



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA  
ESCOLA DE INFORMÁTICA APLICADA

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA DA APLICAÇÃO DE MÉTRICAS DE  
CENTRALIDADE NA COMUNIDADE ACADÊMICA DE LÍNGUA PORTUGUESA

Erick Marcondes do Val  
Leandro Luiz Abreu de Sá

**Orientador**  
Jefferson Elbert Simões

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL  
FEVEREIRO DE 2025

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA DA APLICAÇÃO DE MÉTRICAS DE  
CENTRALIDADE NA COMUNIDADE ACADÊMICA DE LÍNGUA PORTUGUESA

Erick Marcondes do Val  
Leandro Luiz Abreu de Sá

Projeto de Graduação apresentado à Escola de Informática Aplicada da Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO) para obtenção do título de Bacharel em Sistemas de Informação.

Aprovada por:

---

Jefferson Elbert Simões - UNIRIO

---

Pedro Nuno de Souza Moura - UNIRIO

---

Laura de Oliveira Fernandes Moraes - UNIRIO

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL  
FEVEREIRO DE 2025

Catálogo informatizada pelos autores:

V135 Val, Erick Marcondes do  
Revisão bibliográfica da aplicação de métricas de centralidade na comunidade acadêmica de língua portuguesa / Erick Marcondes do Val, Leandro Luiz de Abreu e Sá. -- Rio de Janeiro : UNIRIO, 2025.  
53 f.

Orientador: Jefferson Elbert Simões.  
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Graduação em Sistemas de Informação, 2025.

1. Revisão Bibliográfica. 2. Métricas de Centralidade. 3. Análise de Redes. I. Sá, Leandro Luiz de Abreu e II. Simões, Jefferson Elbert, orient. III. Título.

## **Agradecimentos**

Primeiramente, gostaria de agradecer aos meus pais, Cláudia e Fernando, e à minha família por sempre me apoiarem em minhas decisões e por serem a principal motivação para que eu vá sempre mais longe. À minha namorada, Yasmin, por ser a cor dos meus dias, a pessoa que sempre me arranca sorrisos e a razão de meus dias serem leves. Aos meus irmãos, Felipe, Lucas, Vitor e Wanderson, por me mostrarem o quão indispensáveis as boas pessoas são na vida.

Aos meus amigos da graduação. Leandro, André, Bruno, Cassiano, Davi, Luiz Eduardo, Rick e muitos outros, obrigado por dividirem esse ambiente comigo durante todos esses anos, a presença de vocês tornou tudo mais tangível e possível.

Aos meus amigos de longa data. Daniel, Rodrigo, David, Matheus, Ramos, Santis, Ajani, Raphael e Celes, obrigado pelo carinho e toda a amizade, não há nada melhor no mundo do que poder ter pessoas com quem contar.

Aos professores, agradeço por serem a fonte de conhecimento e experiência, por todos os aprendizados e momentos de reflexão. Em especial, gostaria de agradecer à Prof<sup>a</sup> Vânia pelo conhecimento e pela oportunidade de conhecer uma área tão interessante quanto a Análise de Redes Sociais, e também ao Prof. Jefferson por agregar seu conhecimento e experiência e por nos permitir continuar este trabalho tão desafiador em um momento de adversidades.

À minha avó, Querida, por me ensinar o que é amar e ser amado incondicionalmente, te amo.

Semper Fi

Erick Marcondes do Val

## **Agradecimentos**

Agradeço primeiramente aos meus pais, Vilma e Décio, por todo o apoio e confiança ao longo da minha graduação. Ao meu irmão, Rodrigo, por todas as caronas de volta para casa. Além deles, meu tio Weber também me ajudou muito, levando-me algumas vezes para a faculdade, inclusive para chegar ao horário nos dias de prova. Agradeço ao apoio da minha tia, Vera, que sempre acreditou na minha capacidade e, ainda que hoje more longe, sempre me incentivou a concluir a graduação.

Obrigado a todos por tornarem possível a conclusão da minha graduação, apesar dos desafios que enfrentei ao trabalhar durante mais da metade do curso, seja como estagiário ou como funcionário CLT. Agradeço a todos vocês por sempre confiarem no meu potencial e acreditarem que eu seria capaz de concluir a faculdade.

Agradeço a todos os amigos que conheci ao longo da graduação, entre eles Erick, Bruno, Andre, Cassiano, Leonardo e Antônio. Sou grato por todos os projetos que desenvolvemos em conjunto e que contribuíram para o nosso crescimento.

Aos professores, agradeço especialmente à Vânia por despertar nosso interesse em uma área específica da Ciência de Redes, a ARS (Análise de Redes Sociais), e por nos ter apoiado ao longo de PG1, sendo fundamental para que pudéssemos seguir a pesquisa e entregar um projeto que contribui com a produção de conhecimento científico. Também agradeço ao Jefferson por substituir a Vânia com perfeição e por garantir a conclusão deste trabalho, que não teria sido possível sem sua ajuda.

Por fim, agradeço ao Zeus, meu cachorro, por sempre ser um grande amigo e sempre me acompanhar nos momentos recentes mais difíceis da minha vida.

Leandro Luiz de Abreu e Sá

## RESUMO

Este estudo apresenta uma revisão bibliográfica sobre o uso de métricas de centralidade na comunidade acadêmica de língua portuguesa. As métricas de centralidade, derivadas da teoria dos grafos, são ferramentas fundamentais para a análise de redes, destacando a importância relativa dos nós com base em critérios específicos. A pesquisa analisou 40 artigos publicados entre 2011 e 2024, com foco nas metodologias e contextos em que essas métricas foram aplicadas. Os resultados indicam uma significativa heterogeneidade no uso das métricas de centralidade em diferentes domínios científicos, variando desde as ciências sociais até a engenharia. O estudo identifica tanto aplicações adequadas quanto inadequadas, destacando casos em que métricas como grau, intermediação e autovetor foram empregadas de forma eficaz, assim como situações de uso indevido devido à inconsistências metodológicas. Ao estudar essas aplicações, o trabalho propõe caminhos para o uso mais eficaz e fundamentado das métricas de centralidade, com o objetivo de apoiar tanto a pesquisa acadêmica quanto as aplicações práticas.

**Palavras-chave:** Métricas de Centralidade, Teoria dos Grafos, Análise de Redes, Revisão Bibliográfica, Comunidade Acadêmica de Língua Portuguesa.

## ABSTRACT

This study presents a review of the literature on the use of centrality metrics in the Portuguese-speaking academic community. Centrality metrics, derived from graph theory, are fundamental tools for network analysis, highlighting the relative importance of nodes based on specific criteria. The research analyzed 40 articles published between 2011 and 2024, focusing on the methodologies and contexts in which these metrics were applied. The results indicate a significant heterogeneity in the use of centrality metrics in different scientific domains, ranging from the social sciences to engineering. The study identifies both appropriate and inappropriate applications, highlighting cases where metrics such as degree, betweenness and eigenvector were used effectively, as well as situations of misuse due to methodological inconsistencies. By studying these applications, the work proposes directions for the more effective and grounded use of centrality metrics, aiming to support both academic research and practical applications.

**Keywords:** Centrality Metrics, Graph Theory, Network Analysis, Bibliographic Review, Portuguese-speaking Academic Community.

# Sumário

|          |                                                                         |           |
|----------|-------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>Introdução</b>                                                       | <b>1</b>  |
| 1.1      | Contexto . . . . .                                                      | 1         |
| 1.2      | Motivação . . . . .                                                     | 2         |
| 1.3      | Objetivo . . . . .                                                      | 2         |
| 1.4      | Próximos capítulos . . . . .                                            | 2         |
| <b>2</b> | <b>Fundamentação Teórica</b>                                            | <b>4</b>  |
| 2.1      | Conceitos gerais sobre grafos . . . . .                                 | 4         |
| 2.2      | Redes . . . . .                                                         | 6         |
| 2.3      | Métricas de centralidade de vértice de uma rede . . . . .               | 8         |
| <b>3</b> | <b>Metodologia</b>                                                      | <b>13</b> |
| 3.1      | Método de pesquisa . . . . .                                            | 13        |
| 3.2      | Catálogo dos materiais . . . . .                                        | 13        |
| 3.3      | Análise do material . . . . .                                           | 14        |
| <b>4</b> | <b>Discussão das Leituras</b>                                           | <b>18</b> |
| 4.1      | Artigos que utilizaram apenas centralidade de grau . . . . .            | 18        |
| 4.2      | Artigos que utilizam centralidade de intermediação e de proximidade . . | 21        |
| 4.2.1    | Redes sociais . . . . .                                                 | 22        |
| 4.2.2    | Redes de informação e tecnológicas . . . . .                            | 27        |
| 4.3      | Artigos que utilizaram centralidades recursivas . . . . .               | 29        |
| 4.4      | Considerações Finais . . . . .                                          | 32        |
| <b>5</b> | <b>Conclusão</b>                                                        | <b>34</b> |
| 5.1      | Epílogo . . . . .                                                       | 34        |
| 5.2      | Implicações . . . . .                                                   | 34        |
| 5.3      | Contribuições . . . . .                                                 | 35        |
| 5.4      | Limitações . . . . .                                                    | 36        |
| 5.5      | Trabalhos Futuros . . . . .                                             | 36        |
|          | <b>Referências</b>                                                      | <b>42</b> |

# Lista de Figuras

|          |                                                           |    |
|----------|-----------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 | Grafo não direcionado . . . . .                           | 4  |
| Figura 2 | Grafo direcionado . . . . .                               | 5  |
| Figura 3 | Grafo ponderado . . . . .                                 | 6  |
| Figura 4 | Exemplos de redes . . . . .                               | 7  |
| Figura 5 | Avaliação Qualis dos artigos . . . . .                    | 14 |
| Figura 6 | Quantidade de uso das centralidades nos artigos . . . . . | 15 |

# Lista de Tabelas

|          |                                |    |
|----------|--------------------------------|----|
| Tabela 1 | Catálogo dos artigos . . . . . | 17 |
|----------|--------------------------------|----|

# 1. Introdução

## 1.1 Contexto

O desenvolvimento da sociedade moderna é indiscutivelmente sustentado por uma vasta rede de interações. A Ciência de Redes, portanto, não se limita ao ambiente tecnológico, mas se estende a diversas esferas da vida cotidiana. Essas interações são essenciais nas relações sociais, como conversas e formação de grupos, nos negócios, por meio de parcerias entre empresas, e até na troca de dados entre sistemas autônomos.

Apesar de ser intrínseco à natureza humana realizar conexões, facilmente se passam despercebidas as informações que podem ser extraídas dessas relações. Por isso, através da Ciência de Redes se tem uma ferramenta para poder olhar para este conjunto de dados e obter informações tão valiosas. Separadas entre dois conjuntos fundamentais, métricas de rede e métricas de vértices, este estudo abordará um subconjunto das métricas de vértices: as métricas de centralidade, essas são fundamentais nas análises de modelagem de grafos reais, proporcionando meios de interpretar esses grafos de acordo com o contexto necessário.

Embora existam muitas métricas de centralidade, este estudo se restringe às mais utilizadas pela comunidade brasileira. Além dessas principais, há diversas variações que, apesar de relevantes, aparecem com menor frequência. Optou-se, portanto, por não expandir a análise a essas variações.

As métricas de centralidade são ferramentas que demonstram muito potencial de produção de informação para a comunidade acadêmica. Aliado ao conhecimento de redes e como elas abordam diversos tipos de relações, a produção acadêmica acaba se direcionando para o uso dessas métricas em diversas áreas de conhecimento, uma vez que basta ser possível construir uma rede para utilizá-las.

## **1.2 Motivação**

A ampla variedade de aplicações das métricas de centralidade encontrada na literatura, sejam elas para o estudo de redes sociais construídas por usuários ou redes de colaboração entre autores em publicações científicas, destaca sua flexibilidade e potencial. No entanto, a falta de uma discussão mais aprofundada sobre os usos específicos dessas métricas pode dificultar uma compreensão mais abrangente da ferramenta e limitar as conclusões obtidas em sua aplicação. Promover esse debate pode contribuir para um uso mais eficaz e fundamentado.

A partir deste ponto de reflexão, decidiu-se realizar uma revisão bibliográfica para estudar como as produções acadêmicas utilizam tais métricas e de qual maneira o presente estudo poderia agregar ao cenário acadêmico brasileiro. Dessa forma, a maior motivação deste estudo é conseguir observar a forma como os autores utilizam as centralidades e de que forma a aplicação delas poderia ser mais impactante para suas produções.

## **1.3 Objetivo**

No contexto atual da produção acadêmica brasileira, a aplicabilidade das métricas de centralidade se mostrou muito heterogênea. O uso desta ferramenta pode ser observado em contextos de gestão de saúde pública até cadeias de logística de produtos. Dessa forma, o principal objetivo deste estudo é construir uma revisão bibliográfica sobre o uso das métricas de centralidade e, em paralelo, fornecer uma fonte para eventuais consultas de dúvidas para as aplicações das métricas e abrir espaço para eventuais debates sobre a aplicação das mesmas.

Nota-se que o uso adequado ou inadequado das métricas de centralidade parte do contexto analisado pelo estudo. Portanto, esta revisão bibliográfica visa abordar esses contextos quando adequados ou não e, eventualmente, revisitar o contexto estudado de outras formas mais adequadas.

## **1.4 Próximos capítulos**

Ao decorrer deste estudo, durante o Capítulo 2 serão apresentados os conceitos teóricos necessários para a compreensão deste estudo e dos materiais abordados. Para o Capítulo 3 será abordado o método de pesquisa utilizado por esta revisão, assim como uma breve

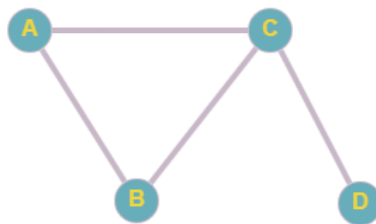
discussão sobre o uso ideal das métricas de centralidade. Durante o Capítulo 4 é discutido as leituras críticas feitos sobre o conjunto de artigos selecionados, assim como o debate levantado por essas leituras. Por fim, o Capítulo 5 traz as conclusões deste estudo.

## 2. Fundamentação Teórica

Neste capítulo, serão apresentados conceitos teóricos necessários para a compreensão deste trabalho. Dentre estes conceitos, serão definidos os grafos e as métricas utilizadas em análises de redes. O conteúdo está organizado da seguinte forma: a Seção 2.1 detalha as definições e conceitos de teoria dos grafos. Na Seção 2.2, é apresentada a definição de uma rede e classificações existentes para elas. Por fim, a Seção 2.3 apresenta as métricas de centralidade encontradas nos estudos selecionados para a análise deste trabalho.

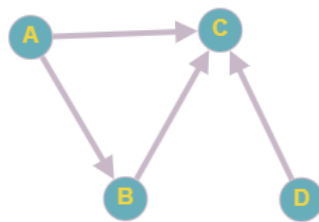
### 2.1 Conceitos gerais sobre grafos

Um grafo é um conjunto finito e não vazio  $V(G)$  de elementos chamados *vértices*, também chamado de *nós*, e um conjunto finito  $E(G)$  de *pares*, os quais podem ser conjuntos (quando a ordem dos vértices não importa) ou pares ordenados (quando a ordem importa), de elementos distintos de  $V(G)$ , chamados *arestas*. O grafo pode ser direcionado, em que as arestas têm uma direção específica de um vértice para outro, ou não direcionados, onde as arestas não têm direção e simplesmente indicam uma conexão entre dois vértices, sem uma orientação específica. Um grafo não direcionado está representado na Figura 1, no qual  $V(G) = \{A, B, C, D\}$  e  $E(G) = \{\{A, B\}, \{A, C\}, \{B, C\}, \{C, D\}\}$ .



**Figura 1:** Grafo não direcionado

Um grafo *direcionado* (ou dígrafo), as arestas possuem uma direção, ou seja, elas conectam um vértice a outro em um sentido específico. Por exemplo, uma aresta de A para B, representada pelo par ordenado (A,B), indica que há uma relação de A para B, mas não necessariamente de B para A (a menos que exista outra aresta de B para A). Em contraste, um grafo *não direcionado* tem arestas sem direção, conectando os vértices de maneira mútua. Nesse caso, uma aresta entre A e B, representada como {A,B}, implica que A e B estão conectados de forma bidirecional. Um exemplo de grafo direcionado é apresentado pela Figura 2, no qual  $V(G) = \{A, B, C, D\}$  e  $E(G) = \{(A, B), (A, C), (B, C), (D, C)\}$ .



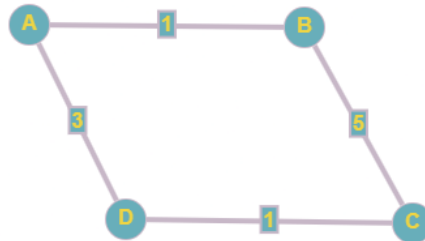
**Figura 2:** Grafo direcionado

O *grau* (*degree*) em um grafo se refere ao número de arestas incidentes (ligadas) a um vértice. Para representar o grau de um nó  $v$ , será utilizada a notação  $\deg(v)$ . Em um grafo direcionado, o grau de um vértice pode ser dividido em grau de entrada (número de arestas que entram no vértice) e grau de saída (número de arestas que saem do vértice).

O *caminho* em um grafo de um vértice  $v$  até um vértice  $u$  é uma sequência de vértices  $(v_0, v_1, \dots, v_k)$  tal que  $v_0 = v$  e  $v_k = u$ , e cada par consecutivo de vértices na sequência é conectado por uma aresta. Se todos os vértices do caminho forem distintos, o caminho é chamado de *caminho simples*. O *comprimento* de um caminho é o número de arestas percorridas ao longo dele. Quando um caminho entre dois vértices  $v$  e  $u$  possui o menor comprimento possível, ele é chamado de *caminho mínimo*. A *distância* em um grafo é o comprimento do caminho mínimo entre  $v$  e  $u$ , ou seja, o número mínimo de arestas percorridas para ir de  $v$  a  $u$ . Para representar a distância de um vértice  $v$  até um vértice  $u$ , será utilizada a notação  $d(v, u)$ . Se não existir um caminho entre  $v$  e  $u$ , define-se  $d(v, u) = \infty$ .

Em um *grafo ponderado* cada aresta é associada a um valor numérico, denominado peso, que pode representar diferentes métricas, como distância, custo ou tempo. Essa característica torna os grafos ponderados amplamente utilizados em problemas de otimização combinatória, como o cálculo de rotas mais curtas em redes de transporte (algoritmo de Dijkstra), fluxos de rede e alocação eficiente de recursos. Além disso, a

análise de *grafos ponderados* é fundamental em áreas como bioinformática, engenharia de redes e inteligência artificial, contribuindo para a modelagem e solução de problemas complexos por meio de algoritmos específicos que consideram os pesos das conexões. Um exemplo de grafo ponderado está na Figura 3, no qual  $V(G) = \{A, B, C, D\}$  e  $E(G) = \{\{A, B\}, \{A, D\}, \{B, C\}, \{C, D\}\}$ .



**Figura 3:** Grafo ponderado

A representação matricial de grafos é uma das formas mais utilizadas para armazenar e manipular grafos em computação, especialmente em aplicações que envolvem cálculos eficientes sobre suas propriedades. Dentre as principais abordagens, destacam-se a *matriz de adjacência* e a *matriz de incidência*.

A *matriz de adjacência* é uma matriz quadrada  $A$  de ordem  $n$ , em que  $n$  é o número de vértices do grafo, e cada elemento  $A[i][j]$  indica a existência e, no caso de grafos ponderados, o peso da aresta entre os vértices  $i$  e  $j$ . Em *grafos ponderados*, a *matriz de adjacência* permite a aplicação de algoritmos como *Dijkstra* e *Floyd-Warshall* para o cálculo de caminhos mínimos. Já a *matriz de incidência* relaciona vértices e arestas, sendo útil para determinadas análises estruturais, como a de fluxo em redes.

## 2.2 Redes

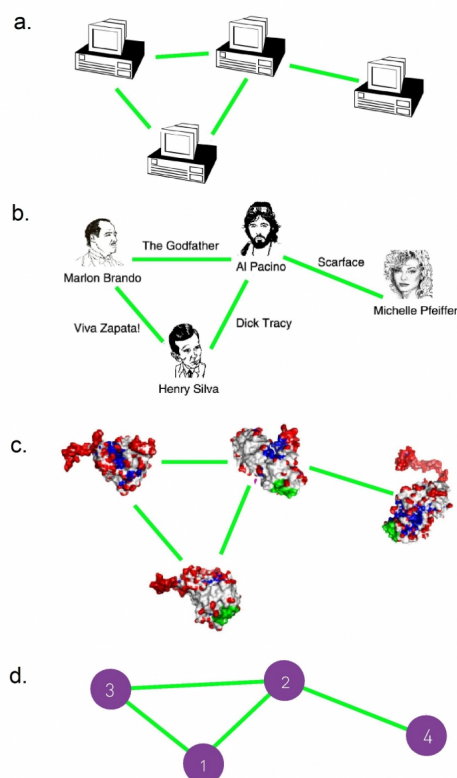
Uma rede é representada por um grafo composto por um conjunto de vértices (ou nós) e um conjunto de arestas (ou arcos) que conectam esses vértices. As arestas indicam algum tipo de relação entre dois vértices, definida conforme o problema modelado. São comumente utilizadas para modelar sistemas complexos e interconectados, visualizar e entender estruturas de dados ou analisar padrões de relacionamento entre elementos.

A partir deste conceito, é possível classificar a rede em: social, informação, tecnológica ou biológica. Na literatura, o número de classificações é ainda maior, porém, para o conjunto de estudos selecionados para este trabalho, serão consideradas apenas

esses tipos de rede apresentados.

Redes sociais são um tipo específico de rede onde os nós representam indivíduos ou grupos, e as arestas representam relações sociais, como no caso da rede social *Facebook*. Na Figura 4, é apresentada uma rede social de atores de *Hollywood* localizada no item (b), na qual os vértices representam esses atores. Redes de informação são redes onde os nós representam fontes de informação e as arestas representam relações entre essas fontes, como as redes de coautoria de artigos.

Redes tecnológicas são representações matemáticas de sistemas formados por componentes tecnológicos interconectados, como redes de circuitos elétricos ou redes de computadores. Na Figura 4, é apresentada a rede tecnológica *internet* no item (a), na qual os vértices representam roteadores (computadores especializados). Por fim, redes biológicas representam sistemas biológicos complexos, no qual os nós representam as entidades biológicas e as suas interações são as arestas, como redes neurais. Na Figura 4, é apresentada uma rede biológica de interação proteína-proteína no item (c), na qual os vértices representam as proteínas.



**Figura 4:** Exemplos de redes

Fonte: Barabási e Pósfai (2016)

## 2.3 Métricas de centralidade de vértice de uma rede

Neste tópico, serão apresentadas as métricas de centralidade de vértice aplicadas ao contexto de redes. Essas métricas são medidas que quantificam a importância de um vértice dentro de uma rede a partir de uma função numérica de  $V(G)$ .

É fundamental ressaltar que cada métrica de centralidade é desenvolvida com uma motivação específica para definir a importância de um vértice em uma rede. Consequentemente, cada métrica possui uma formulação distinta, e a escolha da métrica ou das métricas mais adequadas para uma análise depende do alinhamento entre a estrutura da rede em estudo e os objetivos da investigação.

A métrica de centralidade de grau em redes, apresentada por Freeman (1979), é uma medida que avalia a importância relativa de um nó com base no número de conexões que ele possui. Basicamente, um nó com um alto grau de centralidade é aquele que tem muitas arestas conectadas a ele. Para um nó  $v$ , a centralidade de grau é dada pela Equação 2.1.

$$C_D(v) = \frac{\deg(v)}{n - 1}$$

**Equação 2.1:** Centralidade de grau

em que  $\deg(v)$  é o grau do nó  $v$ ;  $n$  é o número total de vértices da rede.

Em uma rede social como o *Facebook*, a centralidade de grau pode indicar usuários com muitos amigos/conexões. Em sistemas de metrô, esta métrica pode indicar as estações mais movimentadas. Como as redes são representadas por grafos direcionados, também existe uma variação dentro dessa métrica que é o grau de entrada e o grau de saída. O grau de entrada se refere ao número de arestas que chegam a um nó em uma rede direcionada. Já o grau de saída indica o número de arestas que saem de um nó em uma rede direcionada.

A centralidade de proximidade em redes, apresentada por Freeman (1979), é uma medida que avalia a importância de um nó com base na sua distância média para todos os outros nós na rede. Em outras palavras, um nó com alta centralidade de proximidade é aquele que está mais próximo de todos os outros nós na rede. Essa métrica leva em consideração a distância entre um nó e todos os outros nós. Nós com centralidade de proximidade mais alta têm distâncias médias menores para os demais nós na rede.

A centralidade de proximidade é útil para identificar nós que são eficientes em termos de comunicação ou influência, pois são capazes de se comunicar ou transmitir informações

para outros nós com rapidez e eficácia. Essa medida é relevante em redes onde a eficiência de comunicação é uma consideração importante, como redes sociais ou sistemas de transporte. Em uma rede de sensores, essa métrica pode identificar sensores com acesso rápido a outros dispositivos em redes *IoT* (Internet das Coisas). Para um nó  $v$ , a centralidade de proximidade é dada pela Equação 2.2.

$$C_C(v) = \frac{1}{\sum_{u \in V} d(v, u)}$$

**Equação 2.2:** Centralidade de proximidade

em que  $d(v, u)$  é a distância entre os nós  $v$  e  $u$ ;  $V$  é o conjunto de todos os nós na rede.

A centralidade de intermediação, apresentada por Freeman (1977), é uma medida que avalia a importância de um nó com base na sua posição intermediária em caminhos mínimos entre outros pares de nós na rede, ou seja, um nó com alta centralidade de intermediação atua como uma ponte ou intermediário entre diferentes partes da rede. Essa métrica leva em consideração o número de vezes que um nó está no caminho mínimo entre outros pares de nós. Se um nó é frequentemente encontrado nesses caminhos mínimos, ele é considerado central em termos de intermediação. A centralidade de intermediação é crucial para identificar vértices que desempenham papéis-chave na comunicação ou fluxo de informações dentro de uma rede.

Em redes sociais, um nó com alta centralidade de intermediação pode atuar como um indivíduo que conecta grupos separados, facilitando a disseminação de informações entre eles. Em termos de infraestrutura de rede, um nó com alta centralidade de intermediação é crucial para o fluxo eficiente de tráfego. Em uma rede de logística, pode ajudar a encontrar os hubs mais importantes para a distribuição de mercadorias em uma cadeia de suprimentos. Para um nó  $v$ , a centralidade de intermediação é dada pela Equação 2.3.

$$C_B(v) = \sum_{s \neq v \neq t} \frac{\sigma_{st}(v)}{\sigma_{st}}$$

**Equação 2.3:** Centralidade de intermediação

em que  $\sigma_{st}$  é o número total de caminhos mínimos entre os nós  $s$  e  $t$ ;  $\sigma_{st}(v)$  é o número de caminhos mínimos entre  $s$  e  $t$  que passam pelo nó  $v$ ; a soma é realizada sobre todos os pares de nós  $s$  e  $t$  diferentes de  $v$ .

A centralidade de autovetor, apresentada por Bonacich (1987), é uma métrica em redes que avalia a importância de um nó com base na sua conexão com outros nós importantes na rede. Em termos simples, um nó tem alta centralidade de autovetor se estiver conectado a outros nós que também são considerados importantes.

O cálculo da centralidade de autovetor envolve atribuir pontuações aos nós de uma rede, de modo que a pontuação de um nó seja proporcional à soma das pontuações dos nós aos quais ele está conectado. Esse processo é iterativo e leva em conta a qualidade das conexões, não apenas a quantidade. Nós com alta centralidade de autovetor estão associados a uma importância global na rede, pois estão conectados a outros nós que também são considerados importantes. Essa métrica é utilizada para identificar nós que têm influência não apenas pela quantidade de conexões, mas pela qualidade das conexões que possuem na rede, como na busca por pessoas influentes em uma rede social. A centralidade de autovetor para um nó  $v$  é definida como a solução para o sistema de equações representado na Equação 2.4.

$$C_E(v) = \frac{1}{\lambda} \sum_{u \in V} A_{vu} C_E(u)$$

**Equação 2.4:** Centralidade de autovetor

em que  $\lambda$  é o maior autovalor da matriz de adjacência  $A$ ;  $A_{vu}$  é o elemento da matriz de adjacência que é 1 se houver uma aresta entre  $v$  e  $u$ , e 0 caso contrário.

A centralidade de autovetor é geralmente normalizada para que a soma dos quadrados das centralidades seja 1. A iteração desse sistema é realizada até que os valores de centralidade converjam. Outra abordagem para calcular a centralidade de autovetor utiliza a inversão de matriz, que resolve diretamente o sistema linear associado. No entanto, a inversão de matriz apresenta um custo computacional mais alto e menor eficiência em redes grandes. Em contraste, o método iterativo oferece melhor escalabilidade e funciona de forma mais adequada para grandes conjuntos de dados, pois aproxima progressivamente o vetor próprio dominante.

O *PageRank*, apresentado por Brin e Page (1998), é uma métrica de centralidade em redes. Essa métrica considera tanto a quantidade quanto a qualidade das conexões de um nó em uma rede. O *PageRank* é usado para classificar páginas da web nos resultados de pesquisa, mas sua aplicação não se limita à web e pode ser adaptada para avaliar a importância de nós em diversas redes, como redes sociais e sistemas de informação. Páginas (ou nós) com pontuações de *PageRank* mais altas são consideradas mais centrais

ou importantes na rede. O *Google*, um dos principais motores de busca, utiliza essa métrica para classificar páginas da web com base na relevância dos links que apontam para elas. O *PageRank* de um nó  $v$  é calculado iterativamente usando a Equação 2.5.

$$PR(v) = \frac{1 - d}{N} + d \sum_{u \in M(v)} \frac{PR(u)}{\deg^+(u)}$$

**Equação 2.5:** *PageRank*

em que  $d$  é o fator de amortecimento, também chamado de *damping factor*, geralmente definido como 0,85;  $N$  é o número total de nós na rede;  $M(v)$  é o conjunto de nós que apontam para  $v$ ;  $\deg^+$  é o grau de saída do nó  $u$  (número de arestas que saem de  $u$ ).

Tanto no caso da centralidade de autovetor quanto no *PageRank*, o processo é recursivo no sentido de que o valor de centralidade de cada nó depende dos valores de seus vizinhos (no caso da centralidade de autovetor) ou predecessores (no caso do *PageRank*). Isso leva a um processo iterativo de refinamento de valores até que todos os valores de centralidade se estabilizem (ou converjam), o que pode ser alcançado por técnicas como iteração de potência ou métodos de resolução de sistemas lineares. Por isso, o custo computacional para calcular métricas de centralidade com formulação recursiva tende a ser maior do que o das outras métricas.

Além das métricas de centralidade citadas acima, temos outras métricas menos populares. A centralidade de Bonacich, apresentada por Bonacich (1972), é uma métrica utilizada em análise de redes sociais que avalia a importância de um nó com base nas conexões diretas e indiretas com outros nós, ponderando a influência desses nós na rede. A fórmula básica para calcular essa centralidade considera o somatório da centralidade dos nós vizinhos ponderada pelos pesos das arestas entre os nós. A principal diferença da centralidade de Bonacich para as outras centralidades recursivas é que ela pode ser ajustada por um fator de decaimento  $\beta$  que permite controlar a intensidade da influência dos nós distantes.

A centralidade de proximidade harmônica (*harmonic closeness*), apresentada por Marchiori e Latora (2000), é uma variação da centralidade de proximidade tradicional, projetada para lidar com redes desconectadas ou com nós isolados, a centralidade harmônica ajusta essa medida, atribuindo um peso maior aos nós mais próximos e permitindo que a métrica seja bem definida mesmo em redes fragmentadas.

A centralidade de aproximação temporal (*temporal closeness centrality*), apresentada por Pan e Saramäki (2011), é uma medida adaptada para redes sociais dinâmicas,

onde as conexões entre os nós mudam ao longo do tempo. Em vez de medir a proximidade geodésica estática (com base nas distâncias de arestas fixas), a centralidade de aproximação temporal considera o tempo necessário para um nó atingir outros nós na rede, levando em conta as mudanças temporais nas conexões.

A centralidade de intermediação temporal (*temporal betweenness centrality*), apresentada por Holme e Saramäki (2012), é uma extensão da centralidade de intermediação (*betweenness centrality*) para redes temporais, onde a conectividade entre os nós pode variar ao longo do tempo. Em redes sociais temporais, a centralidade de intermediação temporal mede o número de vezes que um nó age como intermediário ao longo do caminho mínimo entre outros dois nós, levando em consideração as dinâmicas temporais das conexões.

A centralidade de grau ponderado, apresentada por Opsahl et al. (2010), é uma medida de centralidade que considera não apenas o número de conexões de um nó, mas também o peso dessas conexões. Em redes sociais, as conexões entre os nós podem ter diferentes intensidades ou importâncias, representadas por pesos nas arestas.

## **3. Metodologia**

Neste capítulo, serão abordados os métodos utilizados para a realização da pesquisa. Assim, serão definidos a pesquisa, catalogação e análise dos materiais estudados. O conteúdo deste capítulo será organizado em: A Seção 3.1 detalha o método de pesquisa para selecionar os artigos. Na Seção 3.2 é detalhado o processo de catalogação dos materiais obtidos. Por fim, Seção 3.3 explica como o material foi analisado.

### **3.1 Método de pesquisa**

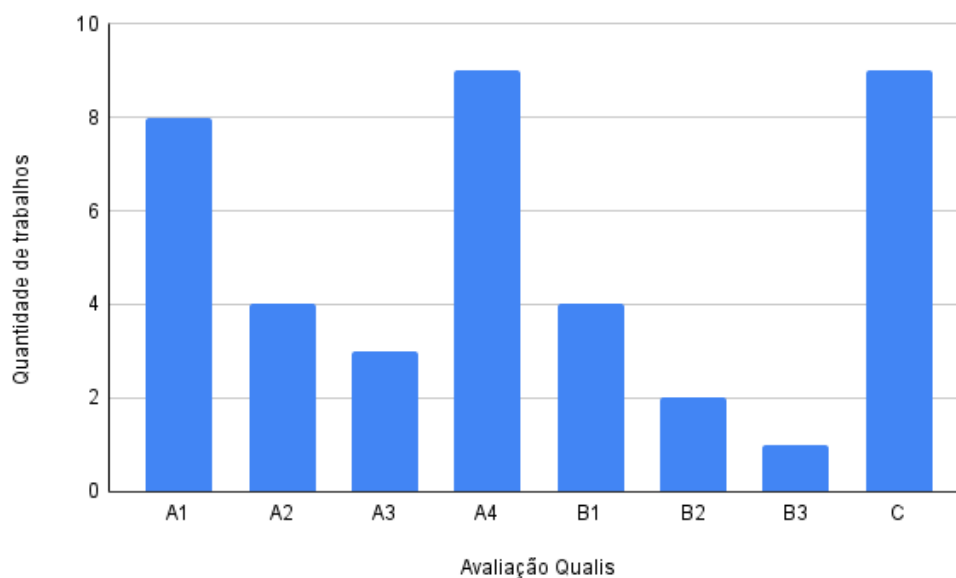
Durante o início do trabalho foram definidos duas fontes para a obtenção dos artigos que posteriormente seriam analisados, estas ferramentas são o Portal de Periódicos da CAPES e o Google Scholar. Essas fontes retornaram, respectivamente, trinta e quatro e seis artigos como resultado. Para realizar a busca dos trabalhos estudados foi utilizada a string de busca “*métricas de centralidade*” e o filtro por período de “*2011 até o presente*”, sendo o “presente” até o ano de produção deste estudo em Setembro de 2024. A partir destas restrições foram produzidos em resultados os quarenta artigos utilizados no decorrer do estudo. Durante a pesquisa por esses materiais não foram impostas restrições para a composição do material estudado, entretanto, foram selecionados apenas artigos em que a língua principal do artigo fosse Português.

### **3.2 Catalogação dos materiais**

Em um primeiro momento, para a catalogação dos materiais obtidos com a string de busca, foi idealizada uma planilha no *software* online *Google Spreadsheets* contendo informações básicas sobre cada trabalho, estas são: Nome do artigo; Autores; Ano de publicação; Classificação da rede; Métricas de centralidade utilizadas. Tais informações

foram utilizadas com o contexto de organizar o material estudado e posteriormente foram utilizadas para a formalização de informações quantitativas sobre a população de artigos. Além disso, neste primeiro momento também foram realizadas as primeiras leituras do material selecionado para garantir que os mesmos atendiam ao contexto do presente estudo.

Posteriormente, observando o corpo de artigos selecionados foi possível extrair algumas informações úteis, no que diz respeito ao Qualis dos locais de publicação foi construído um gráfico sobre as avaliações agrupadas por nota (Figura 5), assim como também foi construído um gráfico para cada métrica de centralidade de grau utilizada nos artigos (Figura 6). Tais informações são úteis posteriormente para observar um paralelo entre quais foram as métricas de centralidades mais utilizadas e como cada uma delas foi utilizada, além de também construir um panorama de frequência entre as métricas comumente escolhidas pelos autores.

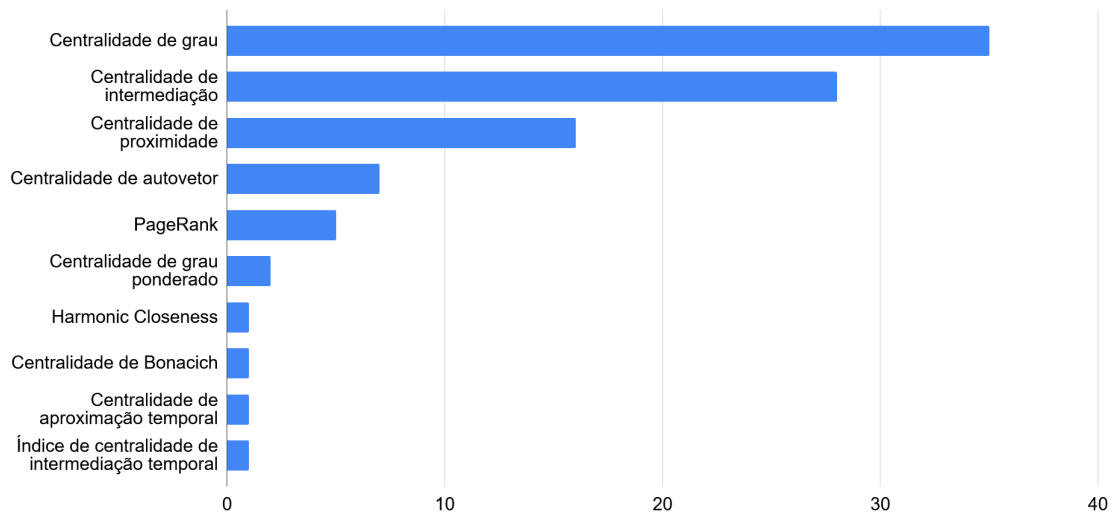


**Figura 5:** Avaliação Qualis dos artigos

### 3.3 Análise do material

Posteriormente à catalogação do material se deu a fase de análise crítica. Neste momento foram feitas novas leituras dividindo a população de artigos entre os dois autores desta revisão, a divisão foi feita com base na quantidade de redes por sua classificação, com o objetivo de analisar e ponderar como os artigos selecionados fizeram uso das métricas de centralidade abordadas no capítulo de fundamentação teórica. Para isso,

foram observados o contexto de estudo de cada artigo, as metodologias utilizadas e o uso das métricas propriamente ditas. Durante essa abordagem dos artigos, foram observados pontos como: quais as centralidades utilizadas, justificativas para o uso das centralidades e em qual contexto as centralidades foram utilizadas.



**Figura 6:** Quantidade de uso das centralidades nos artigos

Além disso, foram feitos os seguintes questionamentos:

- As centralidades foram utilizadas de maneira adequada?
- Qual a justificativa para se considerar um uso correto ou não?
- Caso o uso tenha sido correto, existe algum ponto de melhora a ser debatido?
- Caso o uso não tenha sido correto, quais os pontos de correção?

Por meio dessa análise mais objetiva dos usos das centralidades, foi possível identificar pontos de convergência entre bons e maus usos, além de possíveis tendências. Outro aspecto observado foi a recorrente falta de justificativa em muitos artigos sobre a escolha de determinada centralidade, o que pode se tornar um ponto de questionamento. A Tabela 1<sup>1</sup> apresenta a avaliação qualis, os locais de publicação e as áreas de conhecimento dos artigos.

<sup>1</sup>Pasta do Google Drive com essa tabela e outras informações: <[https://drive.google.com/drive/folders/1lqmFlszRCQPzhiOv7nwotdakJw\\_oJ3z](https://drive.google.com/drive/folders/1lqmFlszRCQPzhiOv7nwotdakJw_oJ3z)>

| <b>Ref.</b>         | <b>Ano</b> | <b>Periódico / anais de conferência</b>                       | <b>Área de conhecimento</b> | <b>Qualis</b> |
|---------------------|------------|---------------------------------------------------------------|-----------------------------|---------------|
| Costa et al.        | 2015       | Cadernos Saúde Coletiva                                       | Ciências da Saúde           | B1            |
| Farina et al.       | 2013       | Revista Alcance                                               | Administração               | A4            |
| Costa et al.        | 2018       | Cadernos Saúde Coletiva                                       | Ciências da Saúde           | B1            |
| Barbastefano et al. | 2015       | Revista TransInformação                                       | Ciências Sociais Aplicadas  | A1            |
| Cezar et al.        | 2018       | Redes, Revista Hispana para el Análisis de Redes Sociales     | Ciência da Computação       | A4            |
| Köhler et al.       | 2021       | RBTUR (Revista Brasileira de Pesquisa em Turismo)             | Turismo                     | A3            |
| Fonseca et al.      | 2018       | Revista Ciência & Saúde Coletiva                              | Ciências da Saúde           | A1            |
| Santos et al.       | 2019       | Revista Produção Online                                       | Engenharias III             | B2            |
| Júnior et al.       | 2018       | Revista GUAL                                                  | Educação                    | A4            |
| Silva et al.        | 2016       | V Congresso Brasileiro de Informática na Educação (CBIE 2016) | Ciência da Computação       | B3            |
| Köhler et al.       | 2021       | Revista Rosa dos Ventos - Turismo e Hospitalidade             | Turismo                     | B1            |
| Valongo et al.      | 2017       | Revista Portuguesa de Ciências do Desporto                    | Educação Física             | B1            |
| Raimundo et al.     | 2022       | Mediações - Revista de Ciências Sociais                       | Ciência Política            | A4            |
| Mondelli et al.     | 2019       | iSys - Revista Brasileira de Sistemas de Informação           | Ciência da Computação       | B2            |
| Biazi et al.        | 2019       | Texto Livre: Linguagem e Tecnologia, vol. 12                  | Letras                      | A1            |
| Pereira et al.      | 2016       | Revista Brasileira De Gestão E Desenvolvimento Regional       | Ciências Sociais            | A1            |
| Barboza et al.      | 2016       | Revista de Administração da UNIMEP                            | Administração               | A4            |
| Bordin et al.       | 2014       | Revista Perspectivas em Ciência da Informação                 | Ciência da Informação       | A2            |
| Macohin             | 2019       | Revista CNJ                                                   | Direito                     | C             |
| Faria et al.        | 2018       | Revista Brasileira de Segurança Pública                       | Segurança Pública           | A3            |
| Silva et al.        | 2023       | Brazilian Journal of Development                              | Interdisciplinar            | C             |
| Morais et al.       | 2022       | Brazilian Journal of Development                              | Interdisciplinar            | C             |

| <b>Ref.</b>       | <b>Ano</b> | <b>Periódico / anais de conferência</b>                                | <b>Área de conhecimento</b>         | <b>Qualis</b> |
|-------------------|------------|------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|---------------|
| Bez et al.        | 2012       | Revista Perspectivas Contemporâneas                                    | Administração Pública e de Empresas | B1            |
| Moresi et al.     | 2022       | ETD - Educação Temática Digital                                        | Educação                            | A1            |
| Nascimento et al. | 2017       | VIII Encontro Científico de Física Aplicada                            | Física                              | C             |
| Santos et al.     | 2023       | Revista Brasileira de Geografia Econômica                              | Geografia                           | A2            |
| Júnior et al.     | 2016       | Revista de Administração da UNIMEP                                     | Administração                       | A4            |
| Clemente et al.   | 2017       | Revista Brasileira de Educação Física e Esporte                        | Educação Física                     | B2            |
| Nascimento et al. | 2018       | Revista Mundi Engenharia, Tecnologia e Gestão                          | Interdisciplinar                    | B3            |
| Malere et al.     | 2016       | Revista Transportes                                                    | Engenharias I                       | A4            |
| Andrade et al.    | 2022       | Revista Eletrônica de Comunicação, Informação e Inovação em Saúde      | Interdisciplinar                    | A3            |
| Santos et al.     | 2022       | Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science | Ciências Ambientais                 | A4            |
| Garcia et al.     | 2019       | Revista Em Questão                                                     | Comunicação e Informação            | A2            |
| Akim et al.       | 2015       | Revista de Administração Pública                                       | Administração Pública e de Empresas | A2            |
| Rocha et al.      | 2020       | Revista Brasileira de Educação Especial                                | Educação                            | A1            |
| Silva et al.      | 2017       | XLIX Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional                       | Engenharia de Produção              | A4            |
| Recuero           | 2014       | VIII Simpósio Nacional da ABCiber                                      | Interdisciplinar                    | C             |
| Souza et al.      | 2012       | Revista Química Nova                                                   | Química                             | A4            |
| Costa et al.      | 2021       | Ciência & Saúde Coletiva                                               | Saúde Coletiva                      | A1            |
| Santos et al.     | 2016       | Revista Perspectivas Contemporâneas                                    | Administração Pública e de Empresas | B1            |

**Tabela 1:** Catálogo dos artigos

## 4. Discussão das Leituras

Neste capítulo, é apresentado o processo da análise crítica dos artigos selecionados para este trabalho. Na Seção 4.1 são apresentados os artigos que utilizaram apenas centralidade de grau como métrica de centralidade para a obtenção de resultados a partir da modelagem realizada. A Seção 4.2 traz os artigos que fizeram uso da centralidade de intermediação e/ou centralidade de proximidade. Na Seção 4.3 analisa os artigos que fizeram uso da centralidade de autovetor e/ou *PageRank*. Por fim, a Seção 4.4 conclui este capítulo com algumas considerações finais. Como já citado anteriormente, a natureza dos artigos é bem heterogênea. Então, é importante destacar que o objetivo do trabalho não é restringir a liberdade criativa dos autores na modelagem e aplicação das métricas, mas sim garantir que o uso dessa ferramenta esteja adequado à situação apresentada pelo(s) autor(es).

### 4.1 Artigos que utilizaram apenas centralidade de grau

Primeiramente, Júnior et al. (2018) trazem um contexto de análise de uma rede de mudanças de curso entre as habilitações em engenharia na UnB (Universidade de Brasília). Essa mudança de curso acontece apenas para estudantes que já tenham vínculo com a UnB e estejam regularmente matriculados nesta instituição de ensino para que estejam aptos a participar deste processo interno. Nesta rede, os vértices representam os cursos de engenharia na Universidade de Brasília e as arestas representam o processo de transferência interna dentro das engenharias por parte dos estudantes.

Ainda que a centralidade de grau seja considerada uma métrica simples, tanto na informação que é possível obter com ela quanto na complexidade para calcular essa métrica, o contexto desse artigo foi entender como acontecia o fluxo de saída e de entrada das engenharias desta universidade. Para este caso, a escolha foi adequada, já que o objetivo principal para usar uma métrica de centralidade foi para obter as engenharias

que mais recebem alunos provenientes das outras engenharias e quais engenharias mais perdem alunos para as demais. Com isso, a centralidade de grau num grafo direcionado traz tanto a informação de grau de entrada quanto de grau de saída para que seja possível saber exatamente como se deu este fluxo de mudanças de curso neste contexto.

Ao analisar o uso da(s) métrica(s), sempre é necessário não olhar apenas para a adequação da métrica, mas também entender se o contexto trazido pelo(s) autor(es) não impossibilitou que ele trouxesse uma métrica mais apropriada pela dificuldade de calcular esta ferramenta nessa situação. Métricas como *PageRank* e *centralidade de autovetor* podem estar nesta circunstância a depender da quantidade de vértices e arestas da rede modelada, o que inviabiliza sua aplicação nessa situação.

Bez et al. (2011) também utilizam apenas a centralidade de grau. Um adendo nesta métrica, pois os autores citam ela por grau de centralidade, o que é incorreto, pois grau de centralidade sugere erroneamente que a centralidade tem um grau, o que não faz sentido matematicamente. O termo correto é “centralidade de grau” porque indica um tipo de centralidade baseada no grau do nó. O objetivo dos autores foi analisar as relações entre colaboradores da UNISUL por meio da técnica de ARS (Análise de Redes Sociais). A rede é formada pela colaboração por meio de e-mails da UNISUL, na qual os vértices representam os colaboradores da organização e as arestas representam os envios de e-mail entre os colaboradores. Embora a modelagem e cálculo da centralidade de grau tenham sido feitos corretamente, o uso dessa métrica não foi adequado.

Seguindo essa ideia, percebe-se que deveriam ter sido escolhidas as métricas de centralidade de proximidade e de intermediação para embasar a conclusão apresentada pelos autores, especialmente devido às afirmações que fazem sobre o fluxo de informação na rede e sobre os atores que sustentam a comunicação entre grupos fortemente conectados. Ao analisar a figura gerada pelo *software* NetDraw, que exibe diversos atores com diferentes funções dentro da rede, observa-se que o programa utilizou outras centralidades além da centralidade de grau, o que enfraquece ainda mais a forma como o artigo apresentou os resultados.

Nascimento et al. (2017), assim como os outros estudos apresentados, selecionaram apenas a centralidade de grau para embasar a sua pesquisa. A rede deste estudo é uma rede semântica baseada nas palavras-chave pertencentes aos trabalhos publicados no CBECiMat de 2010, na qual os vértices são as palavras-chave e as arestas as conexões entre essas palavras. A questão é que, mais parecido com o caso anterior, a centralidade de grau é utilizada para encontrar os atores mais importantes da rede embora essa métrica seja superficial para este objetivo. Um nó possuir muitas arestas numa rede não significa,

necessariamente, que ele é indispensável para a rede.

O principal problema deste artigo, como já citado, é que em dado momento ele afirma que se os nós com maior centralidade de grau fossem retirados da rede, ela se dividiria em um grande número de componentes, o que não é verdade. Uma rede se divide em vários componentes quando nós com alto valor de centralidade de intermediação são retirados. Por estes motivos, o uso da métrica foi inadequado.

Clemente et al. (2017) analisam uma rede de passes entre jogadores da seleção brasileira na Copa do Mundo de 2014. Nesta rede, os vértices representam os jogadores e as arestas representam os passes realizados entre esses jogadores. Apesar de focar mais em métricas de rede, utiliza o que classifica por “grau de centralidade” e “grau de prestígio”. A primeira nada mais é do que a centralidade de grau de saída e a segunda a centralidade de grau de entrada. A seleção dessas métricas buscou entender outro ponto de vista sobre a circulação de passes e quais posições táticas do futebol foram mais centrais dentro dos jogos.

Apesar da escolha da métrica ser adequada ao contexto, poderia ter aprofundado mais com métricas como a centralidade de intermediação para entender quais posições táticas fizeram esse papel de intermediação nesta rede. Não só isso, mas usar uma centralidade de autovetor permitiria entender uma posição de importância relativa aos vizinhos da posição tática a fim de obter um estudo ainda mais aprofundado.

Santos et al. (2022) utilizam a centralidade de grau para encontrar palavras-chave centrais no contexto de produção científica pós Rio+20. Neste estudo, os autores analisam uma rede semântica de *hashtags* relacionadas à saúde, especificamente sobre a COVID-19 no *Facebook*, na qual os vértices são as *hashtags* e as arestas representam a conexão entre *hashtags* que foram registradas em uma mesma postagem. Embora o uso tenha sido correto, os autores não apresentaram os cálculos e resultados obtidos por essa métrica. Por este motivo, faltaram dados que poderiam trazer outra visão sobre ser realmente adequado ou não a escolha de centralidade de grau para este contexto.

Garcia e Matias (2019) selecionam a centralidade de grau para examinar uma rede de relações entre institutos federais de educação e as universidades públicas do sul do Brasil, na qual os vértices representam as instituições de ensino superiores e as arestas representam as menções web entre essas instituições. Embora o uso da métrica esteja adequado ao contexto apresentado, recomenda-se o uso de outras centralidades como as que visam também a importância dos nós vizinhos. Um exemplo de métrica com esta característica é a centralidade de autovetor.

Akim e Mergulhão (2015) buscam observar a produção intelectual sobre a medição de desempenho na gestão pública. Neste artigo, eles analisam uma rede de citações, na qual os vértices representam os países e as arestas representam parcerias de coautoria entre instituições estrangeiras. Como optou por utilizar apenas a centralidade de grau, não foi considerado um uso adequado para o contexto que os autores apresentaram. Neste estudo, são abordados muitos pontos e interpretações diferentes da mesma rede como mapas geográficos de localização e colaborações que não necessariamente trazem um resultado efetivo. Por este motivo, a seleção de métricas como centralidade de intermediação e de proximidade podem expandir a visão obtida sobre esta rede.

Por fim, Barboza e Laruccia (2016) trazem a centralidade de grau para estudar se há colaboração nas redes de inovação em patentes da *British Petroleum*, *Royal Dutch Shell*, *Sinopec Limited* e *Total S.A.*. Os autores analisam redes de inovação dentro do setor de petróleo e gás, nas quais os vértices representam os autores e as arestas representam a coautoria entre esses autores. Por só ter utilizado centralidade de grau, seus resultados ficaram superficiais e, por isso, a escolha da métrica não foi suficiente para examinar essa colaboração. Isso se deve ao fato de que, como o objetivo é observar a colaboração nas redes de inovação, atores que intermediam dados ou estão mais próximos dos demais não são identificados. A *Sinopec Limited* obteve a melhor média de centralidade de grau.

Esta seção apresentou os artigos que optaram por usar apenas a centralidade de grau. A ideia é demonstrar que, embora essa métrica seja fácil de obter, há poucos contextos em que seu uso isolado seja adequado, devido à superficialidade com que atribui valores aos nós. Sua facilidade de obtenção leva muitos autores a se limitarem a utilizá-la em qualquer contexto, quando métricas como a centralidade de intermediação e a de proximidade, por exemplo, podem fornecer informações valiosas e embasar conclusões mais objetivas e complexas.

## **4.2 Artigos que utilizam centralidade de intermediação e de proximidade**

Na coletânea de artigos selecionados para este trabalho, a centralidade de intermediação e a de proximidade aparecem, respectivamente, como a segunda e a terceira métricas mais recorrentes. No entanto, esse agrupamento não foi feito apenas por uma questão de *ranking*, mas sim porque são métricas que se aproximam em suas definições. Ambas dependem dos caminhos mais curtos em um grafo para determinar seus valores, ou seja, embora os valores atribuídos a um nó por essas métricas sejam distintos, ambos se baseiam no mesmo conceito de caminho curto. A diferença reside no fato de que, enquanto

a proximidade mede quão próximo um nó está de todos os outros, a intermediação avalia quantos desses caminhos curtos passam por um nó específico. Por fim, esta seção está subdividida de acordo com os tipos de classificação de redes utilizados neste trabalho, de modo que cada artigo esteja na subseção correspondente ao tipo de rede por ele examinado.

#### **4.2.1 Redes sociais**

Costa et al. (2015) utilizam as métricas de centralidade de grau e de intermediação para permitir a análise da rede de atenção aos usuários de drogas, mais precisamente analisando o sistema de referência, quando o usuário é encaminhado para um serviço mais especializado, e contrarreferência, quando esse serviço mais especializado encaminha o usuário de volta ao serviço de origem. O nó dessa rede representa o serviço que atende usuários de drogas e a aresta nada mais é do que as relações de referência e contrarreferência entre esses serviços. Pelo fato dos autores não terem se limitado à centralidade de grau, foi possível levar em consideração não apenas a quantidade de conexões de um determinado ator, mas também a sua atuação como intermediário nas conexões entre nós.

Com estas duas métricas, o estudo concluiu que ocorre uma maior prevalência de um encaminhamento em detrimento da contrarreferência, ou seja, nesta rede os serviços de atendimento de âmbito primário referenciam para os serviços mais especializados e com níveis de complexidade mais alto, porém, o inverso que seria a contrarreferência não acontece. Esta foi uma crítica principal dos autores, porque o serviço primário é o que consegue prestar retaguarda aos serviços especializados por estarem localizados na comunidade de origem do usuário atendido, o que iria garantir uma atenção contínua. O uso das métricas foi adequado para o contexto apresentado, apenas com uma ressalva que seria adicionar a métrica de centralidade de proximidade para permitir a análise da eficiência de comunicação dos atores desta rede, principalmente pela crítica que os autores trouxeram.

Farina et al. (2013) utilizam as métricas de centralidade de grau e de intermediação para analisar uma rede de empresas que realizam casamentos, na qual os vértices representam as empresas e as arestas indicam a troca de informações ou colaborações entre elas. No estudo, a análise da troca de informações na rede é feita com a centralidade de grau de saída e a centralidade de intermediação. No entanto, essa escolha é um pouco contraditória, pois, geralmente, o ideal seria utilizar a centralidade de proximidade para identificar os nós com maior eficiência na transmissão de informações. Dessa forma, as métricas escolhidas no artigo não foram as mais adequadas para o objetivo proposto.

A fim de observar as empresas que realizam casamentos e trabalham juntas, em vez de usar apenas a centralidade de grau de saída e a centralidade de intermediação, seria possível substituir a centralidade de grau de saída por métricas como a centralidade de autovetor ou o *PageRank*. Essas métricas não analisam apenas as conexões diretas, mas também nós que vão colaborar de forma indireta e nós que recebem confiança de outros nós colaborativos, o que torna a análise mais objetiva e menos superficial.

Costa et al. (2018) buscam entender o papel do CAPSad (Centro de Atenção Psicossocial - Álcool e outras Drogas) na rede de atenção aos usuários de drogas, na qual os vértices representam os serviços assistenciais e as arestas os relacionamentos entre esses serviços. Para isso, seleciona três métricas de centralidade: centralidade de grau; centralidade de intermediação; e centralidade de proximidade. A partir dessas métricas, o artigo conseguiu analisar o impacto que é remover os CAPSad da rede. Ao fazer isso, percebeu um baixo poder de resiliência da rede, o que mostrou a necessidade da modificação da lógica assistencial na área, ainda pautada pelo cuidado especializado, em detrimento de perspectivas territorializadas/comunitárias. Esta última permitiria um atendimento mais próximo na região que o usuário habita, o que seria benéfico para ele.

Pela escolha das métricas ter sido adequada, os autores conseguiram identificar com facilidade essa centralização das propostas assistenciais em dispositivos especializados, como o CAPSad. Importante frisar que, na ausência do CAPSad, os dispositivos com maiores valores de métricas de centralidade foram serviços especializados e de urgência/emergência e que passaram a ocupar a posição do CAPSad na rede.

Fonseca et al. (2018) exploram redes sociais no espaço de trabalho da Atenção Básica para identificar o papel dos atores na garantia ao acesso às redes de atenção especializada, especialmente quando há insuficiência de recursos formalmente estruturados. A partir disso, utiliza duas métricas de centralidade: centralidade de grau e centralidade de intermediação. Como os autores escolheram a centralidade de intermediação, foi possível observar que enfermeiros e ACS (Agente Comunitário de Saúde) são centrais na rede em relação à intermediação, assim como os gestores responsáveis pelo acesso aos serviços de saúde que já tinham aparecido na centralidade de grau.

A escolha de métricas foi adequada para a situação trazida pelos autores. A centralidade de intermediação permitiu observar que, mesmo que o ACS não tenha aparecido com destaque na centralidade de grau, esse agente se destacou pela centralidade de intermediação e mostrou que: este profissional possui baixo reconhecimento profissional dentro das equipes, embora tenha um imenso potencial para ser um importante mediador de saúde junto aos usuários, nos territórios, pois está inserido na comunidade

e conhece as realidades e cotidianos dos usuários por pertencer a esta realidade. Logo, a relação entre o agente e usuário permite a unidade de saúde a ter um diálogo mais próximo possível da população.

Silva et al. (2016) optam por usar as métricas de centralidade de grau, centralidade de intermediação e centralidade de proximidade para examinar uma rede de interação estabelecida em fóruns de discussão *online*, que é composta por alunos de um curso a distância. A seleção de métricas foi adequada para essa rede apresentada. Esse conjunto de métricas foi selecionado, pois possibilita identificar os atores ativos na rede.

Além de utilizar essas métricas, o estudo também emprega correlações para analisar a relação entre o desempenho acadêmico do aluno na disciplina e sua interação no fórum da disciplina. Um ponto de observação foi a ausência de métricas mais complexas, como a centralidade de autovetor e o *PageRank*, que poderiam oferecer uma visão mais ampla do cenário apresentado pelas métricas anteriores.

Raimundo (2022) seleciona as métricas de centralidade de grau e de intermediação para analisar a existência de relações entre empresas financeiras e não financeiras doadoras de aportes financeiros às campanhas presidenciais brasileiras ocorridas entre 2002 e 2014 e o grau de atuação destas no mercado de títulos públicos brasileiros e na movimentação dos recursos do BNDES em cada mandato presidencial. A justificativa da autora para a seleção das métricas foi para identificar não apenas a circulação dos recursos entre os atores da rede, mas também a intensidade com que essas instituições financeiras atuaram na intermediação dos recursos do BNDES na rede.

Para a situação apresentada, a escolha das métricas, além de justificada corretamente pela autora, é adequada. A centralidade de grau, embora seja uma métrica simples e superficial, vai permitir a identificação da concentração de recursos em atores específicos, enquanto a centralidade de intermediação destaca os atores que mais conseguiram intermediar recursos. Um diferencial deste estudo foi apresentar os resultados obtidos por cada banco em cada métrica, o que permite aos leitores criticar determinada análise se for observada alguma inconsistência. A conclusão apresentada pela autora foi que identificou relações entre o financiamento privado das campanhas presidenciais dos anos 2002, 2006, 2010 e 2014 e a intensidade que as empresas, principalmente as financeiras, atuavam em dois mercados importantes do sistema financeiro nacional enquanto o governo eleito estava em exercício.

Mondelli et al. (2019) utilizam as métricas de centralidade para classificar os gêneros musicais mais comumente ouvidos nos diversos países. Para essa classificação, as

métricas de centralidade de grau, de proximidade e de intermediação são as escolhidas. Dado o contexto deste estudo, essas métricas são suficientes e não há necessidade de métricas como a centralidade de autovetor ou *PageRank*.

Por essa escolha, os autores conseguiram identificar tanto gêneros que atuam aproximando os países com estilos musicais em comum quanto conectando países que possuem maior diversidade de gêneros musicais, além de usar a centralidade de grau para identificar os gêneros que estão presentes em mais países e conectados a mais gêneros por estarem relacionados a países mais diversos (possuem mais gêneros musicais).

Biazi (2019) escolhe as métricas de centralidade de grau e de intermediação para identificar os nós mais bem posicionados e que servem como pontes para troca de informação entre comunidades centrais e periféricas dentro da rede de REA (Recursos Educacionais Abertos) na rede social *Twitter*. A escolha das métricas é adequada para a análise que a autora quis realizar, já que utiliza a centralidade de intermediação para identificar as 5 pontes que favorecem 7 comunidades da rede.

Essas 7 comunidades são identificadas com relação à quantidade de conexões (centralidade de grau). Mesmo que a rede não seja tão grande, para o contexto da pesquisa, não faz sentido usar outras métricas de centralidade, como autovetor ou *PageRank*, pois a centralidade de grau e centralidade de intermediação cumpriram bem o seu papel e possibilitaram a conclusão e obtenção de uma visão privilegiada da rede buscada pela autora.

Pereira et al. (2016) utilizam as métricas de centralidade de grau, de intermediação e de proximidade para analisar a difusão de conhecimentos e aprendizado por interação no arranjo produtivo local (APL) de Bonés de Apucarana-PR. A escolha das métricas foi adequada, pois com as centralidades os autores conseguiram mostrar a importância das organizações de apoio na manutenção estrutural geral da rede, identificar um núcleo de empresas que mantém laços estreitos entre si e, por fim, os órgãos de apoio e as empresas que contribuem para a manutenção do fluxo de informação circulante.

Bordin et al. (2014) escolhem as métricas de centralidade de grau, de proximidade e de intermediação para possibilitar sua análise. Além disso, também são selecionadas algumas métricas que não são estudadas por este trabalho como: densidade, número de componentes de uma rede e classificação de componentes. Foi observado que o artigo é muito bem estruturado e coeso em suas ponderações e afirmações. A escolha das métricas para este contexto foi considerada adequada.

Apesar do autor não incluir especificamente a escolha das métricas de centralidade

utilizadas no capítulo de metodologia, o mesmo esclarece durante a exibição dos resultados a finalidade de cada uma das métricas utilizadas e seus resultados. Outro ponto interessante do artigo é a preocupação de trazer pontos de vista, além da análise individual dos atores na rede, do cenário geral da rede e do processo de agrupamento.

Morais et al. (2022) usaram diversas métricas de centralidade para analisar a difusão de informações entre cargos do departamento de fiscalização do serviço de transportes públicos. Embora o uso das métricas tenha sido tecnicamente correto, algumas conclusões apresentadas pelo autor levantam questionamentos.

O uso das métricas, em um primeiro momento, mostrou-se adequado ao contexto analisado. No entanto, um ponto de questionamento reside na forma como os dados obtidos foram apresentados. O autor optou por omitir os resultados das métricas quando estes não foram considerados “relevantes” para a análise. Contudo, isso contradiz o próprio objetivo declarado do estudo, que é observar a relevância dos atores dentro da rede. Assim, a ausência de transparência na apresentação dos dados compromete a coerência metodológica, já que esses resultados deveriam embasar a análise proposta.

Santos et al. (2023) aplicam a centralidade de intermediação dentro de um contexto geográfico relacionado à análise do bairro de Caroba, no qual a rede é construída pelas esquinas do bairro e pelos serviços públicos essenciais da cidade, em Lages/SC. Apesar de utilizarem a centralidade de intermediação como uma ferramenta secundária dentro do estudo principal, seu uso foi muito bem justificado e adequado ao contexto principal do trabalho em andamento. Os autores, ao longo de sua análise, estudam questões relacionadas à malha urbana em áreas industriais, utilizando o conceito de entropia. Além disso, para complementar sua análise e justificar a classificação de Caroba como um bairro periférico, recorrem à centralidade de intermediação como um conceito auxiliar. Como já mencionado, o uso da centralidade de intermediação é suficiente e não necessita de complementação por outras métricas.

Júnior e Martins (2016) selecionam as métricas de centralidade de grau, de proximidade e de intermediação para analisar uma rede de empresas focais e fornecedores locais no Polo Industrial de Manaus (PIM). Embora a rede obtida tenha sido bem definida para relações diretas entre os fornecedores e as empresas focais, através de métricas de centralidade, o estudo ainda conseguiu localizar pequenas empresas com papel de intermediação na rede interligando fornecedores com menor centralidade de grau às empresas focais. O uso das centralidades foi feito de forma adequada para o contexto do estudo de acordo com a rede analisada, não sendo necessário utilizar de outras métricas.

Santos e Pinto (2016) aplicam as métricas de centralidade de grau, de intermediação e de proximidade para verificar as interações entre marcas de cosméticos e seus consumidores no *Facebook*. Durante o desenvolvimento do estudo, é descrito o processo de criação das redes, que foi realizado de forma parcialmente manual, o que, provavelmente, impacta na coleta de dados. Além disso, o uso das centralidades foi apenas parcialmente adequado. Embora o cálculo das centralidades para os atores tenha sido realizado corretamente, o artigo não apresenta os dados obtidos durante o desenvolvimento, disponibilizando apenas uma imagem com os atores de maior grau e intermediação destacados.

Outro aspecto é que, apesar de utilizar a centralidade de proximidade, essa informação não é disponibilizada no artigo. O argumento apresentado para a ausência dessa métrica é que os pontos correspondentes à marca analisada foram os que obtiveram os maiores valores de proximidade. Essa abordagem também foi aplicada às centralidades de grau e de intermediação, em que o estudo apenas destaca os nós com os maiores valores, sem fornecer informações sobre o restante dos nós.

#### **4.2.2 Redes de informação e tecnológicas**

Barbastefano et al. (2015) examinam o problema de ambiguidade dos nomes para identificação de atores tanto no contexto da bibliometria quanto na análise de redes. Neste estudo, os autores construíram três redes de coautoria, na qual os vértices representam os autores dos artigos e as arestas representam as colaborações em artigos entre esses autores. Para analisar essas redes, foram utilizadas as métricas de centralidade de grau, proximidade e intermediação. Este artigo não se limitou apenas à centralidade de grau, mas usou centralidades que têm um custo computacional um pouco mais elevado que a centralidade de grau, sendo essas centralidades a de proximidade e de intermediação. Para este contexto, a escolha das métricas foi adequada.

Como as três redes foram baseadas em dados de coautoria de um conjunto de 28.916 artigos, muito provavelmente selecionar métricas como centralidade de autovetor e *Page-Rank* exigiria muito mais esforço computacional, o que não faria sentido para o objetivo dos autores deste estudo. Com a seleção dessas três métricas, os autores conseguiram provar a ocorrência da ambiguidade de nomes em redes de coautoria, principalmente os de origem oriental.

Santos e Silva (2019) selecionam a métrica de centralidade de intermediação para analisar publicações que abordam a relação entre transporte público e sustentabilidade, dado o destaque desses temas em pesquisas científicas. Neste estudo, os autores examinam

uma rede de cocitação em artigos, na qual os vértices representam países, autores e palavras-chave, e as arestas indicam as relações entre os artigos. Dado o contexto que os autores aplicam a centralidade de intermediação, o uso desta métrica foi adequado. Por essa escolha, percebe-se que os autores buscaram fazer um estudo mais preciso não apenas olhando para a quantidade de conexões de um ator com a rede, como no caso da análise de centralidade por países onde os Estados Unidos, embora tenha a maior quantidade de publicações entre os países, possui o mesmo valor de centralidade que a China que só tem 20 publicações.

O único ponto de crítica que é feita para este trabalho se refere a uma afirmação sobre a convergência entre a análise de redes e a bibliometria realizada. O que se observou é que, ainda que os atores mais citados pelas duas metodologias sejam similares, o autor mais citado em artigos de acordo com a bibliometria (Buehler R) ficou em sexto lugar entre os autores mais citados a partir da análise de redes, ponto de divergência observado entre as duas metodologias.

Nascimento et al. (2018) utilizam a centralidade de grau, de intermediação e de proximidade para examinar uma rede 2-modos entre instituições de ensino superior de física e os autores de trabalhos *stricto sensu*. A aplicação das métricas foi adequada para o contexto apresentado e, também, os autores abordaram os resultados obtidos para que a conclusão fosse apresentada de forma coesa. Para este estudo, recomenda-se o emprego de uma métrica de centralidade como a de autovetor para permitir a visualização da importância de um vértice com base em suas conexões.

Andrade et al. (2022) aplicam a centralidade de grau e de intermediação para observar uma rede construída pelo uso de *hashtags* no *Facebook* entre Maio/2020 e Janeiro/2021. O artigo não esclarece a importância do uso dessas métricas para o contexto apresentado. Inicialmente, esta pesquisa se baseia na frequência e agrupamento de *hashtags* e, posteriormente, os autores citam o uso das métricas para agrupar *hashtags* importantes sem apresentar os cálculos ou resultados obtidos com elas.

Rocha et al. (2020) optam pela centralidade de grau e de intermediação para estudar uma rede constituída por palavras-chave voltadas para a revisão sistemática de literatura sobre Educação Especial. O uso das métricas foi adequado para o contexto deste artigo. Pelo fato deste estudo ter trazido vários componentes de uma mesma rede, não foi possível verificar a viabilidade do uso da métrica de centralidade de autovetor para o aprofundamento desta pesquisa.

Souza et al. (2012) utilizam as métricas de centralidade de grau, de intermediação e de

proximidade para explorar a rede de coautoria na área de Química no Brasil baseada nas coautorias de artigos da revista *Química Nova*. A centralidade, no contexto do estudo, é empregada para analisar a posição dos atores dentro da rede. A pesquisa também realiza análises específicas para a rede de atores, composta por países, instituições de ensino e indivíduos responsáveis pela produção dos artigos.

O uso da centralidade no estudo mostra-se adequado e condizente com os objetivos propostos. Para ampliar a análise, seria pertinente a introdução de métricas como *PageRank* ou autovetor, permitindo uma avaliação mais detalhada da importância de um ator em relação às suas conexões.

Silva et al. (2017) empregam as métricas de centralidade de grau, de intermediação e de proximidade, além de suas variações temporais. Este estudo visa abordar uma rede de comunicação entre veículos e comparar os resultados das métricas entre as redes agregadas e as redes temporais. O resultado apresentado nesta pesquisa corrobora com a questão levantada sobre a diferença de interpretações e informações retiradas entre uma rede temporal e uma rede agregada. A aplicação das métricas foi adequada e embasou os resultados obtidos pelo estudo.

#### **4.3 Artigos que utilizaram centralidades recursivas**

Dentro do universo de artigos observados, as centralidades recursivas como *PageRank* e autovetor foram utilizadas em 12 dos artigos selecionados. Dentre os artigos abordados no escopo desta revisão, foi possível observar que mesmo em uma população pequena de artigos, em diversas áreas de conhecimento, não há uma tendência de uso apropriado ou não, podendo ser observado ambos os casos.

Macohin (2019) é um dos artigos que, apesar de utilizar a centralidade de autovetor como alicerce principal, demonstra que o uso da métrica vai além das escolhas triviais e sim à análise específica de cada material de estudo. Foi observado durante a leitura crítica que seria possível, por parte da autora do artigo, apenas utilizar a centralidade de grau, porém esta escolha traria uma abordagem superficial para o estudo. Este que aborda uma rede de precedentes judiciais e busca analisar as decisões judiciais.

Da mesma forma como Macohin (2019), Faria et al. (2018) faz o uso da centralidade de autovetor de forma diferente, o uso da centralidade de autovetor neste caso é feito de forma a compor o uso de outras métricas, ao contrário de ser utilizada como a métrica principal do estudo. O estudo utiliza as ARS para fazer o estudo de uma gangue e encontrar

atores centrais na rede, porém, o próprio estudo deixa claro que o uso das ARS's não visa determinar hierarquicamente a gangue estudada. Cezar et al. (2018) também faz uso da centralidade de autovetor para compor o grupo de centralidades utilizadas no artigo. Por sua vez, este artigo visa observar uma rede social composta por colaboradores de uma organização.

Costa et al. (2021) utiliza as métricas de centralidade de grau e *PageRank* para análise. Define setores censitários como áreas territoriais classificadas por número de domicílios e categorização urbana/rural, além de considerar estabelecimentos de saúde como elementos para análise. Nos setores censitários, atribui-se peso 1 na centralidade geral, justificado pelo princípio de indiferença quanto à importância relativa de cada setor. Essa abordagem não busca identificar os setores mais relevantes, mas analisar o fluxo entre setores censitários e serviços de saúde em uma rede bipartida. A metodologia enfatiza a interação entre os elementos da rede, permitindo compreender dinâmicas territoriais e a distribuição de serviços de saúde.

Valongo et al. (2017) faz uma comparação entre a utilização da métrica de centralidade de grau e de autovetor no contexto de redes de complexos de jogo no voleibol feminino de alto nível. Embora afirme que não houve grandes diferenças, os autores percebem que a métrica de centralidade de autovetor é mais refinada, ponto de concordância entre a visão do artigo e a crítica proposta sobre ele. Sabe-se que a centralidade de grau olha apenas para as relações diretas que o ator tem no grafo e não para os seus vizinhos, o que a torna pouco refinada e métricas como centralidade de autovetor vão trazer uma visão mais abrangente e refinada da rede analisada.

Recuero (2014) utiliza as centralidades de grau, intermediação e autovetor para fazer uma análise dos debates presidenciais da Band e do SBT para as eleições de 2014. Dentro do contexto do estudo as centralidades foram utilizadas de forma correta a fim de analisar as interações entre usuários e identificar atores dentro da rede. Apesar do estudo não justificar o uso das métricas em específico no decorrer da fundamentação fica clara a função de cada métrica e como ela compõe a conclusão.

Malere et al. (2016) utiliza as centralidades de grau (entrada e saída), intermediação, proximidade e *PageRank* para analisar uma rede de transporte de cargas com base em aeroportos nos EUA dentre os anos de 2004 e 2014. O estudo faz bom uso das métricas de acordo com o contexto analisado, durante o desenvolvimento fica claro o contexto utilizado para cada métrica e qual situação ela visava analisar. A inclusão do *PageRank* é interessante para o estudo e contribui para a análise geral de forma positiva.

Moresi e Pinho (2022) utiliza as métricas de centralidade de grau e de autovetor para identificar os temas de pesquisa em educação durante a pandemia. A aplicação das métricas para este contexto foi feita de forma coesa, não sendo necessárias outras métricas para que o objetivo principal do objetivo seja atingido. Com o uso das métricas, foi possível observar que a palavra-chave “covid-19” foi a que obteve maior centralidade de grau e de autovetor e que essa doença motivou a comunidade científica internacional a produzir pesquisas sobre a nova realidade, com estudantes e professores passando de atividades pedagógicas presenciais para o isolamento social, que obrigou adequação das instituições de ensino a este novo contexto. Também, mostrou-se a importância das TIC como alternativa para a continuidade das atividades pedagógicas em ambientes virtuais.

Köhler e Digiampietri (2021a) usam as métricas de centralidade para identificar a importância do ator na rede de coautoria, no que concerne a sua visibilidade e seu papel como ponto de conexão dentro dessa rede. Para isto, ele seleciona três delas: centralidade de grau; centralidade de intermediação; e *PageRank*. Um ponto de diferença entre este estudo e vários outros é a justificativa para não utilização de uma métrica que foi a centralidade de proximidade, pois, por ser uma rede desconexa, não é possível definir valor para ela. Um ponto observado foi a falta de detalhamento dos resultados apenas obtidos pelas métricas de centralidade, pois, na maioria das vezes, as tabelas eram agrupadas também com o que o autor chamou de métricas de impacto e de produção. Isso provavelmente ocorreu por não ser um estudo da área de tecnologia da informação, o que deixou esses resultados de forma bem resumida, apenas apontando uma posição de *ranking* que engloba todas essas métricas de centralidade propostas. Com esses três tipos de métricas, os autores construíram *rankings* de autores, instituições e países tendo como objeto de estudo o campo de turismo no Brasil, que nada mais é do que o conjunto de artigos deste campo.

Silva et al. (2023) utilizou diversas métricas de centralidade para a análise da rede social Twitter a fim de tentar prever o resultado do pleito eleitoral no ano de 2022 dentro do estado de Roraima. Como dito anteriormente, o intuito do artigo foi analisar os resultados das métricas de centralidade, e da modularidade, em relação ao resultado real das eleições de 2022 através do Twitter. O estudo não justifica o motivo das métricas escolhidas (centralidade de autovetor, excentricidade, proximidade, intermediação, grau ponderado, *PageRank* e *harmonic closeness*) e faz sua correlação com a Modularidade. Para isso, foram normalizados os valores de todas as métricas, assim como os valores de pesquisa de intenção de voto para os cargos de Governador, Senador - ambos de Roraima - e Presidente, onde no caso das pesquisas de intenção de voto apenas os dois melhores candidatos foram levados em consideração. A comparação entre os resultados

das centralidades foi feita através do cálculo do Erro Absoluto Médio, onde quanto menor o EAM mais próximo o resultado está do esperado. Entretanto, a forma como o autor trata o resultado das centralidades diz muito mais sobre como as redes sociais envolvendo o contexto dos candidatos é formada do que seu possível desempenho nas eleições, uma vez que determinadas métricas dizem muito mais sobre o papel de atores específicos em uma rede.

Köhler e Digiampietri (2021b) busca identificar as correlações entre, de um lado, a nota CAPES atual e, do outro, uma série de métricas de análise bibliométrica, de análise de redes sociais e dados gerais de cada programa de pós-graduação em turismo selecionado para o estudo. Também, deseja encontrar, com um seletor de atributos, o subconjunto de métricas e dados gerais que tenha a mais alta capacidade de predição da nota CAPES atual, e que minimize a redundância encontrada entre essas métricas e dados gerais. Por fim, quer construir redes de coautoria entre os pesquisadores e os programas de pós-graduação, para que seja possível prover uma visão geral do padrão de colaboração presente entre eles. Olhando para a parte de métricas de centralidade da ARS, ele seleciona centralidade de grau, centralidade de intermediação, centralidade de proximidade e *PageRank*. A seleção de métricas de centralidade dele foi bem abrangente e suficiente para o contexto do estudo. Um ponto de observação é que o artigo focou mais nas correlações e não mostrou, por exemplo, um ranqueamento com os nomes dos 10 pesquisadores mais centrais na rede ou outra informação que normalmente os estudos que utilizam ARS trazem, até podendo comparar os resultados obtidos separadamente com cada uma das métricas, pois a ideia central foi encontrar quais métricas têm a correlação mais alta com a nota CAPES atual dos programas de pós-graduação em turismo.

#### **4.4 Considerações Finais**

Ao longo das leituras, observou-se a heterogeneidade dos contextos apresentados pelos artigos para o uso das métricas de centralidade de redes. Esta heterogeneidade também permeia as áreas de conhecimento que utilizaram as métricas de centralidade, essas sendo de áreas mais humanísticas até da área de exatas.

Não se observou uma relação entre artigos que optaram por métricas mais complexas computacionalmente e aplicaram estas ferramentas de modo adequado. Logo, foi possível encontrar artigos que utilizaram apenas métricas mais simples computacionalmente e conceitualmente, como a centralidade de grau, e o fizeram de modo satisfatório. Cada métrica de centralidade busca encontrar o ator central de uma rede de acordo com uma

característica específica, então atribuir uma métrica que traz um ranqueamento para uma característica específica em um contexto que necessita avaliar outro tipo de característica é um dos motivos que torna o uso inadequado de acordo com a avaliação deste trabalho.

## **5. Conclusão**

### **5.1 Epílogo**

O objetivo principal deste trabalho foi fazer uma revisão bibliográfica a fim de avaliar o uso das métricas de centralidade em diversos contextos de diversos campos científicos. A partir disso, realizou-se a busca por um conjunto com 40 artigos que estivessem utilizando pelo menos uma métrica de centralidade de redes.

Com os artigos selecionados, construiu-se tabelas para facilitar a classificação dos artigos, como o contexto de cada artigo, tipo de rede, métricas utilizadas, etc. Por meio das tabelas, observou-se a heterogeneidade dos artigos, mesmo que a leitura completa não tivesse sido feita ainda. Também, alguns estudos estavam utilizando apenas centralidade de grau, o que foi um ponto de alerta e levou a criar um grupo específico para analisar o contexto deles e a adequação desta métrica, que é a mais básica tanto computacionalmente quanto conceitualmente.

Para que fosse possível definir o grau de adequação de acordo com a revisão realizada, leu-se todos os artigos em busca de pontos de concordância e discordância que justificassem a aplicação da ferramenta como adequada ou não. Após as leituras, os resultados foram agrupados no Capítulo 4, em que foi possível mostrar qual boa prática seguir para as principais métricas de centralidade de redes. A seguir, discutem-se as implicações sobre o uso dessas métricas nos mais diversos contextos encontrados.

### **5.2 Implicações**

Com a apresentação deste trabalho, constatou-se que cada métrica de centralidade define uma característica para considerar um ator central na rede. A centralidade de grau utiliza a quantidade de conexões do nó aos outros nós, já a centralidade de intermediação

considera a importância de um nó como sendo a posição intermediária deste nó em caminhos mais curtos entre outros pares de nós na rede. Por isso, é inadequado buscar um nó central no que diz respeito à intermediação utilizando a centralidade de grau, já que esta só considera as conexões diretas do nó a outros nós da rede, não levando em consideração a capacidade de intermediação do nó para definir o valor desta métrica.

Assim, o pesquisador que vai utilizar as métricas de centralidade de redes em suas pesquisas precisa estar atento à adequação da métrica para a hipótese que ele deseja estudar. Usar esta ferramenta requer um estudo prévio para que o uso possa ser bem embasado pelas próprias definições da ferramenta. É claro que a modelagem de contextos reais para redes representadas computacionalmente em grafos não pode restringir a liberdade criativa dos pesquisadores para suas pesquisas com regras rígidas, a ideia deste trabalho é apenas garantir que o uso de cada métrica que busca a centralidade para uma característica seja utilizada em momento oportuno.

Quando é buscado aplicar a métrica de centralidade, deve-se saber que ela apenas traz os nós com mais vizinhos conectados diretamente na rede. Se para a realidade do autor, como foi em Júnior et al. (2018), precisa obter apenas os nós que tem mais conexões, seja ele de entrada ou saída no caso dos grafos direcionados, a centralidade de grau vai atender a necessidade de modo satisfatório.

Para os casos em que é necessário identificar os nós que mais conseguem intermediar caminhos (informação) na rede, é necessário usar a centralidade de intermediação, como foi aplicado por Santos et al. (2023). No contexto em que o pesquisador deseja obter os nós que conseguem mais rapidamente disseminar informação na rede, ele deve aplicar a centralidade de proximidade, como foi feito por Silva et al. (2016).

Um último grupo que tem forte relação pela forma como seleciona os nós mais centrais são as métricas de centralidade de autovetor e *PageRank*. Quando é necessário obter os nós mais importantes de uma rede, levando em conta a qualidade de suas conexões e não apenas a quantidade delas, qualquer uma delas é uma boa escolha. Um exemplo de uso positivo aconteceu em Malere et al. (2016), onde o *PageRank* contribuiu de forma significativa para a conclusão do estudo.

### 5.3 Contribuições

A principal contribuição deste trabalho foi apresentar uma revisão bibliográfica sobre estudos que utilizassem métricas de centralidade de redes. A partir deste processo,

foi possível exemplificar usos adequados e inadequados para diversos contextos de modelagem de redes em grafos. Ao analisar este trabalho, o leitor vai ser capaz de definir usos adequados da ferramenta para os mais diversos contextos em que é necessário encontrar os nós centrais de uma rede.

Por ter feito uma revisão bibliográfica, esperamos que o trabalho se torne uma fonte para consulta de exemplos de usos consistentes da ferramenta. Com este processo, foi possível exemplificar inúmeras aplicações tanto adequadas quanto inadequadas para as principais métricas de centralidade. No momento de leitura deste trabalho, a expectativa é que o leitor saiba avaliar criticamente as métricas de centralidades mais interessantes a fim de obter resultados mais aplicáveis ao seu contexto.

## **5.4 Limitações**

O trabalho se limitou a analisar apenas métricas relativas aos nós de uma rede, mais especificamente as métricas de centralidade. Existem muitas outras métricas que ajudam a caracterizar não só nós, mas até a própria rede como um todo. Outra restrição apresentada se deve à quantidade de artigos selecionados, pois essa seleção requer uma análise manual e não é possível englobar todos os artigos publicados que utilizaram alguma métrica de centralidade. Além da quantidade, também foram utilizados apenas duas bases de artigos para selecioná-los.

Por fim, a última limitação quanto à seleção de estudos foi: buscar apenas os que foram publicados a partir do ano de 2011; estar escrito em língua portuguesa. Tais restrições em sequência acabam por voltar a ótica desta revisão apenas para um pequeno contexto interno da comunidade acadêmica de língua portuguesa no uso das métricas de centralidade. Além disso, embora pesquisadores de países como Brasil, Portugal e Moçambique tenham o português como língua nativa, os principais eventos e periódicos científicos exigem publicações em inglês, o que faz com que uma parte significativa da produção desses países não tenha sido considerada.

## **5.5 Trabalhos Futuros**

Como trabalho futuro, sugere-se um que englobe um grupo de métricas de rede para observar a adequação delas nos mais diversos contextos que serão encontrados. Um ponto interessante disso é até para saber se o que foi observado para as métricas de centralidade

de rede se aproxima deste outro grupo no que diz respeito a heterogeneidade de usos e situações modeladas ou não.

Um outro que também pode contribuir é a expansão das métricas de nós de uma rede, não se limitando apenas à centralidade, para que possa entender como adequar o uso para estas outras métricas assim como este trabalho fez.

Para expandir o resultado obtido por este trabalho, é possível realizar uma busca por artigos que não estejam na língua portuguesa e sim em inglês. A partir disso, é possível realizar uma revisão bibliográfica global dos usos de métricas de centralidade de redes.

## Referências Bibliográficas

- AKIM, É. K.; MERGULHÃO, R. C. Panorama da produção intelectual sobre a medição de desempenho na gestão pública. *Revista de Administração Pública*, SciELO Brasil, v. 49, p. 337–366, 2015.
- ANDRADE, J. C.; CUNHA, F. J. A. P.; MAGRIS, P. N.; GRILO, M.; PEREIRA, H. B. B. Ac-redes semânticas de hashtags: modelo de estudo métrico de informações em saúde em mídias sociais. *Revista Eletrônica de Comunicação, Informação & Inovação em Saúde*, v. 16, n. 2, 2022.
- BARABÁSI, A.; PÓSFAL, M. *Network Science*. Cambridge: Cambridge University Press, 2016. ISBN 978-1107076266.
- BARBASTEFANO, R. G.; SOUZA, C.; COSTA, J. M. S.; TEIXEIRA, P. M. Influência da ambiguidade de nomes na centralidade de redes de coautoria. *Transinformação*, SciELO Brasil, v. 27, p. 189–198, 2015.
- BARBOZA, A. P. C.; LARUCCIA, M. M. Redes de inovação: Os efeitos da colaboração em indústrias de petróleo e gás. *Revista de Administração da Unimep*, Universidade Metodista de Piracicaba, v. 14, n. 1, p. 220–241, 2016.
- BEZ, G. S.; FARACO, R. A.; ANGELONI, M. T. Uma proposta de utilização da técnica de análise de redes sociais na universidade do sul de santa catarina. *Perspectivas Contemporâneas*, v. 6, n. 2, 2011.
- BIAZI, T. M. D. Comunidades #rea: análise de seus rastros no twitter. *Texto Livre: Linguagem e Tecnologia*, Universidade Federal de Minas Gerais, v. 12, n. 3, p. 69–92, 2019.
- BONACICH, P. Factoring and weighting approaches to status scores and clique identification. *Journal of mathematical sociology*, Taylor & Francis, v. 2, n. 1, p. 113–120, 1972.
- BONACICH, P. Power and centrality: A family of measures. *American journal of sociology*, University of Chicago Press, v. 92, n. 5, p. 1170–1182, 1987.
- BORDIN, A. S.; GONÇALVES, A. L.; TODESCO, J. L. Análise da colaboração científica departamental através de redes de coautoria. *Perspectivas em Ciência da Informação*, SciELO Brasil, v. 19, p. 37–52, 2014.

- BRIN, S.; PAGE, L. The anatomy of a large-scale hypertextual web search engine. *Computer networks and ISDN systems*, Elsevier, v. 30, n. 1-7, p. 107–117, 1998.
- CEZAR, B. G. S.; JUNIOR, P. C.; CORSO, K. B. O uso de redes sociais virtuais para fins laborais no ambiente organizacional: um estudo à luz da análise de redes sociais (ars). *REDES. Revista hispana para el análisis de redes sociales*, v. 29, n. 2, p. 271–285, 2018.
- CLEMENTE, F. M.; MARTINS, F. M. L.; KALAMARAS, D.; OLIVEIRA, P.; OLIVEIRA, J.; MENDES, R. S. Caracterização dos passes realizados entre jogadores brasileiros no fifa world cup 2014: uma abordagem baseada em network. *Revista Brasileira de Educação Física e Esporte*, v. 31, n. 4, p. 835–844, 2017.
- COSTA, D. R. T.; BARRETO, J. O. M.; SAMPAIO, R. B. Modelo teórico-metodológico baseado na teoria de redes complexas para análise da oferta potencial dos serviços de saúde. *Ciência & Saúde Coletiva*, SciELO Brasil, v. 26, p. 3791–3804, 2021.
- COSTA, P. H. A.; MARTINS, L. F.; MEDEIROS, A. X.; SALGADO, J. A.; SILVA, W. M. D.; RONZANI, T. M.; COLUGNATI, F. A. B. Sistema de referência e de contrarreferência na rede de atenção aos usuários de drogas: contribuições da análise de redes sociais. *Cadernos Saúde Coletiva*, SciELO Brasil, v. 23, p. 245–252, 2015.
- COSTA, P. H. A.; RONZANI, T. M.; COLUGNATI, F. A. B. No meio do caminho tinha um capsad: centralidade e lógica assistencial da rede de atenção aos usuários de drogas. *Ciência & Saúde Coletiva*, SciELO Public Health, v. 23, p. 3233–3245, 2018.
- FARIA, A. H. P.; ALVES, D. F. C.; DINIZ, A. M. A. A análise de redes sociais para o estudo de gangues: uma abordagem a partir da teoria de grafos. *Revista Brasileira de Segurança Pública*, v. 12, n. 2, p. 112–132, 2018.
- FARINA, M. C.; SILVA, R. S.; FILHO, J. R. T. S.; SILVEIRA, M. A. P.; OZAKI, M. T.; BENEVIDES, G. Uma investigação da centralidade e da densidade de uma rede de empresas que atuam na realização de festas e de casamentos. *Revista Alcance*, Universidade do Vale do Itajaí, v. 20, n. 2, p. 170–185, 2013.
- FONSECA, J. S. A.; DAVID, H. M. S. L.; SILVA, T. F.; RAMOS, T. C. S.; NEVES, A. C. L.; MIRANDA, R. B. Redes sociais, acesso e regulação dos serviços de saúde em um município de pequeno porte do rio de janeiro, brasil. *Ciência & Saúde Coletiva*, SciELO Public Health, v. 23, p. 3211–3222, 2018.
- FREEMAN, L. C. A set of measures of centrality based on betweenness. *Sociometry*, 1977.
- FREEMAN, L. C. Centrality in social networks conceptual clarification. *Social Networks*, v. 1, p. 215–239, 1979.
- GARCIA, R. I.; MATIAS, M. Rede de relações entre institutos federais de educação e as universidades públicas do sul do brasil. *Em Questão*, p. 166–189, 2019.
- HOLME, P.; SARAMÄKI, J. Temporal networks. *Physics reports*, Elsevier, v. 519, n. 3, p. 97–125, 2012.

- JÚNIOR, A. A. S.; MARTINS, R. S. Relacionamentos na cadeia de suprimentos sob a perspectiva da network theory: um estudo de caso do subsetor eletroeletrônico do pim. *Revista de Administração Unimep*, Universidade Federal de Minas Gerais, 2016.
- JÚNIOR, N. S. M.; CABELLO, A. F.; HOFFMANN, V. E. A evasão aparente entre engenharias sob a ótica da análise de redes sociais. *Revista Gestão Universitária na América Latina-GUAL*, p. 210–230, 2018.
- KÖHLER, A. F.; DIGIAMPIETRI, L. A. Classificação de autores, instituições e países, por meio de métricas de produção, centralidade e impacto: O campo de turismo no brasil (periódicos), 1990-2018. *Revista Brasileira de Pesquisa em Turismo*, SciELO Brasil, v. 15, p. e–2035, 2021.
- KÖHLER, A. F.; DIGIAMPIETRI, L. A. Pós-graduação em turismo no brasil: uma análise bibliométrica e de redes sociais. *Rosa dos Ventos*, v. 13, n. 04, p. 945–966, 2021.
- MACOHIN, A. Análise da jurisprudência do conselho nacional de justiça através de redes complexas. *Revista CNJ, Brasília, Distrito Federal*, v. 3, n. 2, p. 19–26, 2019.
- MALERE, J. P. P.; MINAS, V.; BORILLE, G. M. R. Análise de redes sociais aplicadas ao transporte aeroviário de cargas. *TRANSPORTES*, v. 24, n. 4, p. 1–9, 2016.
- MARCHIORI, M.; LATORA, V. Harmony in the small-world. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, Elsevier, v. 285, n. 3-4, p. 539–546, 2000.
- MONDELLI, M. L. B.; JÚNIOR, L. M. R. G.; ZIVIANI, A. O que os países escutam: Analisando a rede de gêneros musicais ao redor do mundo. *iSys-Brazilian Journal of Information Systems*, v. 12, n. 3, p. 53–72, 2019.
- MORAIS, A. C.; DOURADO, A. B. F.; ARAGÃO, J. J. G.; YAMASHITA, Y.; MORAIS, O. M. Política pública de transportes e estrutura de poder em um departamento de fiscalização transportes públicos: potenciais explicativos da análise de redes sociais. *Brazilian Journal of Development*, v. 8, n. 4, p. 23406–23426, 2022.
- MORESI, E. A. D.; PINHO, I. Análise bibliométrica da pesquisa em educação durante a pandemia da covid-19. *ETD Educação Temática Digital*, UNICAMP, v. 24, n. 1, p. 238–256, 2022.
- NASCIMENTO, J. O.; PEREIRA, H. B. B.; MORET, M. A. Redes de afiliação no ensino de física brasileiro: Uma análise dos programas de pós-graduações por meio de redes sociais e complexas. *Revista Mundi Engenharia, Tecnologia e Gestão (ISSN: 2525-4782)*, v. 3, n. 2, 2018.
- NASCIMENTO, J. O.; PEREIRA, H. B. B.; MORET, M. A.; BARBOSA, L. P.; TAKIISHI, H. Redes semânticas em ciências dos materiais: uma aplicação da teoria de redes. *Blucher Proceedings VIII Encontro Científico de Física Aplicada*, 2017.
- OPSAHL, T.; AGNEESSENS, F.; SKVORETZ, J. Node centrality in weighted networks: Generalizing degree and shortest paths. *Social networks*, Elsevier, v. 32, n. 3, p. 245–251, 2010.

PAN, R. K.; SARAMÄKI, J. Path lengths, correlations, and centrality in temporal networks. *Physical Review E—Statistical, Nonlinear, and Soft Matter Physics*, APS, v. 84, n. 1, p. 016105, 2011.

PEREIRA, J. A.; NETO, M. S.; MATUI, P. C. Conhecimento e interação em redes: estudo no arranjo produtivo local de bonés de apucarana. *Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional*, v. 12, n. 3, 2016.

RAIMUNDO, L. Elite em disputa: O financiamento privado de campanhas presidenciais e a defesa de interesses classistas no brasil entre 2002 e 2014. *Mediações-Revista de Ciências Sociais*, p. 1–22, 2022.

RECUERO, R. Métricas de centralidade e conversações em redes sociais na internet: desvelando estratégias nos debates presidenciais de 2014. *VIII Simpósio Nacional da AB-Ciber: Comunicação e Cultura na Era de Tecnologias Midiáticas Onipresentes e Oniscientes*, p. 1–18, 2014.

ROCHA, M. L. C.; PIRES, S. M. A. M.; SILVA, S. S. C.; PONTES, F. A. R. Rede de conhecimento e educação especial: uma revisão sistemática de literatura. *Revista Brasileira de Educação Especial*, SciELO Brasil, v. 26, n. 3, p. 527–544, 2020.

SANTOS, D. A. C.; HOROCHOVSKI, R. R.; HOROCHOVSKI, M. T. H.; JUNCKES, I. J. Saúde e desenvolvimento sustentável no brasil: Análise das produções científicas pós rio+ 20. *Fronteira: Journal of Social, Technological and Environmental Science*, v. 11, n. 1, p. 76–87, 2022.

SANTOS, D. C.; PINTO, J. S. P. Utilização de medidas de centralidade na análise de redes sociais online contextualizada na interatividade entre marcas e consumidores. *Perspectivas Contemporâneas*, v. 11, n. 1, p. 140–164, 2016.

SANTOS, L. L. F.; CALVETTI, F. S.; PILATI, J.; SILVA, S. B. A morfologia de áreas industriais: o caso do bairro caroba em lages/sc. *Espaço e Economia. Revista brasileira de geografia econômica*, Núcleo de Pesquisa Espaço & Economia, 2023.

SANTOS, T. F.; SILVA, M. A. V. Transporte público e sustentabilidade: uma análise das publicações à luz da bibliometria. *Revista Produção Online*, v. 19, n. 1, p. 44–71, 2019.

SILVA, F. S.; MOURA, D.; CABRAL, R. S. Modelagem e caracterização de redes veiculares utilizando-se grafos temporais e métricas de redes complexas. *XLIV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional*, 2017.

SILVA, G. R. S.; PEREIRA, F. C. L.; FILHO, F. C. F. O.; SOUZA, L. K. O.; FAGUNDES, T. A.; FIGUEIRÊDO, B. C. B. A modularidade como instrumento preditivo do resultado de pleitos eleitorais: um estudo de caso. *Brazilian Journal of Development*, v. 9, n. 10, p. 29045–29060, 2023.

SILVA, J. C.; BRITO, A.; MEDEIROS, F. Aplicação de métricas da análise de redes sociais como apoio a avaliação das interações discentes em fóruns de discussão online de um ambiente virtual de aprendizagem. In: *Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação*. [S.l.: s.n.], 2016. v. 5, n. 1, p. 467.

SOUZA, C. G.; BARBASTEFANO, R. G.; LIMA, L. S. Redes de colaboração científica na área de química no brasil: um estudo baseado nas coautorias dos artigos da revista química nova. *Química Nova*, SciELO Brasil, v. 35, p. 671–676, 2012.

VALONGO, B.; SERRA, F.; LAPORTA, L.; AFONSO, J.; MESQUITA, I. Análise de redes sociais no alto nível desportivo: Centralidade de grau versus de autovetor. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto*, 2017.