou de "Matriz de Valores Probatórios". A relação entre as fraudes, os *red flags* e as evidências, contendo os valores probatórios indicados pelos especialistas, será armazenada nesta estrutura.

FIGURA 2 – DIAGRAMA ENTIDADE-RELACIONAMENTO DA MATRIZ DE VALORES PROBATÓRIOS



Fonte: *Elaborada pelos autores*

Desenvolvimento dos Gabaritos para Coleta de Evidências

Os gabaritos são os elementos responsáveis por identificar padrões nas bases de dados. Eles podem ser desenvolvidos através da aplicação de diversas estratégias. As estratégias utilizadas variam desde uma simples checagem de dados em uma tabela até a utilização de algoritmos complexos de aprendizado de máquina (*machine learning*). O padrão a ser identificado nos dados está relacionado ao tipo de evidência a ser coletada. No caso de conluio, foi definido que seriam desenvolvidos gabaritos utilizando como base as informações relacionadas aos lotes das licitações homologadas e adjudicadas. A decisão pela análise no nível do lote está relacionada ao fato da disputa na licitação se desenvolver sobre este elemento. Note que o objetivo não é prevenir a ocorrência de conluio, mas medir o grau em que acreditamos ter ocorrido este tipo de fraude em cada um dos lotes das licitações.

Considerando, por exemplo, as evidências dispostas na Figura 1, o Quadro 4 exemplifica algumas estratégias que podem ser adotadas para coleta das evidências através de gabaritos. A estratégia a ser desenvolvida depende do conjunto de dados disponível e do nivel de complexidade da análise. Para caracterizar devidamente a evidência, pode ser necessário o cruzamento de dados de fontes diferentes e o emprego de algoritmos de aprendizado de máquina (*machine learning*). Note-se que, neste caso, o emprego de técnicas de aprendizado de máquina é realizado com o simples intuito de coletar evidências.

QUADRO 4 – EXEMPLOS DE ESTRATÉGIAS DE VERIFICAÇÃO QUE PODEM ADOTADAS PELOS GABARITOS

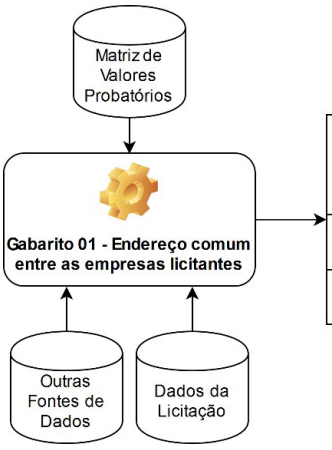
EVIDÊNCIAS	ESTRATÉGIA DO GABARITO
a) Endereço comum entre as empresas licitantes; b) Telefone de contato comum entre as empresas licitantes; c) Licitantes com sócios em comum.	Cruzamento de informações disponíveis em bases de bados diversas.
a) Realização de lances a partir de um mesmo endereço eletrônico.	Análise dos dados do sistema de gerenciamento de lances.
a) Licitação foi objeto de recurso.	Análise dos dados do sistema de gerenciamento de recursos.
a) A participação de um licitante implica na presença de outro licitante	Algoritmos de identificação de regras de associação (Ex. APriori).

Fonte: *Elaborado pelos autores*

Após definida a melhor estratégia para o gabarito, ele deverá ser desenvolvido. Ele pode utilizar como insumo outras bases de dados que armazenam informações relevantes para o tipo de avaliação que está sendo realizada e não somente aquelas que armazenam os dados específicos sobre as licitações. Quando as informações analizadas atendem aos critérios estabelecidos no gabarito, as informações que constam da matriz de valores probatórios são utilizadas para registrar os valores de massa em uma tabela denominada de "Matriz de Julgamentos". A "Matriz de Julgamentos" associa a evidência coletada para o tipo de fraude sob análise ao lote da licitação a que se refere. O processo é exemplificado na Figura 3. É possível perceber que a dinâmica simula o julgamento profissional de um avaliador.

Durante a atividade, o sistema coleta evidências, confronta as evidências com os critérios incorporados no gabarito e registra o valor numérico que expressa a crença de que pode ter ocorrido aquele tipo de fraude no lote daquela licitação.

FIGURA 3 – REGISTRO DE EVIDÊNCIAS COLETADAS NA MATRIZ DE JULGAMENTO



Matriz de Julgamento

Cod. Licitação	Cód. Lote	Cód. Fraude	Cód. Red_Flag	Cód. Gabarito	m(oc)	m(~oc)	m({oc,~oc})
001	001	001	001	001	0,3	0,0	0,7
002	003	001	001	001	0,3	0,0	0,7

Fonte: *Elaborada pelos autores.*

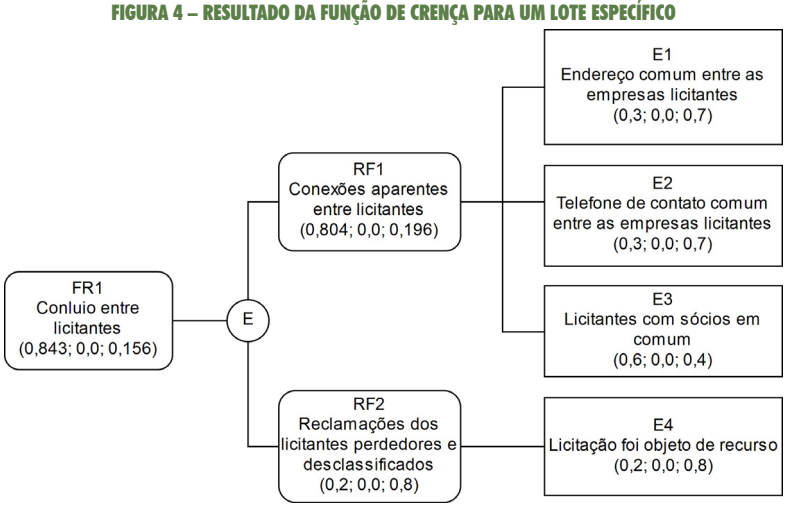
É importante destacar que os dados oriundos das diversas fontes utilizadas no processo precisam receber tratamento de modo a eliminar eventuais inconsistências. Estas inconsistências podem ser de ordem semântica ou estrutural. As etapas deste processo, em resumo, envolvem: extração dos dados; transformação, para eliminação de eventuais inconsistências; e carga. A etapa de carga dos dados é realizada em uma área de banco de dados específica. Os dados precisam ser periodicamente atualizados de modo que a avaliação sobre a ocorrência de conluio possa incorporar as mudanças ocorridas nas bases de dados de origem.

Cálculo das Funções de Crença

Concluída a execução dos gabaritos, a matriz de julgamento resultante irá conter uma lista de lançamentos que inclui os valores de massa para as evidências coletadas relacionados a cada lote de licitação que atendeu aos critérios do gabarito. A próxima etapa consiste em determinar os valores das funções de crença para os *red flags* e, por fim, para a fraude, utilizando a Teoria Dempster-Shafer.

A Figura 4 exemplifica um cenário de cálculo para um lote específico de uma licitação. No exemplo, os gabaritos identificaram quatro evidências (E1, E2, E3 e E4), inserindo, para cada uma delas, uma entrada correspondente na matriz de julgamento. Os valores de base para as funções de massa destas evidências são aqueles que constam da matriz de valores probatórios. A próxima etapa consiste em identificar os valores das funções de massa para os *red flags* (RF1 e RF2) derivados das evidências, utilizando a Regra Dempster. Por fim, utilizando a mesma regra, são calculados os valores das funções de massa para a fraude (FR1) a partir dos valores identificados para os *red flags*.

FIGURA 4 – RESULTADO DA FUNÇÃO DE CRENÇA PARA UM LOTE ESPECÍFICO



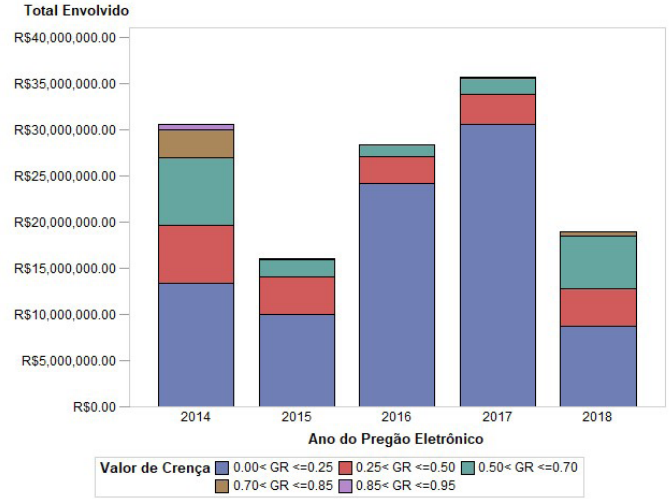
Fonte: *Elaborada pelos autores.*

De modo exemplificativo, após a realização do procedimento em um lote específico, pode-se observar na Figura 4 que Bel(oc)=0,84. Este valor representa o quanto se acredita ter ocorrido conluio neste lote. O processo acima é realizado para cada um dos lotes que compõem as licitações. Ao final, é possível obter uma visão geral sobre a ocorrência de conluio em relação a todos os lotes avaliados.

Resultado e Discussão

A metodologia citada anteriormente foi aplicada sobre uma base de dados de teste. Essa base de dados é composta de casos que se referem a licitações reais. No entanto, de modo a preserver o sigilo das informações, os valores totais dos lotes analisados foram alterados, sendo assim estes valores apontados são fictícios. É importante destacar também que as evidências e os *red flags* considerados na análise podem não corresponder aos mesmos citados anteriormente. O objetivo de exibir estes resultados é tão somente discutir os potenciais de aplicação da metodologia. Desta forma, considerando o exposto, a Figura 5 exibe um gráfico anual contendo os valores totais para os quais se acredita terem sido sujeitos a conluio. As barras verticais são divididas por faixa de crença positiva. As faixas com maior crença tendem a estar dispostas no topo de cada uma delas.

FIGURA 5 – MONTANTE DE RECURSOS POR ANO ASSOCIADOS A FAIXAS DE CRENÇA DE CONLUIO



Fonte: *Elaborada pelos autores*

Pode-se observar da Figura 5 que o emprego do método permite identificar os montantes e, por conseguinte, as áreas em que pode ter ocorrido conluio. Do ponto de vista da investigação, um dos benefícios percebidos durante a aplicação da metodologia é o fato dela permitir direcionar esforços para aquelas contratações cuja ação fraudulenta tenha deixado maior conjunto probatório de evidências. Esta vantagem permite que as ações de investigação desenvolvidas no sentido de buscar verificar a ocorrência real da fraude se concentrem em áreas previamente avaliadas onde a chance de recuperação dos recursos seja maior. Além disso, a iniciativa de investigação tende a se tornar mais pró-ativa do que aquelas derivadas de denúncias ou oriundas dos desdobramentos ocasionados pela divulgação de informações públicas nos canais de transparência e de acesso à informação pública citados por Farranha e Bataglia (2019).

O resultado expõe as áreas mais suscetíveis com base nas evidências identificadas, mas não elimina a necessidade de investigação para afastar eventual ocorrência de falsos positivos. Na maioria dos casos, uma análise detalhada do caso concreto ainda é necessária. No entanto, ao permitir que os trabalhos de investigação sejam direcionados, a abordagem auxilia na alocação mais eficiente de recursos. Destaque-se que diminuir o número de falsos positivos é uma preocupação constante nos trabalhos relacionados à detecção automática de fraudes, conforme destaca Baader e Krcmar (2018).

Do ponto de vista gerencial, outro benefício percebido diz respeito ao fato de se obter um indicador geral sobre a fraude. É possível, conforme se observa da Figura 5, acompanhar o nível de exposição ao conluio por período. Sendo assim, esses valores poderiam ser utilizados com o objetivo de aferir a eficiência e eficácia de medidas preventivas. Por exemplo, imagine um órgão que tenha realizado uma ação de concientização junto aos fornecedores. Se esta ação de conscientização tiver sido eficaz, é de se esperar uma redução nos níveis de crença de conluio no próximo período. A necessidade de obtenção de um indicador geral de exposição ao conluio havia sido apontada por Tóth *et al.* (2014), quando estes apresentaram seu conjunto de indicadores elementares para detecção da prática.

Embora a Figura 5 apresente um cenário contendo uma única fraude, em um ambiente em que multiplos tipos de fraudes são monitorados (conluio entre licitantes, corrupção, etc.), a abordagem auxilia a determinar o tipo de fraude que deverá receber tratamento prioritário. Sendo assim, é possivel elaborar ações especificamente direcionadas às fraudes que possuem maior valor de crença e que implicam num nível mais elevado de comprometimento dos recursos, otimizando ainda mais os esforços de fiscalização.

Sob o aspecto tecnológico, o emprego das funções de crença permite integrar o resultado obtido através do uso de diferentes métodos de coleta e análise de dados. A técnica simula a atividade de avaliação da evidência ao requerer que um auditor, por exemplo, realize um julgamento profissional prévio a respeito das saídas esperadas para cada um destes métodos. Esta característica difere da proposta apresentada por Baader e Krcmar (2018), uma vez que aquele trabalho não considera o valor probatório para fins de avaliar a importância da evidência.

Empregar as funções de crença para representar o valor probatório das evidências se mostra oportuno, principalmente em cenários onde não estão disponíveis bases de dados com casos de fraude previamente identificados e classificados que possam ser utilizadas para aprender previamente sobre como se comportam os dados na ocorrência das fraudes. Esta informação é um requisito recorrente quando se utiliza mineração de dados. No entanto, a adequada avaliação prévia do valor probatório da evidência, que é um dos pilares da presente proposta, é uma atividade de requer a participação de profissionais devidamente capacitados a analisar indícios de fraudes, entretanto, estes tipos de profissionais nem sempre estão disponíveis, conforme alertado por Pinheiro e Cunha (2003).

Outro limitador para o emprego da abordagem é a qualidade das bases de dados utilizadas. O uso de dados incorretos pode elevar a taxa de falsos positivos, aumentando os custos de investigação e causando transtornos indesejados. Além disso, o desenvolvimento de gabaritos mais complexos, como aqueles que utilizam aprendizado de máquina, requer pessoal capacitado, que também nem sempre está disponível na organização.

Por fim, outro item que merece destaque está relacionado ao ponto de vista sob o qual se avalia o comportamento colusivo. No presente caso, os dados utilizados permitem a análise do conluio sob a perspectiva da interface entre o ente público e o mercado. Esta perspectiva de análise difere da utilizada por Cuiabano *et al.* (2014) e Tóth *et al.* (2014) que buscam identificar o conluio a partir de uma perspectiva apenas de mercado. No entanto, a princípio, parece ser possível considerar um cenário em que os dados indicativos de mercados

colusivos possam ser utilizados como evidências para fins de avaliar a ocorrência de fraude em uma licitação pública específica.

Conclusão

O objetivo deste trabalho foi apresentar uma abordagem que possibilita a identificação e combinação de evidências que tenham sido identificadas através do emprego de diferentes técnicas de mineração de dados, derivando, a partir desta combinação, uma medida geral de valor probatório que pode ser utilizada como um indicativo da ocorrência de conluio entre licitantes. As atividades relacionadas ao trabalho foram desenvolvidas a partir de uma perspectiva de pesquisa-ação (TRIPP, 2005), contemplando a melhoria da atividade prática de identificação de fraudes através do emprego de uma abordagem alternativa.

Iniciamente, para obter uma visão geral das pesquisas relacionadas, foi realizado um levantamento bibliográfico com dois propósitos distintos: identificar como sistemas de software têm sido empregados com o objetivo de identificar fraudes e quais aspectos devem ser considerados quando se avalia a ocorrência, ou não, de fraudes. Ambas as atividades foram desenvolvidas buscando a compreensão dos aspectos gerais relacionados aos temas, identificando as práticas no âmbito da administração pública e da iniciativa privada, principalmente no que se refere a identificação da fraude de conluio entre licitantes.

No que tange a identificação de fraudes, o levantamento bibliográfico indicou que auditores internos poderiam utilizar *red flags* para identificar possível ocorrência de fraudes (MAGRO e CUNHA, 2017). Estes indícios estariam relacionados aos traços deixados pelo comportamento econômico associado a atividade fraudulenta (FERWERDA, DELEANU e UNGER, 2017). Algumas entidades, como o IACRC, já desenvolveram estudos onde relacionam *red flags* a tipos específicos de fraude. Além disso, o levantamento também apontou que iniciativas de detecção automática de fraude, de modo similar, também buscam identificar padrões de fraude, mas fazem isso através do emprego de algoritmos de aprendizado de máquina. Dentre os trabalhos de detecção automática de fraudes identificados, somente Baader e Krcmar (2018) apresentaram proposta que contempla o uso de *red flags*.

Embora o trabalho de Baader e Krcmar (2018) considere o uso destes traços, ele não leva em conta o valor probatório de cada um deles em relação ao tipo específico de fraude. Para suprir esta lacuna, este trabalho propõe o emprego da Teoria Dempster-Shafer, de um modo similar ao empregado por Gao, Mock e Srivastava (2011) e Fukukawa, Mock e Srivastava (2014), objetivando, com isso, o estabelecimento de uma medida individual de valor probatório para o red flag e a construção de uma medida geral de valor probatório para a fraude em análise.

Os resultados obtidos através do emprego da abordagem sobre uma base de dados de teste apontam que a proposta tende a gerar benefícios sob o ponto de vista da investigação, permitindo o direcionamento dos esforços para áreas onde existe maior conjunto de elementos probatórios, e da tecnologia, ao viabilizar a combinação do resultado de diversos traços identificados (*red flags*) a partir de técnicas automáticas diversas. No entanto, embora os resultados sejam positivos a diminuição de falsos positivos ainda depende da disponibilidade de bases de dados de qualidade e de pessoal técnico qualificado capaz de ponderar sobre a relevância de cada uma das evidências indicativas de fraudes.

Referências Bibliográficas

ABDALLAH, A.; MAAROF, M. A.; ZAINAL, A. Fraud detection system: A survey. *Journal of Network and Computer Applications*, v. 68, pp. 90 – 113, 2016.

AKOMAH, B. B.; NANI, G. Public Procurement Corruption: Types, Approaches, and Collusion or Rigging. *African Journal of Applied Research* (AJAR), v. 2, n. 1, 2016. Disponível em: <http://www.ajaronline.com/index.php/AJAR/article/view/165>. Acesso em: 28 nov 2018.

ALBRECHT, W. S. *et al. Fraud Examination.* [S.l.]: Cengage Learning, 2012.

BAADER, G.; KRCMAR, H. Reducing false positives in fraud detection: Combining the *red flag* approach with pro-

cess mining. *International Journal of Accounting Information Systems*, Elsevier, v. 31, pp. 1 – 16, Junho 2018. ISSN 1467-0895. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.accinf.2018.03.004>. Acesso em: 11/03/2019.

BARNETT, J. A. Computational methods for a mathematical theory of evidence. In: *Classic Works of the Dempster-Shafer Theory of Belief Functions*. Berlin: Springer, 2008. pp. 197 – 216.

BATAGLIA, Murilo Borsio; FARRANHA, Ana Claudia. Governança e Administração Pública: o uso de tecnologias para a prevenção da corrupção e promoção da transparência. *Revista da CGU*, v. 11, n. 18, pp. 23, 2019.

BOZKAYA, M.; GABRIELS, J.; WERF, J. M. van der. Process Diagnostics: A Method Based on Process Mining. In: *International Conference on Information, Process, and Knowledge Management*. Cancun: IEEE, 2009. pp. 22 – 27.

CUIABANO, S. M. *et al.* Filtrando cartéis: a contribuição da literatura econômica na identificação de comportamentos colusivos. *Revista de Defesa da Concorrência*, v. 2, n. 2, pp. 43 – 63, 2014.

DOMINGOS, S. L. *et al.* Identifying IT purchases anomalies in the Brazilian Government Procurement System using Deep Learning. In: *15th IEEE International Conference on Machine Learning and Applications (ICMLA)*. Anaheim: [s.n.], 2016. pp. 722 – 727. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7838233>. Acesso em: 29/03/2019.

FERWERDA, J.; DELEANU, I.; UNGER, B. Corruption in public procurement: finding the right indicators. *European Journal on Criminal Policy and Research*, v. 23, n. 2, pp. 245 – 267, 2017.

FUKUKAWA, H.; MOCK, T. J.; SRIVASTAVA, R. P. Assessing the Risk of Fraud at Olympus and Identifying an Effective Audit Plan. *The Japanese Accounting Review*, v. 4, n. 1, pp. 1 – 25, 2014.

GAO, L.; MOCK, T. J.; SRIVASTAVA, R. P. An evidential reasoning approach to fraud risk assessment under Dempster-Shafer theory: A general framework. In: *IEEE (Ed.). 44th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS)*. [S.l.: s.n.], 2011. pp. 1 – 10.

GIRIŪNAS, L.; MACKEVIČIUS, J. Evaluation of frauds in public sector. *Entrepreneurship and Sustainability Issues*, v. 1, n. 3, pp. 143 – 150, 2014.

GRACE, E. *et al.* Detecting Fraud, Corruption, and Collusion in International Development Contracts: The Design of a Proof-of-Concept Automated System. IEEE *International Conference on Big Data*, pp. 1444 – 1453, Dezembro 2016.

GRONEWOLD, U. The Probative Value of Audit Evidence The State of the Art and Avenues towards a General Theory. In: *16th National Auditing Conference*. Manchester: [s.n.], 2006. pp. 1 – 31. Disponível em: <http://static.aston.ac.uk/asig/2006-NAC.htm>. Acesso em: 07/04/2018.

HEGAZY, M. A. E. A.; KASSEM, R. Fraudulent financial reporting: Do *red flags* really help? *Journal of Economics and Engineering*, v. 4, pp. 69 – 79, 2010.

INTERNATIONAL ANTI-CORRUPTION RESOURCE CENTER. *Guide to Combating Corruption & Fraud in Development Projects*. 2019. Disponível em: <https://guide.iacrc.org/>. Acesso em: 08/03/2019.

MAGRO, C. B. D.; CUNHA, P. da. *red flags* na detecção de fraudes em cooperativas de crédito: percepção dos auditores internos. *Revista Brasileira de Gestão de Negócios*, v. 19, n. 65, pp. 469 – 491, 2017.

MOYES, G. D. The differences in perceived level of fraud-detecting effectiveness of SAS No. 99 *red flags* between external and internal auditors. *Journal of Business & Economics Research*, v. 5, n. 6, pp. 9 – 25, 2007.

MOYES, G. D.; YOUNG, R.; MOHAMED, H. F. D. Malaysian internal and external auditor perceptions of the effectiveness of *red flags* for detecting fraud. *International Journal of Auditing Technology*, v. 1, n. 1, pp. 91 – 106, 2013.

MURCIA, F. D.; BORBA, J. A. Estrutura para detecção do risco de fraude nas demonstrações contábeis: mapeando o ambiente fraudulento. *BBR-Brazilian Business Review*, v. 4, n. 3, pp. 162 – 177, 2007.

MURCIA, F. D.; BORBA, J. A.; SCHIEHLL, E. Relevância dos *red flags* na Avaliação do Risco de Fraudes nas Demonstrações Contábeis: A percepção de auditores independentes brasileiros. *Revista Universo Contábil*, v. 4, n. 1, pp. 25 – 48, 2008.

PINHEIRO, G. J.; CUNHA, L. R. S. A importância da auditoria na detecção de fraudes. *Contabilidade Vista & Revista*, v. 14, n. 1, pp. 31 – 47, 2003.

PORTER, R. H.; ZONA, J. D. Detection of bid rigging in procurement auctions. *Journal of political economy*, v. 101, n. 3, pp. 518 – 538, 1993.

REBOUÇAS, R. R. *et al.* Detecção de figurantes em pregões eletrônicos do governo federal brasileiro. *Informação & Tecnologia*, v. 2, n. 2, pp. 5 – 21, jul./dec. 2015. ISSN 2358-3908.

REINA, D.; NASCIMENTO, S. do; REINA, D. R. M. A percepção dos auditores quanto à utilização dos *red flags* nas principais empresas de auditoria brasileiras. *Enfoque: Reflexão Contábil*, v. 27, n. 2, 2008.

SALES, L. J.; CARVALHO, R. S. Análise multivariada de dados aplicada na previsão irregularidades em contratos do governo brasileiro. In: *XIX Congreso Internacional del CLAD sobre la Reforma del Estado y de la Administración Pública*. QUITO: [s.n.], 2014.

SRIVASTAVA, R. P. Belief Functions and Audit Decisions. *Auditor's Report*, v. 17, n. 1, pp. 8 – 12, 1993.

SRIVASTAVA, R. P. The belief-function approach to aggregating audit evidence. *International Journal of Intelligent Systems*, v. 10, n. 3, pp. 329 – 356, 1995.

SUN, L.; SRIVASTAVA, R. P.; MOCK, T. J. An Information Systems Security Risk Assessment Model Under the Dempster-Shafer Theory of Belief Functions. *Journal of Management Information Systems*, v. 22, n. 4, pp. 109 – 142, 2006.

TAS, B. K. O. Collusion Detection in Public Procurement with Limited Information. *Economic Research Forum Working Papers*, n. 1127, pp. 1 – 24, 2017.

TÓTH, B. *et al. Toolkit for detecting collusive bidding in public procurement. With examples from Hungary*. Budapest, 2014.

TRIPP, D. Pesquisa-ação: uma introdução metodológica. *Educação e Pesquisa*, vol. 31, n. 3, 2005.

Frederico Pinto de Souza

https://orcid.org/0000-0002-3420-9991

Doutorando em Ciências Contábeis e Mestre em Informática pela Universidade Federal do Espírito Santo. É Auditor do Estado no Espírito Santo e realiza atividades voltadas ao aprimoramento dos controles internos dos diversos órgãos e entidades do poder executivo estadual.

Fabiano da Rocha Louzada

https://orcid.org/0000-0001-6554-0727

Mestre em Informática pela Universidade Federal do Espírito Santo. É auditor do Estado na Secretaria de Estado de Controle e Transparência do Governo do Estado do Espírito Santo. Tem experiência na área de Ciência da Computação, Controle Interno Governamental e Transparência Pública.