

POLÍTICAS PÚBLICAS DE CT&I E ESTÍMULO ÀS REDES DE INOVAÇÃO: UMA ANÁLISE DA CENTRALIDADE DE GRAU EM GRUPOS DE PESQUISA DIRECIONADOS AO SETOR DE RSU NO ESTADO DE SÃO PAULO

ST&I PUBLIC POLICIES AND THE PROMOTION OF INNOVATION NETWORKS: A DEGREE CENTRALITY ANALYSIS AMONG RESEARCH GROUPS FOCUSED ON THE MSW SECTOR IN SÃO PAULO STATE

ALINE CORREIA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC

ADALBERTO MANTOVANI MARTINIANO DE AZEVEDO

Comunicação:

O XII SINGEP foi realizado em conjunto com a 12th Conferência Internacional do CIK (CYRUS Institute of Knowledge) e com o Casablanca Climate Leadership Forum (CCLF 2024), em formato híbrido, com sede presencial na ESCA Ecole de Management, no Marrocos.

POLÍTICAS PÚBLICAS DE CT&I E ESTÍMULO ÀS REDES DE INOVAÇÃO: UMA ANÁLISE DA CENTRALIDADE DE GRAU EM GRUPOS DE PESQUISA DIRECIONADOS AO SETOR DE RSU NO ESTADO DE SÃO PAULO

Objetivo do estudo

Propomos aplicar a medida de Centralidade de Grau em um exercício de análise sobre redes de inovação direcionadas ao setor de manejo de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) no Estado de São Paulo. O recorte analítico compreende grupos de pesquisa cadastrados no DGP-CNPq.

Relevância/originalidade

Pelo escopo de pesquisa proposto, não encontramos estudos nos repositórios científicos que abordem, especificamente, o setor de RSU. Exploraremos os fatores-chave identificados em estudos empíricos na área ambiental (atores, relações e estratégias), para analisar a estrutura de redes inovadoras no setor.

Metodologia/abordagem

Caracteriza-se como uma pesquisa de abordagem mista, utilizando método quantitativo e qualitativo na investigação, direcionada pela perspectiva teórica-metodológica da Análise de Redes Sociais (ARS). O programa RStudio® e pacote R-igraph são os instrumentos utilizados para a análise e interpretação dos dados.

Principais resultados

Os resultados apontam que as Instituições de Ensino Superior (IES) nacionais são os principais atores. A centralização da rede é percebida como intermediária e gravita em torno de poucos atores com alto grau nodal em seus níveis de prestígio e iniciativas.

Contribuições teóricas/metodológicas

Para análises concentradas em redes inovativas, concluímos ser importante examinar a medida de centralidade de grau ao mesmo tempo que se observa as principais estratégias adotadas pelos atores no intercâmbio científico, como a internacionalização do conhecimento e a diversidade de atores.

Contribuições sociais/para a gestão

Conforme o Plano Nacional de Resíduos Sólidos, cerca de 84,5% dos RSU que são descartados incorretamente em lixos comuns, poderiam receber tratamento adequado. Buscamos colaborar na mitigação do problema público e no desenvolvimento de novos ganhos ambientais, econômicos, políticos e sociais.

Palavras-chave: Políticas Públicas de CT&I, Redes de Inovação, Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), Análise de Redes Sociais (ARS), RStudio®

ST&I PUBLIC POLICIES AND THE PROMOTION OF INNOVATION NETWORKS: A DEGREE CENTRALITY ANALYSIS AMONG RESEARCH GROUPS FOCUSED ON THE MSW SECTOR IN SÃO PAULO STATE

Study purpose

We propose to apply the Degree Centrality measure in an analysis of innovation networks focused on the Municipal Solid Waste (MSW) management sector in the State of São Paulo. The analytical scope includes research groups registered in the DGP-CNPq database.

Relevance / originality

Given the research scope, we found no studies in scientific repositories that specifically address the MSW sector. We will explore key factors identified in empirical studies in the environmental area (actors, relationships, and strategies) to analyze innovative networks in the sector.

Methodology / approach

This is a mixed-methods research study utilizing both quantitative and qualitative approaches, guided by the theoretical-methodological perspective of Social Network Analysis (SNA). The RStudio® software and R-igraph package are used for data analysis and interpretation.

Main results

The results indicate that national Higher Education Institutions are the main actors. Network centralization is perceived as intermediate, revolving around a few actors with high nodal degree in terms of their levels of prestige and initiatives.

Theoretical / methodological contributions

For analyses focused on innovative networks, it is crucial to examine degree centrality while also observing the main strategies adopted by actors in scientific exchange, such as the internationalization of knowledge and diversity of actors.

Social / management contributions

According to the National Solid Waste Plan, about 84.5% of MSW that is improperly discarded in common trash could be treated. We aim to contribute to the mitigation of this issue and the development of new environmental, economic, political, and social gains.

Keywords: ST&I Public Policies, Innovation Networks, Municipal Solid Waste (MSW), Social Network Analysis (SNA), RStudio®

POLÍTICAS PÚBLICAS DE CT&I E ESTÍMULO ÀS REDES DE INOVAÇÃO: UMA ANÁLISE DA CENTRALIDADE DE GRAU EM GRUPOS DE PESQUISA DIRECIONADOS AO SETOR DE RSU NO ESTADO DE SÃO PAULO

1 Introdução

Por via de regra, a inovação pode ser entendida como um processo colaborativo, de aprendizado não linear, cumulativo e dinâmico, com características locais, conformação institucional e abrangência global (Cassiolato & Lastres, 2005). É um tema cada vez mais frequente nas agendas governamentais, em razão da responsabilidade do Estado em desempenhar suas competências de forma efetiva frente às constantes mudanças da sociedade (Cavalcante & Cunha, 2017).

Por esse caminho, compete ao Estado resolver sobre “[...] falhas de mercado e de governo, desenvolver políticas de inovações orientadas por missões (*mission-oriented innovation policy*), bem como responder a problemas complexos, incertos e transversais (*wicked problems*), demandas crescentes e transformações sociais e tecnológicas” (Cavalcante, 2019, pp. 11-12). Assim, compreendemos que são “[...] necessárias inovações não somente tecnologias, mas também na condução de políticas públicas sensíveis às novas exigências e ao clamor por participação social” (Rosa et al., 2016, p. 88).

Esse conjunto de questões depende significativamente de políticas públicas específicas, que promovam ações e incentivos para um avanço científico, tecnológico, social e com vistas para o desenvolvimento sustentável (De Negri, 2018, 2021; Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação [MCTI], 2016). Entendemos, portanto, que a elaboração das políticas de Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I), bem como a implementação de seus programas e ações, devem seguir por um caminho integrado de desenvolvimento.

Em meio ao contexto, entendemos que emergem as redes sociais com ênfase em inovação, objetivando conexões efetivas em temas correlatos e cooperação mútua em projetos de pesquisa (De Negri, 2018, 2021; MCTI, 2016; Pellegrin et al., 2007). Ambiente no qual envolve ações de interação (de pessoas, de ideias e de organizações), ações de trocas (de informação, de conhecimento e de recursos) e ações de criação (de novos produtos, processos e estruturas organizacionais) (Castro et al., 2018).

Consideramos que as redes de inovação, incentivadas por políticas de CT&I, são como meios catalisadores de melhorias que impulsionam mudanças estratégicas na sociedade em resposta aos desafios contemporâneos. Estabelecem relacionamentos e conexões diversas, promovem o conhecimento interdisciplinar e intercâmbio de recursos a partir “[...] de um processo de interação contínua de organizações inovadoras, como universidades, centros de pesquisa, empresas, agências governamentais, investidores, dentre outros [...]” (Castro et al., 2018, p. 15).

Para esta pesquisa em específico, designamos como redes de inovação aquelas redes que podem ser formadas por diferentes tipos de relacionamentos e ênfases de estudo; porém, de alguma forma, permeiam por novas perspectivas e avanços direcionados ao desenvolvimento da ciência, da tecnologia, da inovação e da sociedade. Aqui utilizaremos redes de inovação ou apenas redes para referenciá-las nesse enquadramento.

Nesse sentido, buscando visualizar e entender conexões atuais, questionamos: Como as redes de inovação, analisadas a partir de uma dimensão macro (instituições), estão estruturadas em um contexto orientado para o desenvolvimento? Pretendemos, como objetivo geral, realizar um exercício de análise pela medida de Centralidade de Grau (*Degree Centrality*) para compreender a estrutura de redes de inovação, seus elementos essenciais e o arcabouço que sustenta a lógica de interação.

Como objetivos específicos, buscamos observar a centralidade de grau do ator, aquele ator ou atores que mais se destacam na rede, quem é o mais popular, quem é o mais ativo e, de uma forma geral, qual ator ou atores estão mais centrais e visíveis perante seus pares. Ademais, o nível nodal, o tipo puro de centralidade e a posição de influências e oportunidades. Do mesmo modo, pretendemos entender a centralidade da rede como um todo (centralização da rede), a orientação da rede, o tipo puro e as estratégias presentes nessa rede (pelo contexto da inovação) (Borgatti et al., 2022; Everett & Borgatti, 2005; Freeman, 1979; Higgings & Ribeiro, 2018; Rawlings et al., 2023; Scott, 2017; Wasserman & Faust, 1994).

Para tanto, alinhando-se aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030, concentraremos o estudo nas colaborações que unem esforços para a proteção da área ambiental. Tratando-se, em geral, de relações que impulsionam propostas para o consumo consciente e para a produção sustentável, além de incitar a gestão adequada dos recursos naturais e o uso da inovação para a solução de questões ambientalmente multifacetadas (Nações Unidas no Brasil [ONU Brasil], 2024).

Focaremos nosso recorte setorial nos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), os quais compreendem os resíduos domiciliares (gerados por residências e pequenos comércios) e os resíduos de limpeza pública. Atualmente sob responsabilidade dos municípios, correspondem à maior parte dos resíduos gerados em nível nacional. Não abrangem outros tipos de resíduos cujo manejo é responsabilidade dos geradores, mesmo que sob fiscalização municipal ou de outras esferas (hospitais, industriais, de saneamento, etc.) (Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente [ABREMA], 2023; Brasil, 2010).

De acordo com relatórios e estudos acadêmicos sobre o setor, ainda existem questões bastante complexas a serem dirimidas. Há insuficiência do serviço público em coletar e controlar esses resíduos, assim como a baixa conscientização e educação ambiental da população. Soma-se o aumento substancial no volume de RSU coletado - principalmente a partir da Pandemia Covid-19, com uso de embalagens e serviços de *delivery* -, e os desafios inerentes às políticas públicas e de governança para enfrentamento do problema (ABREMA, 2023; Adalberto et al., 2017; Brasil, 2022; Frey et al. 2020; Gonçalves-Dias, 2015; Gonçalves-Dias, Ghani, & Cipriano, 2015; Ramos et al., 2020; Gutberlet et al., 2023).

Assim, o Estado de São Paulo (SP) será o recorte geográfico desse estudo em razão de características importantes relacionadas ao setor. Pois, apresenta os maiores índices relacionados a geração, coleta, disposição adequada e aplicação de recursos nos serviços de limpeza urbana (ABREMA, 2023). Além de ser o estado brasileiro mais populoso e que dispõe de cidades com capacidade econômica para diversos setores, também é a região que abrange parte das maiores instituições e instalações de pesquisa do país (De Negri, 2018; IBGE, 2022).

A região dispõe de modalidades sobre gestão de RSU (parcerias entre administração pública, empresas privadas, cooperativas, associações, etc.) e etapas de seu gerenciamento (geração, coleta, transporte, triagem, tratamento e disposição final). Concentra o maior número de geração de empregos na área e destaca-se nos índices de reaproveitamento quando comparado com outros estados - superior a 20% (Paes et al., 2021).

O setor de manejo de RSU no Estado de SP trata-se de uma infraestrutura em que a participação da instância pública é essencial, porém sua execução se baseia em uma rede de parceiros de diferentes origens, como instituições privadas e do terceiro setor (ABREMA, 2023; Gutberlet et al., 2023; Paes et al., 2021). Contextos normativos brasileiros enfatizam a importância de desenvolver e adotar mecanismos, principalmente em cooperação, de forma que promovam avanços inovativos para mitigar ou solucionar o conjunto de questões complexas que o setor apresenta (Brasil, 2010, 2020; MCTI, 2016).

Desta forma, o recorte analítico da pesquisa compreende os grupos de pesquisa (GPs) cadastrados no Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil (DGP) do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Optamos por focar nessa entidade,

inicialmente, em razão de ser considerada uma das principais apoiadoras que viabilizam a Estratégia Nacional de CT&I (De Negri, 2018, 2021; MCTI, 2016).

As informações sobre os GPs disponíveis no diretório, permitem traçar um perfil abrangente de suas atividades, em termos de ações relacionadas à inovação e em termos de outros tipos de relacionamentos (não necessariamente formais) que são descritos no DGP-CNPq. Assim, os diferentes registros correspondem a dados básicos e primários que podem ser submetidos a tratamento analítico, visando compreender as dinâmicas setoriais específicas.

O delineamento da pesquisa acompanha a perspectiva teórica-metodológica da Análise de Redes Sociais (ARS), compreendendo uma pesquisa mista, combinando métodos quantitativos e qualitativos que se integram no estudo. Pela variação de análise cruzada, coletamos os dados qualitativos e os convertemos na forma numérica para a análise de dados quantitativos (Gil, 2023; Patriarca, 2022). Na coleta dos dados qualitativos, utilizamos como técnica a pesquisa por sistema de busca, pela categoria diretório (Gil, 2023; Marconi & Lakatos, 2017;). Rastreamos dados primários (sem tratamento analítico) que, apesar de serem disponibilizados em diretório, prevalece sua forma textual (qualitativa).

O recorte temporal do estudo corresponde ao período de 2011 a 2023, compreendendo período posterior a publicação da Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS (Brasil, 2010). A busca e exportação dos dados no respectivo diretório foi realizada no mês de janeiro de 2024. Para tratamento dos dados qualitativos percorremos pela seleção, codificação e tabulação dos registros (Marconi & Lakatos, 2017), utilizando como instrumento o programa Microsoft Excel®. Percorremos por cinco etapas de tratamento sequenciais para encontrar os resultados almejados.

Para análise e interpretação dos dados abordamos como técnica de análise quantitativa métricas de centralização, priorizando a medida de centralidade de grau (Freeman, 1979; Wasserman & Faust, 1994). Com o auxílio de instrumentos como o programa RStudio® e pacote R-igraph, realizamos o gerenciamento dos dados complexos e a representação da rede (grafo) (Borgatti et al., 2022; Rawlings et al., 2023).

Os resultados encontrados, a partir da rede direcionada, indicam que as Instituições de Ensino Superior (IES) nacionais despontam como atores principais nas redes inovativas voltadas ao tema no Estado de SP. A centralização da rede é percebida como intermediária e gravita em torno dos poucos atores com alto grau nodal em seus níveis de prestígio e iniciativas (Freeman, 1979; Higgings & Ribeiro, 2018; Scott, 2017; Wasserman & Faust, 1994).

Quanto às considerações da pesquisa, entendemos ser fundamental observar a importância da centralidade nas redes inovativas em conjunto com as principais estratégias de conexão adotadas no intercâmbio científico (Borgatti et al., 2022; De Negri, 2018; Pellegrin et al., 2007). Nesse caso, identificamos como estratégias a diversificação de atores e a cooperação para a internacionalização do conhecimento.

Desta forma, organizamos o artigo em quatro seções além dessa introdução. No próximo item abordamos a contextualização teórica sobre a medida de centralidade, com foco na centralidade de grau no âmbito da análise de redes. Na sequência, descrevemos os métodos, técnicas e instrumentos de pesquisa; e seguimos para a apresentação dos resultados, análise e discussão. Por fim, colocamos nossas considerações acerca das descobertas, limitações da pesquisa e recomendações para investigações futuras.

2 Contextualização Teórica

A Centralidade como uma das principais utilizações da Teoria dos Grafos, tem sido a medida mais importante e amplamente utilizada para demonstrar a morfologia de redes sociais (Everett & Borgatti, 2005; Wasserman & Faust, 1994). Perspectiva em expansão e com fartas aplicações nas Ciências Sociais (Higgings & Ribeiro, 2018), podemos descrever as

propriedades de localização do ator e identificar aquele ator mais importante da rede que, normalmente, está situado em locais estratégicos das relações (Everett & Borgatti 2005; Wasserman & Faust, 1994).

Essa métrica designa uma classificação de status por meio de conceitos que especificam a popularidade e as iniciativas do ator nas relações. Como um dos critérios básicos para descrever uma estrutura reticular, dentre outras dimensões de análise, considera-se o número de relações a fim de caracterizar a importância dos atores na matriz (Higgings & Ribeiro, 2018).

Em geral, se interpreta que quanto mais articulações de relação um ator tenha, maior é a sua capacidade de acionar e mobilizar outros vértices, e mais importante se torna para o padrão estrutural da rede. Porém, nem sempre a quantidade de relações interessa na análise da rede, por vezes, a específica posição na qual um ator se encontra e suas relações estratégicas apresentam maior relevância para um dado contexto em estudo (Higgings & Ribeiro, 2018).

Ainda segundo os autores, deve-se notar que medidas sobre centralidade são normalmente calculadas em referência a uma única relação que pode então ser comparada ou agregada. Nos estudos empíricos, frequentemente a centralidade tende a ser vista como algo positivo para as relações, proporcionando identificar atores com oportunidades de influenciar outros atores, assim como receber informação, apoio e recursos (Borgatti et al., 2022).

Everett e Borgatti (2005) esclarecem que uma grande variedade de medidas específicas para descrever a centralidade foram propostas na literatura desde a década de 1950. Contudo, Freeman (1979) estabeleceu certa ordem a alguns desses trabalhos em seu artigo seminal, no qual categorizou as medidas de centralidade em três categorias básicas: Centralidade de Grau (*Degree Centrality*), Centralidade de Proximidade (*Closeness Centrality*) e Centralidade de Intermediação (*Betweenness Centrality*).

Embora muitas outras medidas de centralidade tenham sido propostas, desde então, essas três medidas passaram a dominar o uso empírico, juntamente com a medida baseada em autovetores conhecida como a Centralidade de Autovetor (*Eigenvector Centrality*) (Everett & Borgatti, 2005). Assim, considerando a relevância teórica das medidas de centralidade, optamos por focar na abordagem utilizada na Centralidade de Grau (Freeman, 1979) para o presente estudo empírico.

Essa métrica consiste, basicamente, em contar o número de conexões diretas (arestas) que um determinado ator (vértice) estabelece com outros atores, ou seja, o número de vértices com os quais possui adjacência (Higgins & Ribeiro, 2018). Essa medida pode ser vista como índice de exposição de certo ator, pois demonstra-se que se algo está fluindo pela rede a probabilidade de tal ator ser alcançado é proporcional ao seu grau nodal (Borgatti et al., 2022).

Portanto, atores com um alto grau de centralidade equivale a afirmação "onde ocorre a ação", pois apresenta muitas conexões e acaba ocupando uma localização central. Por consequência, começa a ser reconhecido como um importante canal de informação relacional, porque está diretamente ou de forma muito próxima em contato com outros atores.

Em contraposição, os atores com baixo grau de centralidade apresentam poucas conexões e estão em localização periférica na rede. Entende-se, inclusive, que se um ator estiver completamente isolado, removê-lo da rede não traz prejuízo às demais conexões (Borgatti et al., 2022; Higgings & Ribeiro, 2018; Wasserman & Faust, 1994).

Nesse sentido, com o propósito de se estabelecer um critério sobre a importância dos atores em uma rede, desponta-se perspectivas para realizar um comparativo da centralidade relativa dos vértices. São possíveis três tipos puros de centralidade de grau: estrela, círculo e intermediário (Higgings & Ribeiro, 2018; Wasserman & Faust, 1994).

A análise a partir desses tipos de centralidade permite entender a posição do vértice na rede e sua dominância local. Em um extremo, temos o tipo puro estrela, quando certo vértice apresenta máxima centralidade. Representado pelo valor 1 (centro único), esse vértice é o único ponto central de toda a rede e todos os demais vértices estão conectados a ele.

Na outra extremidade temos o tipo círculo, representado pelo valor 0 (centro mínimo), onde todos os vértices são igualmente centrais e intercambiáveis. Entre esses dois extremos, há o tipo intermediário, representado por valores que oscilam entre 0 e 1, no qual a centralidade é decrescente em direção aos extremos (Higging & Ribeiro, 2018 & Wasserman & Faust, 1994).

A condição pode ser aplicada para rede não direcionada (grafo não orientado), quando não se estabelece uma direção ordenada e as relações possuem orientação nos dois sentidos. Como, também, para rede direcionada (dígrafo ou grafo orientado), na qual existe uma direção ordenada e as relações possuem orientação para apenas um sentido, onde determinado vértice ativa uma ação sobre o outro vértice (aresta terminada em flecha).

Para uma rede direcionada, o grau nodal ainda pode ter medidas diferentes. Na centralidade de grau de entrada (*indegree*) o ator é “acionado”, como sinônimo de “prestígio” ou “popularidade” dentro da rede. Na centralidade de grau de saída (*outdegree*) o ator “aciona outros atores”, entendido como uma “ação” ou “iniciativa relacional”. Assim, a partir dos graus de entrada e de saída do vértice (ator), também podemos aferir sobre a medida de centralidade de grau total do ator (Higgings & Ribeiro, 2018).

De acordo com Borgatti et al. (2022), as interpretações sociológicas sobre os vértices mais centrais ou grupos nos quais estão inseridos, não são propriedades inerentes à medida da centralidade. Tratam-se de potenciais consequências da centralidade no contexto social, sendo possível entender os vértices centrais como atores importantes, proeminentes, influentes, líderes, com percepção de poder, autonomia, visibilidade, controle, iniciativa, entre outras definições a depender da análise.

Outro ponto na observação, é ponderar sobre a centralidade de grau do ator ser normalizada ou não normalizada. A normalização expressa o grau nodal em termos de uma proporção de arestas que cada vértice concentra na rede. O objetivo principal é permitir a comparação das pontuações de centralidade de grau de atores que estão presentes em sub-redes diferentes e de diversos tamanhos dentro da rede global estudada (Everett & Borgatti, 2005; Higgings & Ribeiro, 2018).

Ademais, a interpretação da centralidade de grau do ator pode tomar direções distintas, a depender da posição do ator na rede e natureza de suas conexões. Por um lado, é possível analisar a centralidade do ator (vértice) quanto a posição de influências diretas que esse pratica em conexão com outros atores, ou seja, sobre a contribuição que o ator dá à estrutura da rede. Por outro lado, a centralidade pode ser interpretada sobre a posição de oportunidades que o ator recebe na interação com os outros atores, referendo-se a vantagens que um vértice acumula em virtude de sua localidade na rede (Borgatti et al., 2022).

Considerando essa breve contextualização sobre a centralidade do ator como um indicador de importância estrutural, nossa análise enfoca a abordagem relacional na rede de inovação. Buscaremos compreender os conceitos de centralidade de grau dos atores (entrada, saída e totalidade), nível nodal (alto ou baixo), tipo puro (estrela, círculo ou intermediário) e posição (influência e oportunidades) no contexto estudado.

Por conseguinte, Freeman (1979) traz que a centralidade de grau do vértice (entrada, saída e total) possibilita realizar a medição sobre a centralidade de grau da rede como um todo (ou centralização da rede). Envolve observar as diferenças entre as pontuações de centralidade de todos os pontos presentes no grafo (Higging & Ribeiro, 2018; Scott, 2017). Essa medida é uma expressão de quão firme a rede está organizada em torno de seu ator ou atores mais centrais (Scott, 2017).

Sob certa premissa, quanto à orientação da rede, pode se apresentar como equilibrada, formada por uma distribuição proporcional entre vértices, com grau nodal moderado e conectividade uniformemente compartilhada entre todos os vértices. Em contraposição, a rede pode ser bastante centralizada, formada por poucos vértices altamente conectados, onde sua

conectividade é desigualmente distribuída e depende dos poucos atores populares e ativos (Higging & Ribeiro, 2018).

Da mesma forma, podemos entender o tipo puro de centralização da rede (se estrela, círculo ou intermediária), sendo que a maioria dos grafos que representam redes sociais reais concentram-se no tipo intermediário (Freeman, 1979; Scott, 2017). Para os autores, a centralização de grau da rede baseada em graus dos atores demonstra ser, sobretudo, sensível ao domínio prevalente dos atores (vértices) centrais.

Com base nesse enquadramento, vamos apurar a centralização da rede (total), compreendendo sua orientação (equilibrada ou centralizada), tipo puro (estrela, intermediária ou círculo) e observação sobre as estratégias presentes na rede pelo contexto da inovação. Portanto, na próxima seção, passamos a descrever os procedimentos utilizados para investigar a centralidade de grau dos atores e a centralização da rede no setor de RSU do Estado de SP utilizando os dados cadastrados no DGP-CNPq.

3 Métodos, técnicas e instrumentos

A pesquisa classifica-se, quanto a sua finalidade, como pesquisa aplicada visando a sua praticabilidade no referido contexto e, quanto ao propósito, como pesquisa descritiva a fim de retratar o fenômeno estudado (Gil, 2023; Silva, 2023). Em relação aos métodos empregados, compreende uma pesquisa de métodos mistos, combinando procedimentos quantitativos e qualitativos que se integram (Gil, 2023).

O delineamento da pesquisa segue a perspectiva teórica-metodológica da Análise de Redes Sociais (ARS), a qual admite a possibilidade de se combinar diferentes abordagens metodológicas para se estudar a estrutura, os padrões e as dinâmicas das relações sociais. Para tanto, realizamos coleta de dados qualitativos e realizamos uma análise mista, em sua variação cruzada, a partir de uma análise quantitativa (Gil, 2023; Patriarca, 2022).

Na coleta de dados, como técnica de coleta, utilizamos a pesquisa por sistema de busca, pela categoria de diretório, a fim de rastrear os dados primários (sem tratamento analítico) e qualitativos (não numéricos) que encontram-se disponíveis em sua forma textual (Gil, 2023). Entendemos que o DGP-CNPq corresponde a uma fonte fornecedora de dados escritos, contemporâneos, primários e compilados na ocasião pelo autor (Marconi & Lakatos, 2017). Por se tratar de uma fonte pública com sistema estruturado e que opera os dados eletronicamente, aderimos aos instrumentos de gerenciamento do próprio diretório para a extração desses dados primários.

Embora possa parecer destoante utilizarmos o termo "dados primários" nesse contexto, visto que normalmente referem-se a dados coletados diretamente pelo pesquisador, esclarecemos que podem ser dados já existentes e que estão acessíveis de forma pública. Tratam-se de dados originados de fontes primárias (registros originais e não interpretados), sem qualquer tipo de tratamento analítico e que não foram coletados especificamente para o estudo em questão (Gil, 2023; Marconi & Lakatos, 2017).

Iniciamos a busca acessando a página principal do DGP-CNPq, na área de "Base Corrente" e "Buscar Grupos", o que permitiu rastrear informações sobre os grupos certificados ou que estejam em fase de preenchimento. O recorte temporal compreendeu o período de 2011 a 2023, em correspondência a pós-publicação da Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS (Brasil, 2010). Assim, no mês de janeiro de 2024, realizamos a busca e exportação das informações pretendidas, as quais passamos a avaliar os registros.

No tratamento dos dados, seguimos pela elaboração de forma sistemática quanto a seleção, codificação e tabulação dos registros (Marconi & Lakatos, 2017), utilizando como instrumento o programa Microsoft Excel®. Percorremos por cinco etapas de tratamento sequenciais, onde cada uma dessas etapas retornava informações relevantes sobre o contexto

em pesquisa. Na última etapa, os dados foram preparados com extensões específicas de programação para serem importados ao ambiente de exploração (Borgatti et al., 2022; Rawlings et al., 2023).

Para a análise e interpretação dos dados consideramos que na ARS “[...] predomina a quantização dos dados qualitativos de etnografias, entrevistas ou documentos, originalmente em forma textual, que são convertidos para forma numérica em listas e matrizes” (Patriarca, 2022, p. 9). Assim, percorremos pela análise mista, onde um único tipo de dado (quantitativo ou qualitativo) pode ser analisado em sua forma original, ou pode ter sua forma convertida de modo que permita análises correspondentes (Patriarca, 2022).

De acordo com o autor, uma variação da análise mista é a análise cruzada, onde dados qualitativos são convertidos para forma numérica e analisados quantitativamente. Pelo repertório da ARS “[...] é possível mensurar e visualizar padrões relacionais que, subjacentes aos confusos emaranhados sobre quem se relaciona com quem, identificados por meio de técnicas abertas e pouco padronizadas, dificilmente seriam percebidos com meios interpretativos [...]” (Patriarca, 2022, p. 9).

Como técnica de análise quantitativa, focamos na abordagem relacional, percorrendo métricas sobre centralização com ênfase na medida de centralidade de grau (Everett & Borgatti, 2005; Freeman, 1979; Scott, 2017; Wasserman & Faust, 1994). Como instrumentos, utilizamos o programa RStudio® e pacote R-igraph para o gerenciamento de dados complexos e representação da rede na forma de grafo (Borgatti et al., 2022; Rawlings et al., 2023).

Nesse sentido, compreendemos medidas para garantir a qualidade dos dados e a validade da pesquisa, como validade interna (sobre escolhas e procedimentos, relação causa-efeito da pesquisa) e a validade externa (capacidade de generalizar os resultados para outras instâncias). Da mesma forma, buscamos por medidas para confiabilidade da pesquisa (resultados consistentes e explicações nítidas) (Silva, 2023). A próxima seção traz os resultados encontrados, assim como nossa análise e discussão sobre a estrutura da rede identificada.

4 Resultados, Análise e Discussão

Os resultados alcançados derivam de uma sequência de tratamentos (I, II, III, IV e V) dos dados primários coletados no DGP-CNPq. Inicialmente, incluímos termos próprios do setor (sem aspas) para realizarmos a busca e extraímos as planilhas correspondentes com diversas informações (instituições, parceiros, líderes, grupos, linhas de pesquisa, área predominante, entre outros). Organizamos os grupos localizados no Estado de SP e, também, em nível nacional para uma simples comparação preliminar (Quadro 1).

Termos de busca	Localização	Número de “Grupos de pesquisa”	Número de “Linhas de pesquisa”
Resíduos	Brasil	1.426	1.777
	SP	197	265
Resíduos Sólidos	Brasil	475	507
	SP	56	68
Resíduos Urbanos	Brasil	135	139
	SP	22	23
Resíduos Sólidos Urbanos	Brasil	122	125
	SP	18	19
RSU	Brasil	147	147
	SP	25	25

Quadro 1. Quantidade de grupos e linhas de pesquisa (por termo e localização) identificados no DGP-CNPq.

Destacamos que os termos Resíduos e RSU retornam textos de áreas diversas, não específicos da área ambiental. Os termos Resíduos Sólidos, Resíduos Urbanos e Resíduos Sólidos Urbanos estão diretamente relacionados a área de saneamento ambiental; porém

abrangem outros tipos de resíduos (como resíduos líquidos) e outras perspectivas (como estudo da segmentação química) que não estão no escopo da nossa análise.

Nessa direção, realizamos o primeiro tratamento dos dados (Tratamento I), compilando todas as planilhas extraídas do diretório em uma única planilha (planilha-base). Observamos, conjuntamente, os GPs associados as respectivas linhas de pesquisa e que promoviam ações relacionadas aos RSU originados do uso doméstico ou serviços de limpeza urbana (Brasil, 2010). Eliminamos dados repetidos e chegamos ao total de 127 GPs com referência a RSU no Estado de SP.

No Tratamento II revisitamos cada um desses 127 GPs no próprio diretório, pois o processo de exportação não traz registros pormenorizados de cada grupo. Coletamos manualmente informações sobre repercussões do grupo, linhas de pesquisa e suas ações, palavras-chave, objetivo da linha de pesquisa, instituições parceiras na pesquisa, participações em rede de pesquisa, área predominante, entre outros. Identificamos 66 GPs que possuem uma ou mais linhas de pesquisa direcionadas para ações de coleta, tratamento e disposição final dos RSU.

No Tratamento III organizamos os 66 GPs de acordo com a respectiva instituição-sede. Para tanto, referências a faculdades, departamentos, setores, disciplinas e outros termos internos foram agrupados representando a instituição-sede na qual estão inseridos. Os registros genéricos ou cadastrados em campos diferentes, quando devidamente nomeados e possíveis de serem identificados, foram considerados e inseridos em nossa análise. Assim, observamos que os 66 GPs identificados estão vinculados a 19 instituições-sede.

Ao todo, constam sete instituições-sede sem parceiros vinculados às atividades de pesquisa nos GPs: Universidade Católica de Santos (UNISANTOS), Universidade do Sagrado Coração (UNISAGRADO), Centro Universitário da Fundação Educacional Inaciana Padre Sabóia de Medeiros (FEI), Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM), Universidade de Ribeirão Preto (UNAERP), Universidade Santo Amaro (UNISA) e Universidade Brasil (UB).

As demais 12 instituições-sede desenvolvem suas atividades de pesquisa em parceria: Universidade Estadual Paulista (UNESP), Universidade de São Paulo (USP), Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP), Universidade Federal do ABC (UFABC), Universidade Guarulhos (UNG), Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR), Universidade Nove de Julho (UNINOVE), Instituto Federal de São Paulo (IFSP), Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), Pontifícia Universidade Católica de Campinas (PUC-Campinas) e Universidade do Oeste Paulista (UNOESTE).

No Tratamento IV identificamos os 85 atores (instituições-sede e instituições-parceiras) que participam e compõem a estrutura da rede pesquisada. Organizamos os atributos desses atores com referência ao tipo de instituição e sua localização. Observamos a natureza jurídica para classificar a tipologia de instituições, porém não nos limitamos a essa concepção; consideramos, principalmente, a análise e escopo do estudo. Categorizamos nove tipos de instituições que estão localizadas tanto no território brasileiro como em diferentes países.

Destacamos, portanto, uma associação de empresas brasileira, seis empresas privadas (consideramos as empresas brasileiras e as empresas estrangeiras com sede/filial no Brasil), quatro empresas públicas brasileiras, sete instituições de fomento à pesquisa (abrangendo agências de fomento e fundações de apoio no Brasil), dois centros de cooperação internacionais, 36 IES nacionais, 23 IES internacionais, uma organização da sociedade civil e cinco órgãos públicos brasileiros (compreendendo municípios, secretarias, institutos e ministérios).

No Tratamento V preparamos a matriz de dados (*dataset*) sobre os 85 atores e inserimos no RStudio® juntamente com as instruções em linguagem de programação (*scripts*). Realizamos os ajustes necessários para gerar as medidas de centralidade de grau e a representação gráfica da rede (Imagem 1).

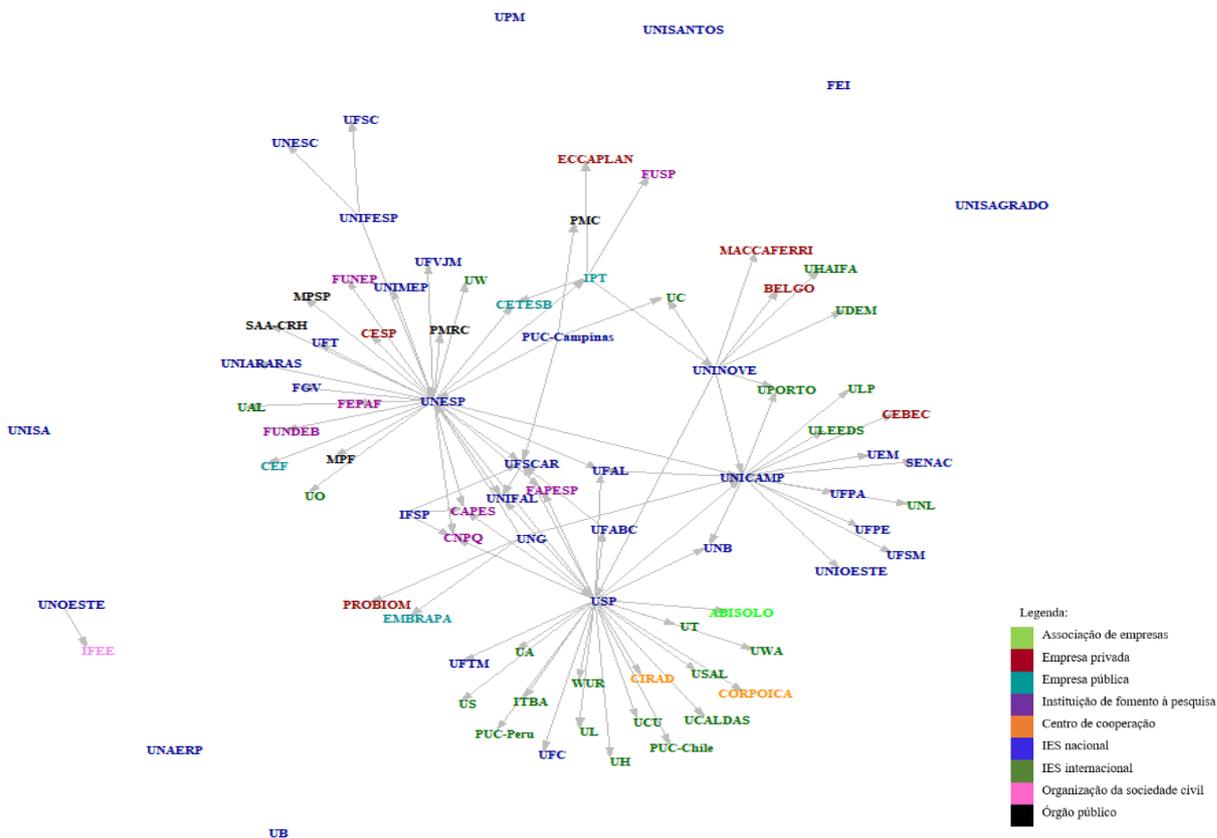


Imagem 1. Rede de inovação no setor de RSU (SP) a partir dos GPs cadastrados no DGP-CNPq.

Os vértices do grafo correspondem aos atores participantes da rede, identificados por uma sigla (atribuída conforme abreviação das iniciais ou de acordo com o E-MEC, quando possível). Essas siglas e as respectivas nomenclaturas, localidades e as medidas de centralidade de grau (entrada, saída e total) estão descritas no quadro abaixo. As medidas de centralidade foram calculadas considerando o conceito de normalização (Everett & Borgatti, 2005; Higgings & Ribeiro, 2018), a fim de compreender a participação dos atores nos diferentes grupos.

Sigla (Instituição)	Localidade (Estado brasileiro ou País)	Nome (Instituição)	Grau (E) Norm	Grau (S) Norm	Grau (T) Norm
ABISOLO	SP	Associação Brasileira das Indústrias de Tecn. em Nutrição Vegetal	0,012	0,000	0,012
BELGO	MG	Belgo Arames	0,012	0,000	0,012
CAPE	DF	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior	0,036	0,000	0,036
CEBEC	SP	Clean Environment Brasil Engenharia e Comércio	0,012	0,000	0,012
CEF	DF	Caixa Econômica Federal	0,012	0,000	0,012
CE	SP	Companhia Energética do Estado de São Paulo	0,012	0,000	0,012
CETESB	SP	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo	0,024	0,000	0,024
CIRAD	França	CIRAD - La Recherche Agronomique pour le Développement	0,012	0,000	0,012
CNPQ	DF	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico	0,036	0,000	0,036
CORPOICA	Colombia	Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria	0,012	0,000	0,012
ECCAPLAN	SP	Consultoria em Desenvolvimento Sustentável	0,012	0,000	0,012
EMBRAPA	DF	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária	0,012	0,000	0,012
FAPESP	SP	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo	0,024	0,000	0,024
FEI	SP	Centro Universitário da Fundação Educacional I. P. S. de Medeiros	0,000	0,000	0,000
FEPAP	SP	Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais	0,012	0,000	0,012
FGV	SP	Fundação Getúlio Vargas São Paulo	0,012	0,000	0,012
FUNDEB	SP	Fundação para o Desenvolvimento de Bauru	0,012	0,000	0,012

FUNEP	SP	Fundação de Apoio a Pesquisa Ensino e Extensão	0,012	0,000	0,012
FUSP	SP	Fundação de Apoio à Universidade de São Paulo	0,012	0,000	0,012
IFEE	CE	Instituto de Formação Empreendedora e Educação Permanente	0,012	0,000	0,012
IFSP	SP	Instituto Federal de São Paulo	0,000	0,036	0,036
IPT	SP	Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo	0,012	0,048	0,060
ITBA	Argentina	Instituto Tecnológico de Buenos Aires - Argentina	0,012	0,000	0,012
MACCAFERRI	SP	Maccaferri do Brasil	0,012	0,000	0,012
MPSP	SP	Ministério Público Estadual - São Paulo	0,012	0,000	0,012
MPF	SP	Ministério Público Federal - Procuradoria Regional de Pres.Prudente	0,012	0,000	0,012
PMC	SP	Prefeitura Municipal de Campinas	0,012	0,000	0,012
PMRC	SP	Prefeitura Municipal de Rio Claro	0,012	0,000	0,012
PROBIOM	SP	Probiom Tecnologia - P&D Experimental em Ciências Físicas e Naturais	0,012	0,000	0,012
PUC-Campinas	SP	Pontifícia Universidade Católica de Campinas	0,000	0,048	0,048
PUC-Chile	Chile	Pontificia Universidad Católica de Chile	0,012	0,000	0,012
PUC-Peru	Peru	Pontificia Universidad Católica del Peru	0,012	0,000	0,012
SAA-CRH	SP	Secretaria de Agricultura e Abastecimento-Centro de Recursos Hídricos	0,012	0,000	0,012
SENAC	SP	Centro Universitário SENAC	0,012	0,000	0,012
UA	Espanha	Universidad de Alicante	0,012	0,000	0,012
UAL	Portugal	Universidade Autónoma de Lisboa	0,012	0,000	0,012
UB	SP	Universidade Brasil	0,000	0,000	0,000
UC	Portugal	Universidade de Coimbra	0,024	0,000	0,024
UCALDAS	Colombia	Universidad de Caldas	0,012	0,000	0,012
UCU	Uruguai	Universidad Catolica del Uruguay	0,012	0,000	0,012
UDEM	Colombia	Universidad de Medellin	0,012	0,000	0,012
UEM	PR	Universidade Estadual de Maringá	0,012	0,000	0,012
UFABC	SP	Universidade Federal do ABC	0,012	0,012	0,024
UFAL	AL	Universidade Federal de Alagoas	0,036	0,000	0,036
UFC	CE	Universidade Federal do Ceará	0,012	0,000	0,012
UFPA	PA	Universidade Federal do Pará	0,012	0,000	0,012
UFPE	PE	Universidade Federal de Pernambuco	0,012	0,000	0,012
UFSC	SC	Universidade Federal de Santa Catarina	0,012	0,000	0,012
UFSCAR	SP	Universidade Federal de São Carlos	0,060	0,012	0,072
UFSM	RS	Universidade Federal de Santa Maria	0,012	0,000	0,012
UFT	TO	Universidade Federal do Tocantins	0,012	0,000	0,012
UFTM	MG	Universidade Federal do Triângulo Mineiro	0,012	0,000	0,012
UFVJM	MG	Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri	0,012	0,000	0,012
UH	Cuba	Universidade de Havana	0,012	0,000	0,012
UHAIFA	Israel	University Of Haifa	0,012	0,000	0,012
UL	Portugal	Universidade de Lisboa	0,012	0,000	0,012
ULEEDS	Reino Unido	University Of Leeds	0,012	0,000	0,012
ULP	Portugal	Universidade Lusófona do Porto	0,012	0,000	0,012
UNAER	SP	Universidade de Ribeirão Preto	0,000	0,000	0,000
UNB	DF	Universidade de Brasília	0,024	0,000	0,024
UNESC	SC	Universidade do Extremo Sul Catarinense	0,012	0,000	0,012
UNESP	SP	Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho	0,036	0,321	0,357
UNG	SP	Universidade de Guarulhos	0,000	0,060	0,060
UNIARARAS	SP	Centro Universitário Herminio Ometto de Araras	0,012	0,000	0,012
UNICAMP	SP	Universidade Estadual de Campinas	0,048	0,155	0,202
UNIFAL	MG	Universidade Federal de Alfenas	0,036	0,000	0,036
UNIFESP	SP	Universidade Federal de São Paulo	0,000	0,036	0,036
UNIMEP	SP	Universidade Metodista de Piracicaba	0,012	0,000	0,012
UNINOVE	SP	Universidade Nove de Julho	0,012	0,095	0,107
UNIOESTE	PR	Universidade Estadual do Oeste do Paraná	0,012	0,000	0,012
UNISA	SP	Universidade de Santo Amaro	0,000	0,000	0,000
UNISAGRADO	SP	Centro Universitário Sagrado Coração	0,000	0,000	0,000

UNISANTOS	SP	Universidade Católica de Santos	0,000	0,000	0,000
UNL	Argentina	Universidad Nacional del Litoral	0,012	0,000	0,012
UNOESTE	SP	Universidade do Oeste Paulista	0,000	0,012	0,012
UO	Cuba	Universidad del Oriente Cuba	0,012	0,000	0,012
UPM	SP	Universidade Presbiteriana Mackenzie	0,000	0,000	0,000
UPORTO	Portugal	Universidade do Porto	0,024	0,000	0,024
US	Espanha	Universidad de Sevilla	0,012	0,000	0,012
USAL	Espanha	Universidad de Salamanca	0,012	0,000	0,012
USP	SP	Universidade de São Paulo	0,036	0,321	0,357
UT	Holanda	University Of Twente	0,012	0,000	0,012
UW	EUA	University Of Wisconsin - Platteville	0,012	0,000	0,012
UWA	Austrália	The University of Western Australia	0,012	0,000	0,012
WUR	Holanda	Wageningen University	0,012	0,000	0,012

Quadro 2. Identificação dos atores e graus de centralidade.

Para compreendermos a centralidade de grau do ator na rede direcionada e normalizada (Imagem 1), primeiramente, identificamos o grau de entrada (acionamentos recebidos) e grau de saída (iniciativas efetuadas). Com essas observações, consideramos a centralidade total do ator diferenciando quanto ao alto ou baixo nível nodal apresentado. Nesse caminho, constatamos o tipo puro (estrela, círculo ou intermediário) e a posição do ator quanto a influências e a oportunidades na rede (Borgatti et al., 2022; Higgings & Ribeiro, 2018).

Na centralidade de grau de entrada (quarta coluna) o ator que mais é acionado na rede é a UFSCAR, com pontuação 0,060. Sede de seis GPs, a instituição é acionada por cinco IES nacionais (UNESP, USP, UFABC, IFSP e PUC-Campinas). Na sequência, com 0,048 de pontuação e sede de seis GPs, a UNICAMP é acionada por quatro IES nacionais (UNESP, USP, UNG e UNINOVE).

Os atores USFCAR e UNICAMP são os mais acionados e compreendidos como “populares” na rede (Borgatti et al., 2022; Higgings & Ribeiro, 2018; Wasserman & Faust, 1994). Essa posição pode ser justificada por um possível potencial de colaboração atrativo no setor como “[...] centros e redes integradas de P&D; laboratórios; observatórios; plantas e usinas-piloto; estações e redes de monitoramento; infraestruturas de tecnologia da informação e comunicação; biotérios; coleções de recursos biológicos e minerais, entre outras” (MCTI, 2016, p. 76).

Na centralidade de grau de saída (quinta coluna), destacamos a UNESP e a USP com medida 0,321 cada uma e a UNICAMP com medida 0,154. São considerados os atores mais “ativos” da rede (Borgatti et al., 2022; Higgings & Ribeiro, 2018; Wasserman & Faust, 1994), pois buscam criar conexões com outros atores a fim de desenvolverem suas atividades de pesquisa conjuntamente. São responsáveis por coordenar as ações, intermediando ideias, facilitando a comunicação, monitorando o fluxo de informação e apoiando a construção da confiança (Azevedo, 2011; Pellegrin et al., 2007).

A UNESP (com 24 GPs) mobiliza iniciativas com outras 27 instituições (UW, UO, UNICAMP, UNIFAL, UFT, UAL, SAA-CRH, IPT, UFSCAR, FUNEP, FUNDEB, CESP, MPF, MPSP, CETESB, CEF, FAPESP, CNPQ, CAPES, FEPAF, PMRC, USP, UNIMEP, UNIARARAS, UFVJM, UFAL e FGV). Encontramos ligações com órgãos públicos, como a PMRC que é o governo local responsável pelo manejo de RSU (Brasil, 2010); e empresas públicas, como a CETESB que atua em uma série de ações direcionadas ao controle de atividades geradoras de resíduo no Estado de SP.

Coincidentemente, a USP com sete GPs, envolve 27 instituições (PUC-Chile, PUC-Peru, UL, UA, ITBA, UT, CIRAD, UH, WUR, UCU, UFABC, FAPESP, CNPQ, CAPES, UFC, UNB, UWA, CORPOICA, ABISOLO, UFSCAR, USAL, UCALDAS, US, UNICAMP, UNIFAL, UFTM e UFAL). Abrange os dois centros de cooperação internacional visualizados

na rede - CIRAD e CORPOICA - e que visam pesquisas colaborativas de interesse comum. Aciona a única associação de empresas presente na rede - ABISOLO - representante das indústrias que atuam nos diferentes segmentos de tecnologia em nutrição vegetal.

Também encontramos as instituições de fomento à pesquisa, como a FAPESP, que aporta recursos financeiros investindo no desenvolvimento de pesquisas sobre o setor de RSU. No mesmo grupo, mas que não necessariamente aportam recursos de investimento nos projetos, constam as fundações de apoio que auxiliam na gestão administrativa e financeira dos projetos. De acordo com as respectivas especificidades, são instituições fundamentais para o desenvolvimento científico e difusão da inovação (De Negri, 2018, 2021; MCTI, 2016).

A UNICAMP - sede de seis GPs - contata 13 atores (UNL, SENAC, ULEEDS, UPORTO, ULP, UNB, CEBEC, UFPE, UFPA, UFSM, UNIOESTE, UEM e UFAL). Destacamos a relação com a empresa privada CEBEC que fabrica equipamentos e tecnologias voltados ao meio-ambiente e segurança ocupacional; e as IES internacionais localizadas nos variados contextos culturais e econômicos que estimulam o intercâmbio de conhecimento (Cassiolo & Lastres, 2005; Castro, et al., 2018; De Negri, 2018; MCTI, 2016).

No conjunto, os atores mais centrais conforme a totalidade de conexões (entrada e saída) são: UNESP (0,357), USP (0,357), UNICAMP (0,202), UNINOVE (0,107) e UFSCAR (0,072). Do ponto central da rede onde UNESP, USP e UNICAMP se localizam (Imagem 1), partem as arestas (relações) dominantes sobre os outros atores em posicionamento mais afastado. A UNESP e USP são os que mais acionam outros atores e a UNICAMP evidencia certo equilíbrio em seus acionamentos e iniciativas de conexões. A UNINOVE apresenta mais saídas se compararmos com suas entradas e a UFSCAR prevalece como a “mais popular” dentre os atores.

Esses despontam com alto grau de centralidade, pois apresentam muitas conexões, ocupando localização central na rede e nitidamente reconhecidos como um canal de informação relacional (Borgatti et al., 2022). Destacamo-os em um tipo puro intermediário, onde a medida de centralidade total de cada um está entre 0 e 1 (Higgings & Ribeiro, 2018). Embora os atores possam, visualmente, apresentar um formato estrelar, ainda assim devem ser considerados intermediários porque a medida de centralidade não está nos pontos extremos.

Tendo por base esse grau de centralidade, podemos compreender que assumem localização estratégica dentro da rede, como posição de influência (concedem contribuições à rede) e posição de oportunidades (recebe vantagens da rede) (Borgatti et al., 2022; Higgings & Ribeiro, 2018; Wasserman & Faust, 1994).

Na posição de influência identificamos que contribuem conectando diretamente vários atores, da mesma forma que se interligam a outros atores indiretamente. Apresentam capacidade de conduzir e mobilizar ações de acordo com seus objetivos. Quanto mais articulações, mais amplas e diversificadas são suas possibilidades de relacionamento; no entanto, maior é a necessidade de gerenciamento dos arranjos cooperativos (Azevedo, 2011; Castro et al., 2018; Pellegrin et al. 2007).

Os atores principais coordenam e lideram a rede sobre o tema dos RSU no Estado de São Paulo e disseminam seus conhecimentos compreendidos, inicialmente, como alicerces introdutivos. No entanto, estrategicamente, também conseguem absorver novidades advindas dos parceiros, referente a conhecimento, informação e recursos. Demonstram maior diversidade de atores em suas relações, do mesmo modo que se orientam pela internacionalização em suas conexões (De Negri, 2018; MCTI, 2016).

Quanto a posição de oportunidades, os atores estão mais próximos de fluxos informacionais relevantes e participam diretamente na troca de conhecimento, experiências e recursos (materiais, humanos e financeiros). Aproximam-se de instituições citadas como referência na área e contam com melhores chances para aquisição de conhecimento e habilidades. Com possibilidade de colaborações que visam reduzir riscos e custos nas atuações

de pesquisa e desenvolvimento, como perspectivas de novos e futuros trabalhos conjuntamente (Azevedo, 2011; Castro et al., 2018; De Negri, 2018, 2021; Pellegrin et al. 2007).

Estrategicamente, também pressupõe maior envolvimento com a internacionalização do conhecimento. O contato com outras culturas, percepções e aplicações práticas, permitem refletir sobre o desenvolvimento de ações eficazes que possam ser implantadas no âmbito brasileiro. Por consequência, participam das produções científicas (como artigos) e da produção de tecnologias (como patentes) em nível global, contribuindo para melhorias do setor em nível local. Assim, abrange contato com atores diversificados, nacionais e internacionais, em diferentes tipos e segmentos (Cassiolo & Lastres, 2005; De Negri, 2018; MCTI, 2016).

Destacamos que, embora os atores centrais englobem diferentes instituições - IES nacionais e internacionais, órgãos públicos, empresas privadas e públicas, associações de empresas, instituições de fomento à pesquisa e centros de cooperação -, não se conectam a atores que executam as operações no setor, como instituições que prestam serviços de saneamento, instituições do segmento de coleta, cooperativas ou associações de reciclagem. São instituições presentes na rotina do manejo, que realizam e participam de diferentes ações no setor de RSU (ABREMA, 2023; Brasil, 2022; Gutberlet et al., 2023).

Caminhando-se para as extremidades da rede, os atores com baixo grau de centralidade estão em localização periférica, com poucas conexões ou até nenhum relacionamento (Freeman, 1979; Wasserman & Faust, 1994). Citamos o caso da instituição-sede UNOESTE que, apesar de ser o único ator ligado a uma *sociedade* civil de direitos privados sem fins lucrativos (IFEE) - a qual desenvolve projetos sociais e ambientais para catadores de recicláveis e outros públicos -, ambos estão muito distantes do centro da rede e não se conectam aos atores principais (com melhores posições, recursos e informações para o desenvolvimento).

Já os atores completamente isolados como UNISANTOS, UNISAGRADO, FEI, UPM, UNAERP, UNISA e UB são importantes na visão integral dos grupos, porém não apresentam efeito sobre as conexões da rede como um todo. Por certa perspectiva, em razão dessa falta de vínculo e localização periférica na rede, não agregam contribuições às demais conexões (Freeman, 1979; Wasserman & Faust, 1994). No entanto, em razão das complexidades do contexto, consideramos que esses atores são relevantes e buscam aportar esforços para o desenvolvimento do setor de RSU (ABREMA, 2023; Brasil, 2022; Paes et al., 2021).

Quanto à centralização da rede, esta gravita em torno de seus poucos atores centrais - UNESP, USP, UNICAMP, UNINOVE e UFSCAR (Freeman, 1979; Scott, 2017). Como o padrão estrutural se baseia no vértice mais importante (Higgings & Ribeiro, 2018; Wasserman & Faust, 1994), as IES nacionais se apresentam como os atores principais na rede de inovação sobre os RSU no Estado de SP.

Quando falamos sobre redes de inovação, as IES nacionais são fortemente importantes na posição de atores centrais. No entanto, outros atores em âmbito nacional e também importantes ao conceito de inovação apresentam-se distantes do núcleo da rede estudada. Como empresas privadas e públicas que pouco iniciam conexões (apenas um acionamento do IPT à UNINOVE). Por esse ponto, entendemos que as IES nacionais estão compreendidas como atores centrais, especificamente, ao se observar os dados cadastrados no DGP-CNPq (em razão de sua natureza e abrangência na área acadêmica).

Compreendendo a orientação da rede, demonstra-se bastante centralizada, estruturada a partir dos poucos vértices que estão altamente conectados. Essa conectividade é desigualmente distribuída e depende dos poucos atores, em seus níveis de popularidade e iniciativas, para se estabelecer um arranjo colaborativo. Percebemos muitos atores periféricos, porém pouco conectados, onde há a predominância de atores centrais conectando-os à rede (Freeman, 1979; Higgings & Ribeiro, 2018; Scott, 2017; Wasserman & Faust, 1994).

Por essa direção assimétrica, ainda identificamos que a rede estudada tende a ser mais orientada pelo grau de saída (iniciativas de conexões dos atores centrais) do que pelo grau de

entrada (atores centrais prestigiados que são acionados para conexões). Os atores mais ativos (UNESP e USP) fizeram 27 acionamentos cada um (0,321) e o ator mais popular (UFSCAR) recebeu apenas cinco acionamentos (0,060), ou seja, o grau de saída dos atores centrais é, aproximadamente, cinco vezes maior que o grau de entrada do ator mais popular.

Sobre o tipo da rede, a classificamos como intermediária (0,167), pois a sua centralidade concentra-se nos cinco principais atores e decresce em direção aos outros 80 atores localizados nas extremidades. De acordo com Freeman (1979) e Scott (2017), compreendemos que essa rede é bastante sensível ao domínio dos atores centrais. O que promove, no entanto, certa influência desproporcional, pois o poder dos atores centrais como mediadores - facilitando ou dificultando as informações - pode moldar a estrutura e o fluxo de recursos, impactando diretamente nas oportunidades e no comportamento dos atores periféricos.

Portanto, a partir das instituições (atores) identificados e participantes da rede, compreendemos que a centralidade corresponde ao índice de exposição dos atores. Demonstra que o desenvolvimento para RSU no Estado de SP está fluindo conforme a proporção de grau dos seus vértices (atores). A ação percorre pelos atores centrais que apresentam muitas conexões e são reconhecidos como canal de informação relacional (Borgatti et al., 2022; Higgings & Ribeiro, 2018; Wasserman & Faust, 1994).

No entanto, para Scott (2017), tais medidas da centralidade não se referem tão somente à importância relativa dos atores, mas também correspondem a integração geral da rede em torno de um conjunto de atores (vértices). Nesse item é importante aferir sobre a importância da centralidade juntamente com as principais estratégias adotadas nas conexões da rede no âmbito inovativo (Borgatti et al., 2022; De Negri, 2018).

Por essa visão, os atores com maior grau nodal (UNESP e USP) não são os únicos mais representativos. A UNINOVE, por exemplo, também se destaca por apresentar conexões importantes para a inovação: conexões com diferentes tipos de atores e diversificadas relações (tanto em acionamentos como em iniciativas) (Castro et al., 2018; De Negri, 2018, 2021; MCTI, 2016; Pellegrin et al. 2007). De acordo com as informações do diretório DGP-CNPq, esse ator aciona diretamente empresas privadas, IES nacionais e internacionais; ao mesmo tempo que é acionada por empresa pública (IPT) em grupo composto pela CETESB (empresa pública), FUSP (fomento/gestão) e ECCAPLAN (empresa privada).

Pela visão relativa da integração, as principais estratégias observadas nas conexões da presente rede, pela esfera inovativa, dizem respeito: (1) a diversidade de atores - para redução de riscos e custos nas atividades de pesquisa, acesso aos diferentes tipos de recursos e aquisição de conhecimentos e habilidades -, e (2) a internacionalização do conhecimento - acesso a tecnologias e aplicações externas, experiências de implementação e estudo de aplicabilidade no âmbito nacional (De Negri, 2018; Pellegrin et al., 2007).

Embora a inovação em uma conjuntura de redes seja difícil de ser definida (Castro et al., 2018), sob o ponto de vista dinâmico e alinhamento às políticas de CT&I, as redes de inovação proporcionam um arcabouço cooperativo para o desenvolvimento mútuo. Geram não apenas conhecimento, mas união de esforços para mitigar e solucionar problemas sociais complexos e conseqüente aprimoramento das políticas públicas brasileiras (Azevedo, 2011; De Negri, 2018, 2021; MCTI, 2016).

5 Considerações finais

Nesse exercício de análise visamos compreender uma configuração ampla e inicial sobre como estão estruturadas as redes de inovação no setor RSU no Estado de SP. De acordo com os dados coletados do DGP-CNPq e analisados pela perspectiva da ARS, trata-se de uma rede com 85 participantes e orientada por cinco atores centrais, compreendidos em seus graus de prestígio e iniciativas. As IES nacionais despontam como os cinco principais atores da rede,

dentre os nove tipos de instituições participantes. Por esse caminho, destacamos investigar a medida de centralidade de grau em conjunto com uma análise sobre as principais estratégias adotadas nas conexões. Na rede estudada, destaca-se o enfoque na diversificação de atores e na internacionalização do conhecimento.

Dentre as limitações do estudo, destacamos a coleta de dados por um único diretório que abrange relacionamentos diversos sobre pesquisa e desenvolvimento, mas não é específico à área da inovação. Por vezes, encontramos GPs que não apresentavam informações claras, com campos incompletos ou incorretamente preenchidos. Informações genéricas não permitiram identificar alguns atores participantes, o que impacta na legítima composição da rede. Também nos deparamos com algumas opções de filtragem limitadas no sistema, sendo necessário realizar conferências manuais e por caminhos opcionais. Neste ponto, reforçamos a importância de tornar cada vez mais transparente e acessível as informações sobre pesquisa e desenvolvimento (quando possível), objetivando atender e aprimorar as políticas de CT&I.

Para estudos futuros recomendamos consultas a outras fontes de dados e investigações comparativas quanto à centralidade de atores no contexto inovativo. Nesse caminho, pretendemos avançar no mapeamento e representação das redes de inovação voltadas ao setor de RSU no Estado de SP por meio de diferentes fontes orientadas pelas políticas de CT&I. Em nosso radar, estão os dados da Financiadora de Estudos e Projeto (Finep), agência relevante no financiamento à inovação no Brasil, bem como convênios de cooperação firmados no âmbito das IES do Estado.

Referências

- Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente. (2023). *Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2023*. https://www.abrema.org.br/wp-content/uploads/dlm_uploads/2024/03/Panorama_2023_P1.pdf
- Azevedo, A. M. M. de. (2011). Gestão de arranjos multiorganizacionais para a inovação: A contribuição do conceito de ecossistemas organizacionais. In A. M. M. de Azevedo & M. A. Silveira (Orgs.), *Gestão da sustentabilidade organizacional: Desenvolvimento de ecossistemas colaborativos*. CTI - Centro de Tecnologia da Informação “Renato Archer”.
- Azevedo, A. M. M. de, Torres, A. de J., Torres, F. R., Duarte, K. P. de A., Carneiro, L. M., Mesquita, M., & Ivasco, R. (2017). Mapeamento de grupos e projetos de pesquisa na área de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos (GRSUs). In *V Simpósio sobre Resíduos Sólidos*. Universidade de São Paulo.
- Borgatti, S. P., Everett, M. G., Johnson, J. C., & Agneessens, F. (2022). *Analyzing social networks using R*. SAGE Publications.
- Brasil. Presidência da República. Casa Civil. (2010). *Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010*. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Casa Civil. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm
- Brasil. Presidência da República. Secretaria-Geral. (2020). *Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020*. Atualiza o marco legal do saneamento básico. Secretaria-Geral. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2020/Lei/L14026.htm
- Brasil. Presidência da República. Secretaria-Geral. (2022). *Decreto nº 11.043, de 13 de abril de 2022*. Aprova o Plano Nacional de Resíduos Sólidos. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/decreto/d11043.htm#:~:text=DECRETO%20N%C2%BA%2011.043%2C%20DE%2013,vista%20o%20disposto%20no%20art
- Cassiolato, J. E. & Lastres, H. M. M. (2005). Sistema de inovação e desenvolvimento: as implicações políticas. *São Paulo em Perspectiva*, 19(1), 34-45. <https://www.scielo.br/j/spp/a/9V95npxkV66Yg8vPJTpHfYh/?lang=pt&format=pdf>
- Castro, N. de, La Rovere, R. L., Lima, A. P., & Moszkowicz, M. (2018). Redes de Inovação: uma abordagem teórica. *Texto de discussão do setor elétrico (TDSE) n. 84*. Grupo de Estudos do Setor Elétrico UFRJ (GESEL). https://gesel.ie.ufrj.br/app/webroot/files/publications/52_TDSE%2084.pdf
- Cavalcante, P. (2019). Introdução. In CAVALCANTE, P. (Org.). *Inovação e políticas: superando o mito da ideia*. Ipea. <https://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/9330>

- Cavalcante, P. & Cunha, B. Q. (2017). É preciso inovar, mas por quê? In CAVALCANTE, P. et al. (Orgs.). *Inovação no setor público: teoria, tendências e casos no Brasil*. Ipea. <https://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/8785>
- Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (2024, janeiro). *Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil*. <https://lattes.cnpq.br/web/dgp>
- De Negri, F. (2018). *Novos caminhos para a inovação no Brasil*. Wilson Center Brazil Institute. <https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/8441/1/Novos%20caminhos%20para%20a%20inova%C3%A7%C3%A3o%20no%20Brasil.pdf>
- De Negri, F. (2021). Políticas públicas para ciência e tecnologia no Brasil: cenário e evolução recente. *Nota Técnica Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) n. 92*. Diretoria de Estudos e Políticas Setoriais de Inovação e Infraestrutura (DISET). <http://dx.doi.org/10.38116/ntdiset92>
- Everett, M. G. & Borgatti, S. P. (2005). Extending Centrality. In P. J. Carrington, J. Scott, S. Wasserman (Eds.). *Models and methods in social network analysis*. Cambridge University Press.
- Freeman, L. C. (1979). Centrality in Social Networks Conceptual Clarification. *Social Networks*, 1(3), 215-239. [https://doi.org/10.1016/0378-8733\(78\)90021-7](https://doi.org/10.1016/0378-8733(78)90021-7)
- Frey, K.; Gutberlet, J.; Ramos, R. F.; Anjos, L. A. P. (2020). ODS 17 – Parcerias e meios de implementação. In K. Frey, P. R. Jacobi, P. H. Torres, & R. C. F., Ramos (Orgs.). *Objetivos do Desenvolvimento Sustentável. Desafios para o planejamento e a governança ambiental na Macrometrópole Paulista*. EdUFABC.
- Gil, A. C. (2023). *Como elaborar projetos de pesquisa*. (7ª ed., 2ª reimpressão). Atlas.
- Gonçalves-Dias, S. L. F., Ghani, Y. A., & Cipriano, T. A. R. P. (2015). Discussões em torno da prevenção e da Política Nacional de Resíduos Sólidos. *Ciência e Sustentabilidade – CeS*, 1(1), 34-49. <https://doi.org/10.33809/2447-4606.11201534-49>
- Gonçalves-Dias, S. L. F. (2015). Consumo & resíduos: duas faces da mesma moeda. *GV Executivo*, 14(1), 38-41. <https://doi.org/10.12660/gvexec.v14n1.2015.49189>
- Gutberlet, J., Azevedo, A. M. M., Morais, L., Bacic, M. J., & Mesquita, M. (2023). Social movements in the context of crisis: waste picker organizations as collaborative public partners in the context of the COVID-19 pandemic. *Environment & Urbanization*, 35(1), 255-274. <https://doi.org/10.1177/09562478221151110>
- Higgins, S. S. & Ribeiro, A. C. A. (2018). *Análise de redes em ciências sociais*. Enap. https://repositorio.enap.gov.br/bitstream/1/3337/1/Livro_Analise%20de%20Redes%20em%20Ci%C3%A7%C3%A2ncias%20Sociais.pdf
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2022). *Censo Brasileiro de 2022*. <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/trabalho/22827-censo-demografico-2022.html>
- Lakatos, E. M. & Marconi, M. de A. (2017). *Fundamentos de metodologia científica*. Atlas.
- Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. (2016). *Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação 2016-2022*. <http://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/indicadores/detalhe/estrategia-nacional-de-ciencia-tecnologia-e-inovacao-2016-2022.html>
- Nações Unidas no Brasil. (2024, junho). *Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil*. <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>
- Paes, M. X., Bellezoni, R. A., & Oliveira, J. A. P. de. (2021). *Manual prático para inovação em gestão dos resíduos sólidos urbanos*. (1ª ed.). FGV EAESP. <https://repositorio.fgv.br/items/331dfd0a-46c3-4bbc-ae83-62db1998ef9c>
- Pellegrin, I., Balestro, M. V., Antunes Junior, J. A. V., & Caulliraux, H. M. (2007). Redes de inovação: construção e gestão da cooperação pró-inovação. *Revista de Administração*, 42 (3), 313-325.
- Ramos, R. F., Frey, K., Correia, A. M., Anjos, L. A. P. dos, & Leonel, A. L. (2020). Saneamento ambiental na Macrometrópole Paulista: perspectivas para uma governança multinível. *Revista Ambiente & Sociedade*, 23, 1-22. <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4422asoc20200104r1vu2020L6AO>
- Rawlings, C. M., Smith, J. A., Moody, J., & Mcfarland, D. A. (2023). *Network analysis: integrating social network theory, method, and application with R*. Cambridge University Press.
- Rosa, A., Procopiuck, M., & Frey, K. (2016). *Governança pública, redes sociotécnicas e políticas ambientais urbanas*. PUCPRESS.
- Scott, J. (2017). *Social network analysis*. (4ª ed.). SAGE Publications.
- Silva, G. P. da. (2023). *Desenho de pesquisa*. (Ed.Revisada). Enap.
- Wasserman, S., Faust, K. (1994). *Social network analysis: methods and applications*. Cambridge University Press.