



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS - UFPEL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ORGANIZAÇÕES E MERCADOS
DOUTORADO EM ECONOMIA APLICADA

Ensaio sobre a Economia do Rio de Janeiro:
Uma Abordagem de Redes Complexas

Carine Machado Oliveira

PELOTAS – RS
2024

CARINE MACHADO OLIVEIRA

**Ensaaios sobre a Economia do Rio de Janeiro:
Uma Abordagem de Redes Complexas**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Organizações e Mercados do Instituto de Ciências Humanas da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Economia Aplicada.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo de Oliveira Passos

**Pelotas
2024**

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação da Publicação

O48e Oliveira, Carine Machado

Ensaio sobre a economia do Rio de Janeiro [recurso eletrônico] :
uma abordagem de redes complexas
/ Carine Machado Oliveira ; Marcelo de Oliveira Passos, orientador. —
Pelotas, 2024.
76 f.

Tese (Doutorado) — Programa de Pós-Graduação em Organizações e
Mercados, Instituto de Ciências Humanas, Universidade Federal de
Pelotas, 2024.

1. Matriz insumo-produto. 2. Redes complexas. 3. Economia regional.
4. Rio de Janeiro. I. Passos, Marcelo de Oliveira, orient. II. Título.

CDD 330

Elaborada por Dafne Silva de Freitas CRB: 10/2175

CARINE MACHADO OLIVEIRA

Tese aprovada, como requisito parcial para obtenção do grau de Doutora em Economia Aplicada, Programa de Pós-Graduação em Organizações e Mercados, Instituto de Ciências Humanas, Universidade Federal de Pelotas.

Data da defesa: ____/____/____

Banca examinadora:

Prof. Dr. Fabio Massaud Caetano (PPGOM/UFPEL)

Prof. Dr. Marcelo de Oliveira Passos (Orientador - PPGOM/UFPEL)

Prof. Dr. Rodrigo da Rocha Gonçalves (PPGE/FURG)

Prof. Dr. Wladimir Henriques Motta (PPDSP/CEFET -RJ)

**Pelotas
2024**

RESUMO

OLIVEIRA, Carine Machado de. **Ensaio sobre a Economia do Rio de Janeiro: Uma Abordagem de Redes Complexas**. Orientador: Marcelo de Oliveira Passos. 2024. 53 f. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) – Instituto de Ciências Humanas, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2024.

O estudo, dividido em dois ensaios, analisa a economia do estado do Rio de Janeiro por meio de uma Rede Complexa de Insumo-Produto (RIP), revelando características estruturais da matriz de insumo-produto fluminense. Utilizando dados de 2015, a pesquisa identifica as relações de interdependências entre 22 setores econômicos da cidade do Rio de Janeiro (R1), da região metropolitana (R2) e do estado do Rio de Janeiro como um todo (R3). A análise mostra a relevância da indústria extrativa e de transformação, além do setor de comércio de serviços, sobretudo os chamados serviços industriais de utilidade pública (SIUP), que se apresentam distribuídos ao longo do território fluminense. Também identificamos a expressiva participação do setor de serviços, incluindo comércio, transporte, atividades financeiras e científicas. Estes são os mais significativos geradores de encadeamentos para frente (graus ponderados de saída nas RIPs) e para trás (graus ponderados de entrada na RIPs). Embora seja a o segundo maior PIB estadual do Brasil, a matriz produtiva do R3 possui fragilidades decorrentes da concentração produtiva e da dependência de setores específicos. Os resultados das RIPs evidenciam setores-chave com elevado potencial de disseminação de externalidades econômicas positivas, as quais são importantes para a elaboração de estratégias de diversificação econômica, bem como para o planejamento estratégico regional. Os resultados também sugerem que relações intersetoriais das RIPs podem ser úteis no entendimento e na análise de resiliência da rede, o que contribui para superar os desafios econômicos dos três níveis regionais analisados. Além disso, esperamos que eles possam contribuir para a qualidade das decisões de políticas públicas que promovam crescimento sustentável da economia fluminense.

Palavras-chave: Matriz insumo-produto; redes complexas; economia regional; Rio de Janeiro.

Códigos do JEL: D57, C38, C67, C81.

ABSTRACT

The study, divided into two essays, analyzes the economy of the state of Rio de Janeiro through a Complex Input-Output Network (RIP), revealing structural characteristics of the input-output matrix of Rio de Janeiro. Using data from 2015, the research identifies the interdependencies between 22 economic sectors of the city of Rio de Janeiro (R1), the metropolitan region (R2) and the state of Rio de Janeiro as a whole (R3). The analysis shows the relevance of the extractive and manufacturing industries, in addition to the trade in services sector, especially the so-called industrial services of public utility (SIUP), which are distributed throughout the territory of Rio de Janeiro. We also identify the significant participation of the services sector, including commerce, transportation, financial and scientific activities. These are the most significant generators of forward (weighted degrees of output in RIPs) and backward (weighted degrees of input in RIPs) linkages. Although it is the second largest state GDP in Brazil, the production matrix of R3 has weaknesses resulting from the concentration of production and dependence on specific sectors. The results of the RIPs highlight key sectors with high potential for disseminating positive economic externalities, which are important for the development of economic diversification strategies, as well as for regional strategic planning. The results also suggest that intersectoral relationships of the RIPs can be useful in understanding and analyzing network resilience, which contributes to overcoming the economic challenges of the three regional levels analyzed. In addition, we hope that they can contribute to the quality of public policy decisions that promote sustainable growth of the economy of Rio de Janeiro.

Keywords: Input-output matrix; complex networks; regional economy; Rio de Janeiro.

JEL codes: D57, C38, C67, C81.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Todas as <i>web pages</i> se conectam apenas com a <i>web page</i> α	24
Figura 2	Todas as <i>web pages</i> conectam-se com mais de uma outra <i>web page</i>	24
Figura 3	Arranjos populacionais, graus de integração entre municípios e concentrações urbanas no estado do Rio de Janeiro.....	28
Figura 4	Rede complexa de insumo-produto do município do Rio de Janeiro (R1): graus ponderados.....	33
Figura 5	Mapa da Região Metropolitana do Rio de Janeiro (Grande Rio ou R2)	34
Figura 6	Rede complexa de insumo-produto da Região Metropolitana do RJ (R2): graus ponderados.....	37
Figura 7	Rede complexa de insumo-produto de todo o estado do RJ (R3): graus ponderados.....	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Evolução dos setores econômicos do RJ: décadas de 1930 até 1970.....	14
Tabela 2	Exemplo de uma tabela de Insumo-Produto para uma economia com 2 setores.....	17
Tabela 3	Setores das MIPs do Rio de Janeiro.....	27
Tabela 4	Estatísticas da rede complexa de insumo-produto do R1, município do RJ.....	32
Tabela 5	Estatísticas da rede complexa de insumo-produto da Região Metropolitana do RJ (R2)	35
Tabela 6	Estatísticas da rede complexa de insumo-produto de todo estado do RJ (R3)	38
Tabela 7	Classes de modularidade que definem os clusters dos setores do R1, município .do RJ.....	38
Tabela 8	Classes de modularidade que definem os clusters da Região Metropolitana do RJ (R2)	44
Tabela 9	Classes de modularidade dos clusters dos setores do estado do RJ (R3)	46
Tabela A1	Setores das MIPs do Rio de Janeiro	63
Tabela A2	Classes de modularidade que definem os clusters dos setores do R1, município do RJ	65
Tabela A3	Classes de modularidade que definem os clusters da Região Metropolitana do RJ (R2)	67
Tabela A4	Classes de modularidade dos clusters dos setores do estado do RJ (R3)	69

SUMÁRIO

1.	ANÁLISE DE INSUMO-PRODUTO DA ECONOMIA DO RIO DE JANEIRO: UMA ABORDAGEM DE REDES COMPLEXAS	9
1.1	Introdução	10
1.2	Aspectos históricos e caracterização da economia fluminense	11
1.3	Desenvolvimento e crescimento econômico do Rio de Janeiro (1980-2023): comparações e desafios	16
1.3.1	<i>Contexto Histórico e Desindustrialização do Rio de Janeiro</i>	<i>16</i>
1.4	Metodologia, dados e software	17
1.4.1	<i>Matriz de insumo-produto</i>	<i>17</i>
1.4.2	<i>Métricas estatísticas de redes complexas e algoritmo de Fruchterman-Reingold</i>	<i>21</i>
1.4.3	<i>Graus ponderados (de saída, de entrada e totais)</i>	<i>22</i>
1.4.4	<i>O PageRankTM</i>	<i>23</i>
1.4.5	<i>O algoritmo de layout de Fruchterman-Reingold</i>	<i>25</i>
1.4.6	<i>Dados e softwares</i>	<i>26</i>
1.5	Resultados	30
1.5.1	<i>Rede complexa de insumo-produto do município do Rio de Janeiro</i>	<i>30</i>
1.5.2	<i>Rede complexa de insumo-produto do arranjo populacional (R2) do Rio de Janeiro</i>	<i>33</i>
1.5.3	<i>Rede complexa de insumo-produto de todo estado do Rio de Janeiro (R3)</i>	<i>36</i>
1.6	Conclusões	43
	Referências	45
	<i>Apêndice 1 – Dados sobre as atividades industriais (extrativa, transformação e construção) e os serviços industriais de utilidade pública (SIUP)</i>	<i>49</i>
2	REDES COMPLEXAS E AGLOMERAÇÕES SETORIAIS: UM ESTUDO DOS CLUSTERS ECONÔMICOS NO RIO DE JANEIRO.....	50
2.1	Introdução	51
2.2	Revisão da literatura	53
2.3	Metodologia	57
2.3.1	<i>Agrupamento hierárquico</i>	<i>60</i>
2.3.2	<i>Dados e software</i>	<i>62</i>
2.4	Resultados: análise dos clusters produtivos do R1, R2 e R3	63
2.5	Conclusões	71
	Referências	73

1. ANÁLISE DE INSUMO-PRODUTO DA ECONOMIA DO RIO DE JANEIRO: UMA ABORDAGEM DE REDES COMPLEXAS

Resumo: Analisamos a economia do estado do Rio de Janeiro por meio de uma Rede Complexa de Insumo-Produto (RIP), revelando características estruturais da matriz de insumo-produto fluminense. Utilizando dados de 2015, a pesquisa identifica as relações de interdependências entre 22 setores econômicos da cidade do Rio de Janeiro (R1), da região metropolitana (R2) e do estado do Rio de Janeiro como um todo (R3). A análise mostra a relevância da indústria extrativa e de transformação, além do setor de comércio de serviços, sobretudo os chamados serviços industriais de utilidade pública (SIUP), que se apresentam distribuídos ao longo do território fluminense. Também identificamos a expressiva participação do setor de serviços, incluindo comércio, transporte, atividades financeiras e científicas. Estes são os mais significativos geradores de encadeamentos para frente (graus ponderados de saída nas RIPs) e para trás (graus ponderados de entrada na RIPs). Embora seja a o segundo maior PIB estadual do Brasil, a matriz produtiva do R3 possui fragilidades decorrentes da concentração produtiva e da dependência de setores específicos. Os resultados das RIPs evidenciam setores-chave com elevado potencial de disseminação de externalidades econômicas positivas, as quais são importantes para a elaboração de estratégias de diversificação econômica, bem como para o planejamento estratégico regional. Os resultados também sugerem que relações intersetoriais das RIPs podem ser úteis no entendimento e na análise de resiliência da rede, o que contribui para superar os desafios econômicos dos três níveis regionais analisados. Além disso, esperamos que eles possam contribuir para a qualidade das decisões de políticas públicas que promovam crescimento sustentável da economia fluminense.

Palavras-chave: Matriz insumo-produto; redes complexas; economia regional; Rio de Janeiro.

Códigos do JEL: D57, C38, C67, C81.

Abstract: The study analyzes the economy of the state of Rio de Janeiro through a Complex Input-Output Network (RIP), revealing structural characteristics of the input-output matrix of Rio de Janeiro. Using data from 2015, the research identifies the interdependencies between 22 economic sectors of the city of Rio de Janeiro (R1), the metropolitan region (R2) and the state of Rio de Janeiro as a whole (R3). The analysis shows the relevance of the extractive and manufacturing industries, in addition to the trade in services sector, especially the so-called industrial services of public utility (SIUP), which are distributed throughout the territory of Rio de Janeiro. We also identify the significant participation of the services sector, including commerce, transportation, financial and scientific activities. These are the most significant generators of forward (weighted degrees of output in RIPs) and backward (weighted degrees of input in RIPs) linkages. Although it is the second largest state GDP in Brazil, the production matrix of R3 has weaknesses resulting from the concentration of production and dependence on specific sectors. The results of the RIPs highlight key sectors with high potential for disseminating positive economic externalities, which are important for the development of economic diversification strategies, as well as for regional strategic planning. The results also suggest that intersectoral relationships of the RIPs can be useful in understanding and analyzing network resilience, which contributes to overcoming the economic challenges of the three regional levels analyzed. In addition, we hope that they can contribute to the quality of public policy decisions that promote sustainable growth of the economy of Rio de Janeiro.

Keywords: Input-output matrix; complex networks; regional economy; Rio de Janeiro.

JEL codes: D57, C38, C67, C81.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil passou por transformações significativas em sua estrutura produtiva, no início dos anos de 1930, devido ao início de seu processo de industrialização, caracterizado pela substituição de importações. Esse movimento de substituição de importações foi implementado com a participação do Estado e tinha como objetivo internalizar a produção no setor industrial e em setores estratégicos para o crescimento econômico (PRADO, 2011). Para atingir esse fim, foram direcionados investimentos estatais principalmente para os setores considerados estrategicamente prioritários, assim como os setores básicos. Nesse contexto, a economia do estado do Rio de Janeiro se beneficiou com a estabelecimento de diversas unidades produtivas estratégicas e de grande importância para a estrutura econômica do país.

Como objetivo principal promover o crescimento econômico, a industrialização e a infraestrutura do país, em 1974, o Governo Federal implementou o II Plano Nacional de Desenvolvimento (II PND). Os principais investimentos foram direcionados ao setor energético, ao desenvolvimento de infraestrutura e à indústria naval e petroquímica (REGO, MARQUES, 2018). O Estado do Rio de Janeiro desempenhou um papel significativo, uma vez que já era uma região importante em termos de infraestrutura industrial, logística e recursos naturais tendo recebido uma parcela substancial dos investimentos do plano. Assim, vale descartar que os substanciais investimentos na Bacia de Campos (RJ) foram responsáveis aumento da produção nacional de petróleo que era um dos objetivos chave do II PND.

Apesar do estímulo do Governo Federal ao desenvolvimento do estado do Rio de Janeiro, o que incluiu a instalação de indústrias de alta tecnologia, a recuperação do dinamismo econômico não foi alcançada devido à crise que afetava o país na metade dos anos 1970 e agravou-se na década seguinte. É importante observar que o II PND ocorreu em um período de turbulência econômica, com crises do petróleo e problemas fiscais. Isso afetou a implementação de algumas das metas do plano, e a economia brasileira enfrentou desafios significativos ao longo dos anos 1970. Assim, as décadas de 1970 e 1980 se caracterizaram por um período de estagnação econômica no Brasil, o que teve impacto direto na economia fluminense cujo processo de enfraquecimento econômico se agravou significativamente entre 1980 e 1995 (NATAL, 2004).

Diante do exposto, torna-se clara a necessidade de estudos que monitorem, analisem e compreendam a estrutura produtiva do Rio de Janeiro, bem como as relações de interdependências entre os diversos setores. Tais estudos podem fornecer subsídios aos

formuladores de políticas públicas para promover um crescimento e desenvolvimento econômico mais eficazes.

Com o intuito de contribuir com a análise e compreensão da estrutura produtiva da economia do Estado do Rio de Janeiro, bem como de suas conexões intra e intersetoriais, este estudo apresenta a Rede Insumo Produto do Rio de Janeiro subdividindo o estado em 3 regiões distintas e tem como base uma matriz regional que descreve as relações entre 22 setores produtivos.

Os dados constantes na matriz insumo produto brasileira são fornecidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e possuem uma defasagem temporal significativa em função dos procedimentos de coleta e tratamento. As Matrizes de Insumo-Produto são elaboradas a partir dos dados das Contas Nacionais do Brasil e a mais recente data do ano de 2015 tendo sido elaborada a partir das Tabelas de Recursos e Usos das Contas Nacionais do Brasil que foram divulgadas em 2017. Assim, apesar do lapso temporal, os dados utilizados neste estudo são os mais recentes disponíveis. Neste trabalho, a avaliação da estrutura produtiva da economia fluminense é aprofundada a partir da aplicação da metodologia de análise de redes complexas e da utilização do índice de índice de Rasmussen-Hirschman.

As RIPs são construídas em três níveis regionais para o Estado do Rio de Janeiro. A primeira região (R1) se refere à cidade do Rio de Janeiro, a segunda região (R2) se refere ao aglomerado urbano do Rio de Janeiro e a terceira região (R3) às relações produtivas em todo o estado do Rio de Janeiro.

Entende-se por arranjo populacional agrupamentos de dois ou mais municípios com forte integração populacional, devido aos movimentos pendulares para trabalho ou estudo, ou à contiguidade entre manchas urbanas. O arranjo populacional do Rio de Janeiro engloba os seguintes municípios: Belford Roxo, Duque de Caxias, Guapimirim, Itaboraí, Itaguaí, Japeri, Magé, Mangaratiba, Maricá, Mesquita, Nilópolis, Niterói, Nova Iguaçu, Paracambi, Queimados, Rio de Janeiro, São Gonçalo, São João de Meriti, Saquarema, Seropédica e Tanguá.

Este ensaio é composto por esta breve introdução que é seguida pela revisão da literatura e pela metodologia que ocupa uma parte significativa do trabalho. A ênfase na metodologia justifica-se pela complexidade das ferramentas analíticas utilizadas e pela necessidade de adaptar os conceitos da teoria de redes à realidade econômica. Em seguida, são apresentados e discutidos os resultados e, por fim, apresentamos as considerações finais.

1.2 Aspectos históricos e caracterização da economia fluminense

Entre as décadas de 1950 e 1970, o Brasil experimentou um período de crescimento robusto. Porém, já nas décadas subsequentes de 1980 e 1990, o país registrou mudanças significativas na atuação do Estado. Tais mudanças podem ser resumidas em três características: abertura econômica, desregulamentação e privatizações. Em paralelo com estas transformações estruturais, houve uma modernização tecnológica das empresas, marcada pela adoção de equipamentos importados e métodos modernos de reestruturações organizacionais. Todavia, a despeito destas evoluções institucionais, o crescimento econômico nessas duas décadas foi menor do que nas duas anteriores. Nesse sentido, apesar das profundas transformações estruturais vivenciadas pela economia brasileira, elas não geraram o processo de expansão observado anteriormente.

Foi apenas a partir de 1996 que o Brasil retomou taxas de crescimento menos tímidas e impulsionadas por novos investimentos, sobretudo nos setores industriais e de infraestrutura. Esse crescimento proporcionou oportunidades diversificadas em diferentes estados. No Rio de Janeiro, destacaram-se os investimentos na indústria de petróleo e gás, decorrentes da descoberta de importantes bacias petrolíferas na região. Além disso, houve investimentos em setores conectados à cadeia do petróleo, como siderurgia, petroquímica, energia e indústria naval. Projetos de infraestrutura também ganharam relevância, especialmente nas áreas de transporte público, portos, infraestrutura urbana e rodovias, impulsionados pelas preparações para os Jogos Olímpicos de 2014.

Outro ponto relevante foram os maiores investimentos nas indústrias voltadas ao conhecimento, como centros de pesquisa e tecnologia, exemplificados pela ampliação do Centro de Pesquisas da Petrobras, pelo parque tecnológico da UFRJ e, mais recentemente, pela inauguração das novas instalações do Instituto de Matemática Pura e Aplicada (IMPA) no Porto Maravilha, Rio de Janeiro, consolidando um marco importante para a educação e inovação no Brasil. O novo espaço integra o projeto IMPA Tech, que oferece o primeiro curso de graduação da instituição, focado em Matemática aplicada à tecnologia e inovação. Este programa busca preparar jovens talentos para áreas como ciência de dados, física e ciência da computação, promovendo soluções para desafios nacionais através da matemática.

De acordo com Hasenclever, Paranhos e Torres (2012), as transformações estruturais na economia brasileira foram impulsionadas por três principais vetores de crescimento. O primeiro refere-se à desconcentração industrial, que resultou na transferência de parte da produção das grandes metrópoles para o interior, ao mesmo tempo em que consolidou as regiões metropolitanas

como polos de atração para investimentos voltados à economia do conhecimento. O segundo vetor é o crescimento do setor de serviços produtivos, como os financeiros, jurídicos, de pesquisa, consultoria e marketing, que se beneficiaram amplamente das inovações em microeletrônica e comunicação. Por fim, as metrópoles continuam a oferecer vantagens significativas como ambientes propícios à diversificação econômica, estimulando o surgimento de novos setores baseados nas estruturas já existentes.

Estes três vetores de crescimento impactaram de maneira distinta a economia do estado do Rio de Janeiro, gerando desafios únicos. A desconcentração relativa para o interior, impulsionada pelo crescimento da indústria de petróleo e gás em cidades como Campos e Macaé, destacou a dificuldade de promover dinamismo econômico em regiões que, historicamente, possuem tradições econômicas diferentes e infraestrutura limitada. Essa realidade foi investigada por Diniz (1993, 2000, 2002) e Hasenclever e Maeda (2007), que evidenciam a heterogeneidade entre os investimentos e a falta de preparo logístico e tecnológico das economias locais. Isso contrasta com São Paulo, cuja desconcentração industrial encontrou um interior mais bem equipado em termos de infraestrutura e urbanização.

Em relação ao segundo vetor, ligado às mudanças tecnológicas e organizacionais alavancadas pela microeletrônica e informática, a economia fluminense não acompanhou o mesmo ritmo de inovação observado em outros estados, como São Paulo e o eixo Belo Horizonte-Porto Alegre. Nessas regiões, incubadoras para biotecnologia e informática prosperaram. Já o Rio de Janeiro, afetado pela transferência da capital para Brasília, enfrentou dificuldades para redefinir sua estratégia econômica, perdendo espaço nos setores de serviços dinâmicos ligados ao desenvolvimento industrial (Kon, 2004). A cidade tornou-se mais conhecida por sua prestação de serviços às famílias e enfrentou obstáculos como violência, burocracia e baixa atratividade para novos negócios (The Economist, 2011).

Por fim, a capacidade das metrópoles de diversificar a produção, destacada por Jacobs (1970, 1984), também ficou comprometida no Rio. Embora tenha sido capaz de manter uma notável infraestrutura intelectual, com universidades e centros de pesquisa relevantes, o estado demorou a adotar estratégias para absorver seu potencial humano (Urani, 2008). Recentemente, iniciativas têm buscado reverter esse cenário, valorizando o capital intelectual disponível e promovendo inovações que integram o desenvolvimento econômico e social da região.

O período entre 1980 e 1995, no estado do Rio de Janeiro, é descrito por Natal (2011) como sendo palco de uma crise econômica, social e político-institucional. De acordo com o autor, as principais marcas econômicas do período foram a declínio e falta de competitividade da indústria

e a redução da destinação total de recursos federais para gastos no estado bem como redução de anúncio de investimentos públicos futuros. O autor também pontua o crescimento e fortalecimento da indústria paulista como fator de perda de competitividade para o Rio de Janeiro, segundo ele, o dinamismo da economia paulista teria provocado uma divisão inter-regional do trabalho delegando às demais economias regionais funções especializadas e complementares à sua.

A despeito da perda de competitividade da economia fluminense, o fluxo migratório para o estado permaneceu crescente entre 1930 e 1980. Chama a atenção a metropolização da capital do estado que em 1940 abrigava 62% do contingente populacional. Em 1980, esse contingente já tinha subido para 77%. Já no que se refere à urbanização, o crescimento da taxa foi de 70% para 92% no mesmo período. Assim, um crescimento populacional ascendente aliado a um momento econômico desfavorável colocou a renda per capita fluminense ainda mais distante da média nacional. A participação do estado no PIB brasileiro caiu de 21% para 13% enquanto a economia paulista passou de 31,3% para 37,8% (SILVA, 2004). A tabela 1 trás dados da economia do Rio de Janeiro entre 1939 e 1980 e ilustra a perda de participação da agropecuária, indústria e serviços no produto nacional.

Tabela 1 – Evolução dos setores econômicos do RJ: décadas de 1930 até 1970.

Setor	1939	1949	1959	1970	1975	1980
Agropecuária	0,06	0,06	0,05	0,02	0,02	0,02
Indústria	0,27	0,19	0,15	0,15	0,13	0,12
Serviços	0,28	0,27	0,24	0,21	0,2	0,18
Total	0,21	0,20	0,18	0,16	0,15	0,13

Fonte: FGV (1972) e IBGE (1987) *in*: SILVA, 2004.

Davidovich (2001) chama atenção para o fato de que a metropolização do espaço abrange não apenas a região metropolitana, mas também uma área circundante delimitada pela acessibilidade e pelo fluxo de pessoas e bens. De acordo com o autor, esse padrão de concentração populacional e atividades tem sido uma característica da cidade do Rio de Janeiro desde os tempos coloniais, quando foi estabelecida como um posto avançado da metrópole ultramarina no Atlântico Sul. Com o passar do tempo, esse perfil intensificou-se, atingindo seu ápice com o papel de capital do país, a função de seu principal porto e, posteriormente, com o status de metrópole.

O planalto fluminense só experimentou uma ocupação efetiva com o cultivo de café. No entanto, a economia do café nessa região contribuiu para a concentração de recursos e funções na cidade do Rio de Janeiro. Isso ocorreu devido ao aumento do comércio juntamente com a expansão

portuária, o crescimento do setor financeiro e o desenvolvimento imobiliário (DAVIDOVICH, 2001).

Entre 1970 e 1980, o índice de crescimento real acumulado da indústria de transformação no Brasil atingiu aproximadamente 135,9% enquanto a economia do estado do Rio de Janeiro atingiu um aumento de 51,9%, expansão significativamente distante do índice nacional. Silva (2004) ressalta que nesse período teve início o processo de desconcentração produtiva, cujo objetivo era aumentar a importância relativa das regiões periféricas do país em relação à produção manufatureira nacional. De acordo com o autor, a situação da indústria regional se tornou mais desafiadora, uma vez que seis dos seus 21 setores enfrentaram quedas no Valor da Transformação Industrial (VTI) ou apresentaram crescimento próximo de zero. Esses setores incluíam Madeira (com 16,1% de variação), Perfumaria (-10,1%), Bebidas (-31,3%), Borracha (27,3%), Farmácia (0,9%), Têxtil (4,3%) e Alimentação (12,7%). Apenas um setor registrou um crescimento igual à média nacional - Matérias Plásticas (com 135%), enquanto dois setores apresentaram crescimento acima da média nacional: Material de Transportes (148,7%) e Vestuário e Calçados (155,2%).

A década de 1980 herdou os desafios do período anterior, todavia, os investimentos do II PND na Bacia de Campos foram bastante frutíferos fazendo com que a participação do estado na produção petrolífera e extrativa mineral nacional crescesse significativamente (CABRAL et al, 2016; NATAL, 2011). Silva (2004), considera que o esvaziamento da economia do rio de janeiro foi consequência do próprio padrão de crescimento da economia nacional que se concentrou espacialmente no estado de São Paulo e de peculiaridades estruturais da economia fluminense que não permitiram maiores encadeamentos nos setores produtivos. O autor também atribui as dificuldades encontradas pela economia do Rio de Janeiro à perda do status de distrito federal tendo em vista que o deslocamento do governo federal para a nova capital levou consigo também volumoso gasto público e a massa de salários do funcionalismo público. Tal impacto não teria sido percebido de imediato em função do Rio cidade ter passado a acumular o status de unidade federativa, o que trouxe consigo benefícios tributários, todavia, com a incorporação do estado da Guanabara essas vantagens foram perdidas.

No período compreendido entre 1993 e 2000, o crescimento cumulativo do Produto Interno Bruto (PIB) do estado do Rio de Janeiro foi de aproximadamente 31%, enquanto na economia nacional essa taxa situou-se em torno de 23%. Considerando apenas a segunda metade da década, o aumento da renda no estado do Rio de Janeiro atingiu 21,4%, em contraste com os 11,7% registrados na economia nacional. Na década 1990 o estado passou a responder por mais de 80%

da produção nacional de petróleo, fator que trouxe fôlego à economia fluminense e movimentou os cofres públicos através do pagamento de royalties (SILVA, 2004).

O final da década de 1990 e a década de 2000 testemunharam uma recuperação econômica no Rio de Janeiro, em grande parte devido ao desenvolvimento da indústria de petróleo e gás, com a descoberta da camada pré-sal no litoral. O estado se tornou um polo para empresas do setor de energia e petróleo, impulsionando o crescimento econômico e a geração de empregos. Apesar do crescimento ligado à indústria de petróleo, a economia do Rio de Janeiro enfrentou desafios significativos durante a década de 2010. A queda dos preços do petróleo, a crise da Petrobras e a recessão econômica no Brasil impactaram a economia do estado. Isso resultou em dificuldades financeiras para o governo estadual e a diminuição da atividade econômica.

1.3 Desenvolvimento e crescimento econômico do rio de janeiro (1980-2023): comparações e desafios

O estado do Rio de Janeiro, historicamente um dos mais importantes polos econômicos do Brasil, passou por profundas transformações entre a década de 1980 e 2023. Nesse período, enfrentou um processo de desindustrialização, expansão do setor de serviços e desafios fiscais. A análise comparativa com estados como São Paulo, Minas Gerais, Rio Grande do Sul, Paraná, Santa Catarina e Bahia revela tendências econômicas distintas, impulsionadas por políticas públicas, investimentos e condições estruturais específicas.

1.3.1 Contexto Histórico e Desindustrialização do Rio de Janeiro

A década de 1980 marcou o início da retração da indústria fluminense, que perdeu espaço para outros estados devido à migração de empresas em busca de menores custos operacionais e incentivos fiscais. São Paulo e Santa Catarina se consolidaram como polos industriais, enquanto o Rio de Janeiro passou a depender cada vez mais do setor de serviços, especialmente atividades relacionadas ao petróleo e gás, concentradas na Petrobras e no Comperj (Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro).

O processo de desindustrialização da economia fluminense pode ser atribuído a diversos fatores. Um dos principais foi o elevado custo de operação, impulsionado por uma carga tributária elevada e altos custos logísticos, que desestimularam investimentos industriais na região. Além disso, a economia do estado se tornou excessivamente dependente do setor de óleo e gás, especialmente do petróleo, o que aumentou sua vulnerabilidade às flutuações nos preços internacionais dessa commodity. Outro elemento significativo foi a crise financeira enfrentada pelo

estado a partir de 2016, que comprometeu a capacidade de investimento público em infraestrutura, prejudicando ainda mais o ambiente industrial local.

1.4. Metodologia, dados e software

A extensão desta seção metodológica justifica-se pelo número de métricas de estatística de rede utilizadas e pela necessidade de detalhar sua aplicação. A teoria de redes complexas exige explicações sobre seus conceitos e sobre sua aplicação à problemas econômicos, enquanto a análise insumo-produto, embora consagrada pela literatura, demanda detalhamento para integrar-se à abordagem de redes. O detalhamento desta combinação metodológica, bem como dos procedimentos e conceitos aplicados, assegura a replicabilidade do estudo, reforça sua credibilidade e evidencia o caráter interdisciplinar da pesquisa.

1.4.1. Matriz de insumo-produto

De acordo com o próprio Leontief: “o método de insumo-produto é uma adaptação da teoria neoclássica do equilíbrio geral para o estudo empírico da interdependência quantitativa entre as atividades econômicas inter-relacionadas” (LEONTIEF, 1965). O sistema de interdependência é apresentado em uma tabela chamada de tabela insumo-produto, cada setor compra e vende uns para os outros. Como pode ser observado de uma forma esquemática na tabela 1, as relações fundamentais de insumo-produto indicam que as vendas dos setores podem ser usadas dentro do processo produtivo pelos setores compradores ou ser consumidas pela demanda final (famílias, governo, investimento, exportações).

Tabela 2 - Exemplo de uma tabela de Insumo-Produto para uma economia com 2 setores

	Setor 1	Setor 2	Consumo Famílias	Governo	Investimento	Exportações	Total
Setor 1	Z_{11}	Z_{12}	C_1	G_1	I_1	E_1	X_1
Setor 2	Z_{21}	Z_{22}	C_2	G_2	I_2	E_2	X_2
Importação	M_1	M_2	M_c	M_g	M_i		M
Impostos	T_1	T_2	T_c	T_g	T_i	T_e	T
Valor Adicionado	W_1	W_2					W
Total	X_1	X_2	C	G	I	E	

Fonte: Guilhoto (2011).

onde: Z_{ij} é o fluxo monetário entre os setores i e j ; C_i é o consumo das famílias dos produtos do setor i ; G_i é o gasto do governo junto ao setor i ; I_i é demanda por bens de investimento produzidos no setor i ; E_i é o total exportado pelo setor i ; X_i é o total de produção do setor i ; T_i é o total de impostos indiretos líquidos pagos por i ; M_i é a importação realizada pelo setor i ; W_i é o valor adicionado gerado pelo setor i .

A tabela acima permite estabelecer a igualdade:

$$X_1 + X_2 + C + G + I + E = X_1 + X_2 + M + T + W \quad (1)$$

Eliminando X_1 e X_2 de ambos os lados, tem-se:

$$C + G + I + E = M + T + W \quad (2)$$

$$\text{Rearranjando: } C + G + I + (E - M) = T + W \quad (3)$$

Desta forma, preservamos as identidades macroeconômicas da tabela de insumo-produto e, com base no que foi descrito anteriormente, desenvolvendo para o caso de n setores, tem-se:

$$\sum_{j=1}^n z_{ij} + c_i + g_i + I_i + e_i \equiv x_i \text{ com } i = 1, 2, \dots, n \quad (4)$$

onde: z_{ij} é a produção do setor i que é utilizada como insumo intermediário pelo setor j ; c_i é a produção do setor i que é consumida domesticamente pelas famílias; g_i é a produção do setor i que é consumida domesticamente pelo governo; I_i é a produção do setor i que é destinada ao investimento; e_i é a produção do setor i que é exportada; x_i é a produção doméstica total do setor i .

Considerando que os fluxos intermediários por unidade do produto final são fixos, deriva-se o sistema aberto de Leontief¹, ou seja,

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j + y_i = x_i \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (5)$$

onde: a_{ij} é o coeficiente técnico que indica a quantidade de insumo do setor i necessária para a produção de uma unidade de produto final do setor j e y_i é a demanda final por produtos do setor i , isto é, $c_i + g_i + I_i + e_i$.

Todas as outras variáveis já foram definidas anteriormente e a equação (5) pode ser reescrita em forma matricial como:

$$Ax + y = x \quad (6)$$

¹ O sistema aberto de Leontief considera a demanda final como sendo exógena ao sistema. enquanto que no sistema fechado esta é considerada endógena.

onde A é a matriz de coeficientes diretos de insumo de ordem $(n \times n)$ e x e y são vetores colunas de ordem $(n \times 1)$

Resolvendo a equação (6) obtém-se a produção total necessária para satisfazer a demanda final:

$$x = (I - A)^{-1}y \quad (7)$$

onde $(I - A)^{-1}$ é a matriz de coeficientes diretos e indiretos, ou seja, ela é a própria matriz de Leontief, a qual igualamos à B . Tendo $B = (I - A)^{-1}$, ressalte-se que o elemento b_{ij} deve ser interpretado como sendo a produção total do setor i que é necessária para produzir uma unidade de demanda final do setor j .

As modificações nos componentes da demanda final (consumo das famílias, gastos do governo, investimento e exportações) impactam sobre produção, emprego, importações, impostos, salários e valor adicionado. Nesse sentido, os estudos empíricos recorrem à mensuração da magnitude desses impactos.

Partindo da matriz inversa de Leontief (B) é possível fazer simulações dos impactos setoriais diretos, indiretos e totais com base em modificações nos componentes da demanda final (método *what-if*). Dessa forma, o cálculo de multiplicadores de produto, emprego e renda, impostos e outras variáveis proporcionam um conhecimento da estrutura setorial da economia em questão. Sendo o multiplicador de produto MP_j a principal referência do nível de atividade econômica (obtido pela soma das colunas de b_{ij}) ele demonstra o quanto determinado setor coluna (j) pode gerar de produção em todos os setores da economia, a partir de um impulso de uma unidade monetária na demanda final total em relação à produção do setor j . Formalmente, segundo Guilhoto (2011):

$$MP = \sum_{i=1}^n b_{ij} \quad (8)$$

Tendo b_{ij} como sendo um elemento pertencente a matriz B inversa de Leontief

Além disso, quando se relaciona a variável de interesse com a produção obtém-se o coeficiente direto da variável em questão:

$$v_j = \frac{V_j}{X_j} \quad (9)$$

A partir dos coeficientes diretos apresentando na equação (3) chega-se ao impacto total (direto e indireto) sobre a variável de interesse, que são chamados de *geradores*:

$$GV_{ix1} = \sum_{l=1}^n b_{lj} v_{lx1} \quad (10)$$

Sendo a variável de interesse o valor adicionado, pode-se encontrar o gerador por meio da seguinte equação:

$$VA_{ix1} = \sum_{l=1}^n b_{lj} va_{lx1} \quad (11)$$

onde va_{ix1} , que é a razão entre o valor adicionado bruto e o valor bruto da produção, demonstra a variação ocorrida no valor adicionado bruto do setor i devido a uma variação unitária na demanda final. Já a razão entre o gerador VA_{ix1} e o coeficiente direto va_{ix1} é chamada de multiplicador do valor adicionado.

Analogamente, encontram-se os multiplicadores de empregos, salários, impostos e importações. Neste trabalho os multiplicadores limitam-se ao consumo intermediário, ou seja, são analisados apenas os indicadores de tipo 1, tal como foram denominados por Hubbard e Brown (1981).

Desse modo, considerando B como a matriz inversa de Leontief, b_{ij} como sendo um elemento da matriz inversa de Leontief, B^* como sendo a média de todos os elementos de B , b_i e b_j como sendo respectivamente a soma de uma coluna e de uma linha típica de B , tem-se formalmente os índices de encadeamento para trás e para frente.

Índice de encadeamento para trás (poder da dispersão):

$$U_j = [B_j / n] / B^* \quad (12)$$

Índice de encadeamento para frente (sensibilidade da dispersão):

$$U_i = [B_i / n] / B^* \quad (13)$$

onde U_j é o coeficiente de encadeamento para trás, que mostra o quanto é demandado por cada setor em seus encadeamentos para trás, ou seja, quanto um determinado setor compra dos outros setores. Por outro lado, U_i é o coeficiente de encadeamento para frente, que revela o quanto é ofertado por cada setor em seus encadeamentos para frente, ou seja, quanto um determinado setor vende para os outros setores da economia.

Conforme Miller e Blair (2009) a partir dos resultados dos índices anteriores, surgem quatro classificações, dependendo dos resultados: (i) independentes ou pouco relacionados, quando ambos os índices forem inferiores a 1; (ii) dependentes ou fortemente relacionados, quando

os dois índices simultaneamente forem superiores a 1 (setores chave); (iii) dependentes da oferta interindustrial, quando somente o índice de encadeamento para trás for maior do que 1; e (iv) dependentes da demanda interindustrial, quando somente o índice de encadeamento para frente for superior a 1.

1.4.2. Métricas estatísticas de redes complexas e algoritmo de Fruchterman-Reingold

A teoria dos grafos é um campo matemático que estuda a representação e análise de relações entre objetos, chamados de "nós," por meio de conexões chamadas de "arestas". Essa teoria tem aplicações em diversas áreas, incluindo ciência da computação, engenharia, logística, biologia, e, notavelmente, na análise econômica.

Na análise econômica, a teoria dos grafos tornou-se uma ferramenta valiosa para modelar, visualizar e entender as redes complexas que descrevem transmissões de energia elétrica, impulsos neuronais, transporte de cargas, relações sociais, políticas e também financeiras e econômicas. Nesse sentido, as redes complexas são redes com muitas arestas ou conexões e estruturas intrincadas, que ajudam a descrever as interconexões de entidades econômicas, como empresas, setores, mercados e até mesmo países.

As matrizes de insumo-produto (MIPs) podem ser representadas como redes complexas. Cada setor econômico é representado como um nó, e as transações econômicas entre esses setores são representadas como arestas. Isso permite a análise das interdependências econômicas entre setores e a avaliação de choques econômicos em cascata.

Os encadeamentos para frente e para trás, tal como descritos pelo economista Albert O. Hirschman, constituem uma abordagem importante para analisar os efeitos econômicos de mudanças em um setor específico de uma economia. Essa teoria descreve como as mudanças na demanda ou na produção de um setor podem afetar outros setores da economia, criando um efeito cascata.

O encadeamento para frente (*forward linkage*) ocorre quando *um aumento na produção ou na demanda de um setor específico gera um aumento na produção e na demanda em setores relacionados*. Isso ocorre porque *o aumento na atividade de um setor impulsiona a demanda por produtos ou serviços de outros setores que estão ligados a ele na cadeia produtiva*. Dentro desse contexto, os encadeamentos para frente, também conhecidos como horizontais explicam a parcela do investimento induzido relacionada à venda de insumos pelas indústrias refletindo os estímulos

à produção que resultam do uso dos insumos adquiridos. Quando os índices de encadeamento para frente excedem 1, indicam que o setor é altamente demandado pelos demais.

Já o encadeamento para trás (*backward Linkage*) descreve a situação na qual um aumento na produção ou na demanda de um setor específico leva ao aumento da produção e da demanda nos setores que fornecem os insumos e matérias-primas para esse setor. Em outras palavras, um setor que depende de insumos de outros setores gera demanda para esses setores fornecedores. Também chamados de encadeamentos verticais, eles revelam até que ponto um setor demanda insumos da economia em comparação com os demais. Quando seus valores ultrapassam 1, sinalizam que o setor depende substancialmente dos demais setores.

O índice de ligação Hirschman-Rasmussen, doravante abreviado como IHR, foi desenvolvido com base na teoria dos encadeamentos produtivos de Hirschman e representa a soma dos encadeamentos para frente e dos encadeamentos para trás fornecendo uma medida da importância relativa de um setor específico na economia. Quando ambos os encadeamentos são maiores que 1, o IHR também será superior a 1, o que indica que o setor em questão desempenha um papel de destaque na economia, tanto na demanda por insumos quanto na oferta de produtos e serviços.

Com efeito, O IHR é frequentemente utilizado para identificar setores-chave em uma economia, setores com um IHR elevado são considerados essenciais para o crescimento econômico e para a geração de emprego.

Mudanças em setores com IHR alto terão efeitos mais amplos e profundos na economia como um todo, tornando-se particularmente relevantes para a previsão de consequências de eventos, políticas ou choques econômicos. O IHR ajuda ainda a compreender a competitividade de setores industriais e as interconexões entre eles. Isso é útil para estratégias de negócios, formulação de políticas industriais e análises de cadeias de suprimento.

1.4.3. Graus ponderados (de saída, de entrada e totais).

No âmbito da ciência de redes, as métricas adequadas para descrever os encadeamentos para frente, para trás e a soma deles (o IHR) são, respectivamente, os graus ponderados de saída, de entrada e o grau ponderado total (que representa a soma dos dois anteriores, isto é, o IHR).

$$k_i = \sum_{j=1}^n a_{ij}, \quad 0 < k_i < n \quad (14) \quad \text{e} \quad k_v = |N_v| \quad 0 < k_v < n \quad (15)$$

Onde a_{ij} é a entrada da i -ésima linha e j -ésima coluna da matriz de adjacência A . E N_v é a vizinhança do agente (nó ou vértice) V .

Em redes direcionadas, como é o caso da rede da Matriz de Insumo-Produto (MIP), na qual todos os nós/setores pertencentes à rede estão interconectados, temos:

k_i^+ = grau de entrada (*número de encadeamentos para trás de cada nódulo/setor; ou seja, número das arestas ou encadeamentos que começam no nódulo v*).

k_i^- = grau de saída (*número de encadeamentos para frente, isto é, número das arestas ou relações que terminam no agente v*).

$$k_i^+ = \sum_{j=1}^n a_{ij} \quad (16) \quad \text{e} \quad k_i^- = \sum_{j=1}^n a_{ji} \quad (17)$$

A medida do grau em redes direcionadas é também conhecida como prestígio. Há dois tipos de prestígio: (i) o prestígio de suporte, que se relaciona com o grau de entrada; e (ii) o prestígio de influência, relacionado ao grau de saída.

Em redes ponderadas, como as deste estudo, a força é análoga ao grau e corresponde à soma dos pesos das conexões associadas a um determinado agente (ou às relações ligadas a esse agente), como ilustrado na equação (5).

Dessa forma, *o grau ponderado representa o IHR sendo equivalente à soma dos pesos das arestas adjacentes a um dado nódulo/setor ou dos encadeamentos ligados a este.*

$$k_i^w = \sum_{j=1}^n a_{ij}^w \quad (18)$$

onde w equivale ao peso dos encadeamentos vinculados ao setor.

1.4.4. O PageRankTM

Conforme Dode e Hasani (2017), o PageRankTM é um algoritmo de análise de ligações que se baseia no *conceito de centralidade do vetor próprio*, utilizado pelo motor de busca da Google na *medição de importância ou relevância das páginas da internet*.

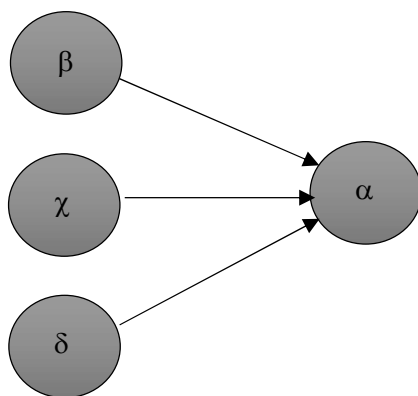
A relevância de uma página é medida com base *no valor da informação transmitida por essa página*. As que são consideradas mais valiosas tendem a aparecer no topo dos resultados das pesquisas no Google. A ideia do algoritmo é que a informação da Web pode ser classificada de acordo com a popularidade da ligação: *quanto maior o número de páginas ligadas a uma dada página Web, maior a sua popularidade*. No entanto, *a relevância dessas ligações também é*

importante. O PageRank mede a importância relativa de um conjunto de páginas Web, tendo por base não apenas a quantidade, mas sobretudo a qualidade das respectivas ligações.

Seja uma rede com somente 4 agentes/web pages α , β , χ e δ . Por simplicidade, ignoramos os vínculos entre um agente e ele mesmo e os vínculos múltiplos entre dois agentes. Em um momento inicial do desenvolvimento do algoritmo, o somatório dos valores de $PageRank^{TM}$ para todas os nós (que no caso seriam *web pages* da internet) equivalia ao número de páginas da web.

Porém, nas versões aperfeiçoadas do $PageRank^{TM}$, seus valores passaram a ter uma distribuição probabilística no intervalo entre 0 e 1, expressando a probabilidade de um usuário chegar a uma determinada página, *acessando aleatoriamente os links* (ou vínculos, na linguagem de redes).

Figura 1- Todas as *web pages* se conectam apenas com a *web page* α .



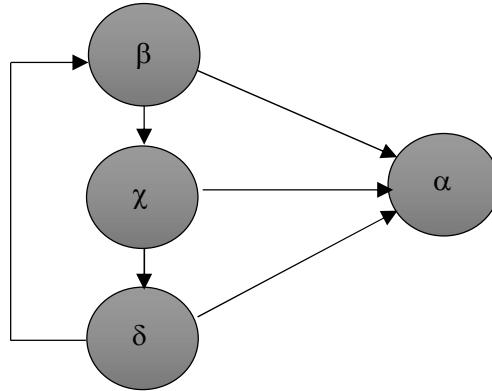
Fonte: elaboração própria.

A primeira etapa do cálculo do algoritmo (que é um processo iterativo), assume-se que todas as *web pages* possuem o mesmo valor de $PageRank^{TM}$. No primeiro passo do processo de cálculo iterativo desta métrica, todas as páginas têm o mesmo valor de $PageRank^{TM}$. Com somente 4 *web pages*, atribui-se o valor 0,25 para cada página (obviamente o somatório será igual a um).

Na rede da figura 1, na segunda etapa do processo iterativo, cada conexão “envia” o valor 0,25 para o $PageRank^{TM}$. Portanto, temos:

$$Pr(\alpha) = Pr(\beta) + Pr(\chi) + Pr(\delta) \quad (19)$$

Figura 2 - Todas as *web pages* conectam-se com mais de uma outra *web page*



Fonte: elaboração própria.

Na rede da figura 2, na segunda iteração, metade do valor de β é transferido para α (0,125) e a outra metade vai para χ (0,125). Como a página δ conecta-se com 3 páginas, deve-se tomar a terça parte do valor que ela transfere para as demais. O $PageRank^{TM}$ fica assim:

$$\Pr(\alpha) = \frac{\Pr(\beta)}{2} + \frac{\Pr(\chi)}{1} + \frac{\Pr(\delta)}{3} \quad (20)$$

Isto é, a página referenciada com um link na internet contribui com o $PageRank^{TM}$ conforme o valor do $PageRank^{TM}$ da página com este link dividido pelo número de links que a página possui. Se denotarmos por $L(\bullet)$ o número total de links de uma *web page*, o nosso exemplo com 4 links terá a seguinte expressão.

$$\Pr(\alpha) = \frac{\Pr(\beta)}{L(\beta)} + \frac{\Pr(\chi)}{L(\chi)} + \frac{\Pr(\delta)}{L(\delta)} \quad (21)$$

Portanto, podemos generalizar a expressão anterior e deduzir (22).

$$\Pr(\mu) = \sum_{\lambda \in B_\lambda} \frac{\Pr(\lambda)}{L(\lambda)} \quad (23)$$

Portanto, o valor de $PageRank^{TM}$ de uma *web page* μ , varia conforme os outros valores de $PageRank$ de cada *web page* λ contida no conjunto B_λ dividido pelo número de links $L(\lambda)$ que existem em λ . Este conjunto B_λ reúne todas as páginas que possuem links para a página μ .

1.4.5. O algoritmo de layout de Fruchterman-Reingold

O algoritmo de Fruchterman-Reingold (1991) é um algoritmo de layout direcionado pela força, isto é, ele avalia a força existente entre dois vértices ou nós (que no caso da rede complexa a ser analisada na seção 4, são representados pelos setores da MIP).

Ele é amplamente utilizado para o layout de redes complexas e baseia-se no modelo de forças físicas, conhecido como *force-directed layout*. O algoritmo simula o comportamento de partículas sujeitas a forças de atração e repulsão, representando os nós como partículas e as arestas como molas. O objetivo é encontrar uma disposição visual onde a rede esteja bem distribuída no espaço e as sobreposições sejam minimizadas, melhorando a legibilidade.

Funciona com base em quatro características principais:

- Forças de Repulsão: Cada par de nós repele-se mutuamente, simulando forças eletrostáticas, para evitar que fiquem muito próximos.
- Forças de Atração: Cada aresta age como uma mola, atraindo os nós conectados, para manter as conexões visíveis e representativas.
- Iterações de Otimização: O layout é ajustado iterativamente, movendo os nós para posições que minimizem a energia total do sistema, com base em um equilíbrio entre as forças de atração e repulsão.
- Controle de Temperatura: O algoritmo utiliza uma "temperatura" que regula o tamanho dos deslocamentos em cada iteração, diminuindo gradualmente para alcançar um estado estável.

O algoritmo é relativamente simples de implementar e ajustar, tendo flexibilidade, isto é, aplica-se bem às redes de pequeno a médio porte. Mas sua principal limitação é que, para redes muito grandes, pode ser computacionalmente custoso devido ao número elevado de interações entre os nós.

Uma analogia bastante usada diz que neste algoritmo os nós são representados por anéis de aço e as arestas são molas entre eles. A força atrativa equivale à força da mola e a força repulsiva representa a força elétrica.

No caso da MIP, as arestas ou ligações que representam a força são ponderadas (ou “pesadas”) pelo Índice de Hirschmann-Rasmussen - IHR (que sintetiza a força dos encadeamentos para frente e para trás).

1.4.6. Dados e softwares

Neste estudo foi empregada a matriz regional de insumo-produto referente ao estado do Rio de Janeiro, com vinte e dois setores produtivos referente ao ano de 2015. Tal matriz foi gerada a partir da regionalização da matriz inter-regional de insumo-produto Rio de Janeiro vis-à-vis o Restante do Brasil, com uma estrutura tecnológica de setor versus setor, que abrange vinte e dois setores produtivos para cada região, listados na tabela a seguir, conforme descrições do CNAE – Classificação Nacional das Atividades Econômicas, as quais são elaboradas pelo CONCLA – Comissão Nacional de Classificação do IBGE². A matriz foi estimada pela Núcleo de Economia Regional e Urbana da Universidade de São Paulo – NEREUS utilizando o *método Interregional Input-Output Adjustment System – IIOAS* e disponibilizada por Haddad et al. (2020).

Tabela 3: Setores das MIPs do Rio de Janeiro

SETOR	DESCRIÇÃO	SETOR	DESCRIÇÃO
1	Agricultura, pecuária, produção florestal, pesca e aquicultura	12	Informação e comunicação
2	Indústrias extrativas	13	Atividades financeiras, de seguros e serviços relacionados
3	Produtos alimentares	14	Atividades imobiliárias
4	Máquinas e equipamentos	15	Atividades científicas, profissionais e técnicas
5	Outras indústrias de manufatura	16	Atividades administrativas e serviços complementares
6	Eleticidade e gás	17	Administração pública, defesa e seguridade social
7	Água, esgoto, atividades de gestão de resíduos e descontaminação	18	Educação
8	Construção	19	Saúde humana e serviços sociais
9	Comércio; reparação de veículos automotores e motocicletas	20	Artes, cultura, esporte e recreação
10	Transporte, armazenagem e correio	21	Outras atividades de serviços
11	Alojamento e alimentação	22	Serviços domésticos

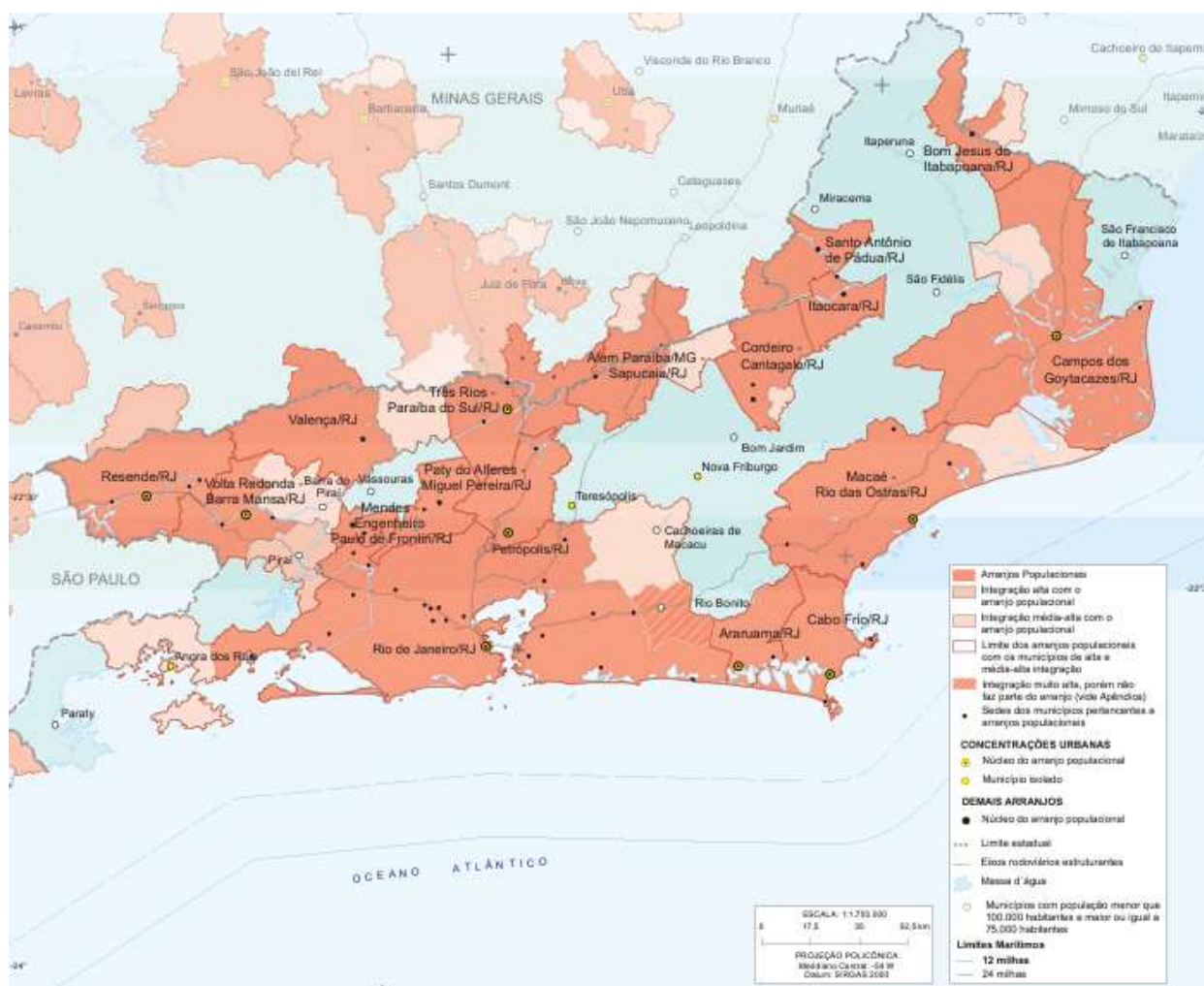
Fonte: IBGE.

O estudo é dividido em três regiões. A primeira (R1) refere-se à cidade do Rio de Janeiro, a segunda (R2), ao arranjo populacional do Rio de Janeiro e a terceira (R3), às relações produtivas de todo o estado do Rio de Janeiro.

² Website do CONCLA, para consultas dos setores do CNAE - <https://concla.ibge.gov.br/busca-online-cnae.html>

O arranjo populacional do Rio de Janeiro, ilustrado no mapa da Figura 3 a seguir, é uma área de concentração populacional que inclui a cidade do Rio de Janeiro e municípios vizinhos em seu entorno. Essa região metropolitana é uma das mais populosas e urbanizadas do Brasil e da América do Sul. É também conhecida como Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ) ou Grande Rio. É caracterizada por uma densa rede urbana, que se estende desde o litoral até áreas montanhosas e possui uma população significativa.

Figura 3 – Arranjos populacionais, graus de integração entre municípios e concentrações urbanas no estado do Rio de Janeiro.



Fonte: IBGE.

O mapa da Figura 3 foi elaborado pelo IBGE e mostra os municípios que compõem o aglomerado do Rio de Janeiro, a saber: Belford Roxo, Duque de Caxias, Guapimirim, Itaboraí, Itaguaí, Japeri, Magé, Mangaratiba, Maricá, Mesquita, Nilópolis, Niterói, Nova Iguaçu, Paracambi, Queimados, Rio de Janeiro, São Gonçalo, São João de Meriti, Saquarema, Seropédica e Tanguá.

A construção de uma MIP exclusivamente para o arranjo populacional do Rio de Janeiro (R2) justifica-se pelas características demográficas da região, a qual tem a metropolização como uma característica histórica. Silva (2004) considera que a metropolização é uma das características mais marcantes da economia fluminense, o que se traduz pela significativa concentração de sua produção e renda na região. De acordo com os dados apresentados pelo autor, em 2000, cerca de 71% do Produto Interno Bruto (PIB) estadual era gerado nessa área específica, com a capital estadual contribuindo com 54% do total do PIB do estado.

A intensa urbanização da economia no estado do Rio de Janeiro, que tem como destaque a concentração na capital estadual, consolidou-se com traços duradouros na estrutura social e urbana da região. Essa característica teve suas origens na separação oficializada em 1834 entre a cidade do Rio e o interior do estado do Rio de Janeiro, bem como na posição de capital, que o território carioca desempenhou ao longo de quase dois séculos, tanto no período imperial quanto na república (SILVA,2004).

A grande indústria desempenhou um papel crucial na organização da metrópole, especialmente nos setores de construção naval. Todavia, já na década de 1950, o setor de serviços dominava a economia da cidade do Rio de Janeiro, que atuava como um ponto de concentração de renda de todo o território nacional e de migrantes. Foi esta migração massiva que contribuiu para a expansão de um setor de serviços de baixa qualificação e remuneração (DAVIDOVICH, 2001).

Outro elemento importante na urbanização da região fluminense refere-se à separação geográfica entre empresas sediadas na cidade do Rio de Janeiro e suas instalações localizadas a certa distância da metrópole. As empresas estatais desempenharam um papel significativo na siderurgia e realizaram investimentos sucessivos na produção de álcalis, petróleo e energia nuclear. A criação da Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), no governo de Getúlio Vargas, na cidade de Volta Redonda (1941), atendeu a vários objetivos.

Um deles foi valorização estratégica da região do Vale do Paraíba do Sul, entre o Rio de Janeiro e São Paulo. Esta região já era atendida por ferrovias. Essa localidade do antigo estado fluminense adquiriu, com isto, importância estratégica para os investimentos de interesse nacional. Além disso, cabe mencionar a presença da Academia Militar das Agulhas Negras, na cidade de Resende, bem como a designação de Volta Redonda e Angra dos Reis como municípios de segurança nacional até os anos 1960.

Os softwares utilizados foram o Excel 2019, para tratamento primário dos dados das matrizes de insumo-produto, e o Gephi 0.9.7, que é um software livre para computação de estatísticas de redes complexas e modelagem gráfica destas redes com base em diversos algoritmos de layout.

1.5. Resultados

Primeiramente, na subseção 1.5.1, apresentamos as métricas e a rede complexa de insumo-produto do município do Rio de Janeiro (o qual denominamos de R1), que é capital do estado. Em seguida, na subseção 1.5.2, fazemos o mesmo para a região metropolitana fluminense (que chamamos de R2 e que também é conhecida como região do “Grande Rio”). Por fim, na subseção 1.5.3, repetimos a abordagem com o estado do Rio de Janeiro como um todo (R3).

1.5.1. Rede complexa de insumo-produto do município do Rio de Janeiro

Na tabela 4, observamos, em ordem decrescente de graus ponderados, os setores mais representativos da rede. O grau ponderado é a soma dos graus ponderados de saída (que representam os encadeamentos para frente) e dos graus ponderados de entrada (que denotam os encadeamentos para trás). *Assim, quanto maior for o grau ponderado, mais relevante será o setor em termos quantitativos (mas não qualitativos).*

Os setores que registraram os índices mais elevados de encadeamento para a frente (isto é, aqueles com maiores graus de saída ponderados, ou os que foram mais demandados por outros setores da região) foram: comércio e reparação de automotivos (5.410,04); transporte, armazenagem e correio (4.707,61); atividades financeiras, seguros etc. (4.439,36); atividades científicas, profissionais e técnicas (3.839,97); atividades imobiliárias (3.770,06) e atividades administrativas e serviços complementares (3.739,93). A Figura 4 mostra a rede complexa com a distribuição dos graus ponderados para todos os setores.

Já no que se refere a geração de encadeamentos para trás, os maiores índices foram registrados para os seguintes setores: atividades, profissionais e técnicas (4.722,36); comércio e reparação de automotivos (3.641,17); atividades administrativas e serviços complementares (3.322,53); transporte, armazenagem e correio (3.164,10) e saúde humana e serviços sociais (3.087,80).

Chama a atenção a relevância do setor 2: atividades profissionais, científicas e técnicas. Ele possui que possui índices equilibrados de encadeamentos para trás (4.722,36) e para frente (3.839,97), mas impressiona com a medida de *PageRankTM* mais significativa da RIP (0,115).

Este setor compreende atividades jurídicas, contabilidade, arquitetura e engenharia, pesquisa científica, publicidade, pesquisa de mercado, fotografia profissional, consultorias e serviço veterinário. Estão aí inclusas a criação e a produção de campanhas de publicidade para qualquer finalidade, para veiculação em quaisquer tipos de veículos de comunicação e *atividades de sedes de empresas* e de consultoria em gestão empresarial. O *PageRankTM* é projetado para avaliar a importância relativa de um setor dentro da rede. Ele funciona atribuindo pontuações a cada setor com base em sua importância percebida na rede. A ideia fundamental por trás do *PageRankTM* é que um setor é importante se for vinculado a outros setores importantes. Nesse sentido, o *PageRankTM* pode ser entendido como uma medida de relevância da qualidade das conexões de um setor. Assim, um setor pode apresentar um nível de encadeamento menor mas ter um *PageRankTM* alto, caso tenha conexões mais relevantes, em termos qualitativos, do que as dos demais. O algoritmo leva em consideração o número e a qualidade das conexões que apontam para um setor/nóculo. Dessa forma, um setor com muitas conexões de outros setores importantes tem uma classificação mais alta. Portanto, *o fato de a Vale e a Petrobras, que são as duas maiores empresas do país, estarem sediadas na cidade do Rio de Janeiro, ajudou a “inflar” os números e a importância das conexões desse setor.*

O setor de serviços carrega a característica de ser mais concentrado que o da indústria. E no que se refere aos serviços de informação e comunicação, que são serviços prestados às empresas (*business to business* ou B2B), ele é intensivo em tecnologia (Hasenclever et al, 2012). No ano de 2015, os serviços técnicos, serviços de publicidade e transportes responderam por 12,1% dos empregos formais na cidade do Rio de Janeiro³. A relevância do setor dentro da MIP é explicada pela qualidade de suas conexões. Como nessa classe estão inclusos os serviços de publicidade, consultoria empresarial e atividades de sedes de empresas, esse setor se liga a maioria das grandes firmas em operação no Rio de Janeiro e a todos os setores estratégicos.

Esta interpretação é confirmada ao se observar a representação gráfica da MIP, onde se observa que o setor possui um dos maiores nós da rede e se liga aos setores mais representativos, como comércio e reparação de automotivos, transp., armazenagem e correio, atividades administrativas e serviços complementares e atividades financeiras.

³ Prefeitura municipal do Rio de Janeiro, Número de empregados por atividade econômica segundo as Áreas de Planejamento (AP), Regiões Administrativas (RA) e Bairros no Município do Rio de Janeiro em 2005-2021. Disponível em <<https://www.data.rio/documents/4ac24082a29c491eb9e45bdadd4e17b9/about>>

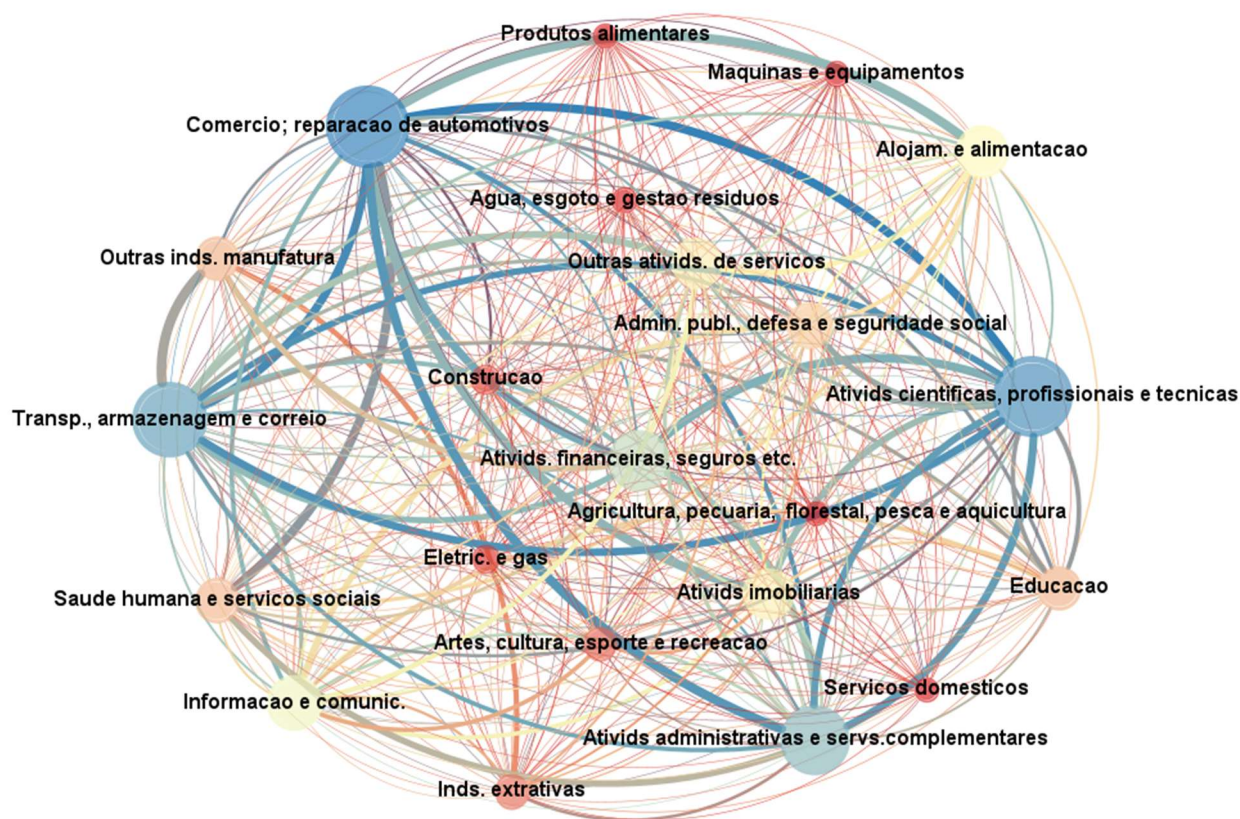
Tabela 4 - Estatísticas da rede complexa de insumo-produto do R1, município do RJ

Rank	Setor produtivo	Grau de entrada ponderado	Grau de saída ponderado	Grau ponderado	PageRanks TM
1	Comércio e reparação de automotivos	3.641,17	5.410,04	9.051,21	0,081
2	Ativds científicas, profissionais e técnicas	4.722,36	3.839,97	8.562,33	0,115
3	Transp., armazenagem e correio	3.164,10	4.707,61	7.871,71	0,069
4	Ativds administrativas e servs.complementares	3.322,53	3.739,93	7.062,46	0,082
5	Ativds. financeiras, seguros etc.	1.365,30	4.439,36	5.804,66	0,039
6	Informação e comunic.	2.128,10	2.713,59	4.841,69	0,077
7	Alojam. e alimentação	2.139,73	2.258,27	4.398,00	0,047
8	Ativds imobiliárias	465,68	3.770,06	4.235,74	0,019
9	Outras ativds. de serviços	2.853,68	1.329,73	4.183,41	0,062
10	Admin. públ., defesa e seguridade social	2.536,52	973,11	3.509,63	0,079
11	Saúde humana e serviços sociais	3.087,80	22,67	3.110,47	0,065
12	Outras inds. de manufaturas	1.824,10	1.199,58	3.023,68	0,035
13	Educação	2.121,75	895,93	3.017,68	0,052
14	Inds. extrativas	1.658,61	55,19	1.713,81	0,060
15	Artes, cultura, esporte e recreação	879,73	594,42	1.474,15	0,025
16	Construção	494,51	296,25	790,76	0,017
17	Eletric. e gás	179,34	363,06	542,40	0,037
18	Água, esgoto e ativds. gestão de resíduos	47,84	147,35	195,19	0,009
19	Máquinas e equipamentos	95,22	3,99	99,21	0,009
20	Produtos alimentares	46,52	19,41	65,93	0,008
21	Agricultura, pecuária, prod. florestal, pesca e aquicultura	6,42	1,48	7,90	0,007
22	Serviços domésticos	0,00	0,00	0,00	0,007

Fonte: Cálculos dos autores a partir da matriz de insumo-produto do SCN/IBGE.

Na escala de cores da rede da Figura 4, quanto maior for a relevância do setor, maior o seu grau ponderado. Quanto maior for esse grau, mais escuro será o azul do nó e da aresta. Em ordem decrescente de grau ponderado, descemos do azul escuro para tons mais claros de azul, depois de verde claro, amarelo, laranja, vermelho claro e, finalmente, o vermelho escuro, que representa os setores com menor grau ponderado, isto é, menos relevantes em termos de IHR (que, como vimos, representa a soma dos encadeamentos para frente e para trás).

Figura 4 - Rede complexa de insumo-produto do município do Rio de Janeiro (R1): graus ponderados



Fonte: Elaboração dos autores a partir da matriz de insumo-produto do SCN/IBGE.



1.5.2. Rede complexa de insumo-produto do arranjo populacional (R2) do Rio de Janeiro

Tal como vimos no mapa da Figura 5, os municípios que compõem a região metropolitana do Rio de Janeiro (R2) são: Belford Roxo, Duque de Caxias, Guapimirim, Itaboraí, Itaguaí, Japeri, Magé, Mangaratiba, Maricá, Mesquita, Nilópolis, Niterói, Nova Iguaçu, Paracambi, Queimados, Rio de Janeiro, São Gonçalo, São João de Meriti, Saquarema, Seropédica e Tanguá.

Em 2024, estas cidades têm uma população residente estimada pelo IBGE de 12.936.629 habitantes. Descontando a população do Rio de Janeiro, que é de 6.729.894 habitantes neste mesmo ano, os outros municípios da R2 tem 6.206.735 habitantes, ou seja, possui 47,98% da população da R2. A R2 também responde por 64% do PIB do estado, com a cidade do Rio de

Janeiro respondendo por cerca da metade do PIB estadual e os outros municípios da R2 gerando cerca de 14% deste PIB⁴.

Figura 5 – Mapa da Região Metropolitana do Rio de Janeiro (Grande Rio ou R2)



Fonte: Fundação Ceperj - Fundação Centro Estadual de Estatísticas, Pesquisas e Formação de Servidores Públicos do Rio de Janeiro.

A tabela 5 tem a mesma configuração da tabela 4, descrita na seção anterior. Suas formas de interpretação são, portanto, bastante similares, a não ser pelo fato de que a tabela 5 descrever as estatísticas da estrutura produtiva do chamado “Grande Rio”, isto é, da região metropolitana (ou arranjo populacional) do Rio de Janeiro (R2). A tabela 4, como vimos, descrevia a economia da cidade do Rio de Janeiro.

Nesse sentido, a tabela 5 evidencia os seis setores que registraram os índices mais elevados de encadeamentos para a frente ou grau de saída (aqueles que foram mais demandados por outros setores da região). Assim, temos em ordem decrescente: atividades científicas, profissionais e técnicas (1.596,81); outras indústrias manufatura (1.543,70); atividades administrativas e serviços complementares (966,04); informação e comunicação (856,9); atividades financeiras, seguros etc. (759,30) e transporte, armazenagem e correios (581,51).

O setor líder em grau de saída foi o de atividades científicas, profissionais e técnicas. Como já mencionamos na seção anterior, onde ele também apareceu com destaque na R1, este setor

⁴ A R2 foi criada em 1974, após a fusão dos estados do Rio de Janeiro e da Guanabara. Ao longo dos anos, a região passou por diversas modificações, com desmembramentos e emancipações de municípios.

engloba atividades jurídicas, contabilidade, arquitetura e engenharia, pesquisa científica, publicidade, pesquisa de mercado, fotografia profissional, consultorias e serviço veterinário.

Tabela 5 - Estatísticas da rede complexa de insumo-produto da Região Metropolitana do RJ (R2)

Rank	Setor produtivo	Grau de entrada ponderado	Grau de saída ponderado	Grau ponderado	PageRanks TM
1	Ativds científicas, profissionais e técnicas	588,40	1596,81	2.185,21	0,069
2	Outras inds. manufatura	463,83	1543,70	2.007,53	0,075
3	Transp., armazenagem e correio	1231,36	581,51	1.812,87	0,089
4	Ativds administr. e servs.complementares	159,11	966,04	1.125,15	0,048
5	Comércio e reparação de automotivos	998,33	53,43	1.051,76	0,109
6	Informação e comunic.	160,18	856,90	1.017,08	0,031
7	Inds. extrativas	691,98	320,40	1.012,38	0,075
8	Ativds. financeiras, seguros etc.	222,82	759,30	982,12	0,029
9	Administ. pública, defesa e seguridade social	699,63	38,49	738,12	0,078
10	Ativds imobiliárias	71,41	326,15	397,56	0,012
11	Construção	223,72	35,21	258,93	0,035
12	Outras ativds. de serviços	187,90	58,44	246,34	0,041
13	Saúde humana e serviços sociais	232,54	0,77	233,31	0,051
14	Alojam. e alimentação	134,56	73,51	208,07	0,036
15	Água, esgoto e ativds gestão resíduos	80,70	11,84	92,54	0,022
16	Produtos alimentares	67,42	7,27	74,69	0,018
17	Máquinas e equipamentos	60,76	1,56	62,32	0,017
18	Artes, cultura, esporte e recreação	51,15	10,49	61,64	0,133
19	Eletric. e gás	486,79	19,95	506,74	0,080
20	Educação	460,14	12,90	473,04	0,058
21	Agricultura, pecuária, florestais, pesca etc.	2,87	1,41	4,28	0,008
22	Serviços domésticos	0,003	0,002	0,01	0,007

Fonte: Cálculos dos autores a partir da matriz de insumo-produto do SCN/IBGE.

Nesta mesma abordagem, os seis setores que exibiram índices mais elevados de encadeamento para trás ou graus de entrada, foram:

1. Transportes, armazenagem e correio (1231,36): este setor está relacionado às atividades dos portos de Niterói e Itaguaí, bem como às várias empresas de ônibus e transporte de cargas por caminhões que existem nas cidades da R2;
2. Comércio e reparação de automotivos (998,33): os serviços de atividades científicas, profissionais e técnicas, descritos no parágrafo anterior são muito demandados pelo forte comércio que existe na R2. Além disso, o tamanho da população e o nível de

renda favorecem as atividades comerciais (muitas delas ligadas à economia informal, ainda que exista também um forte comércio formalizado);

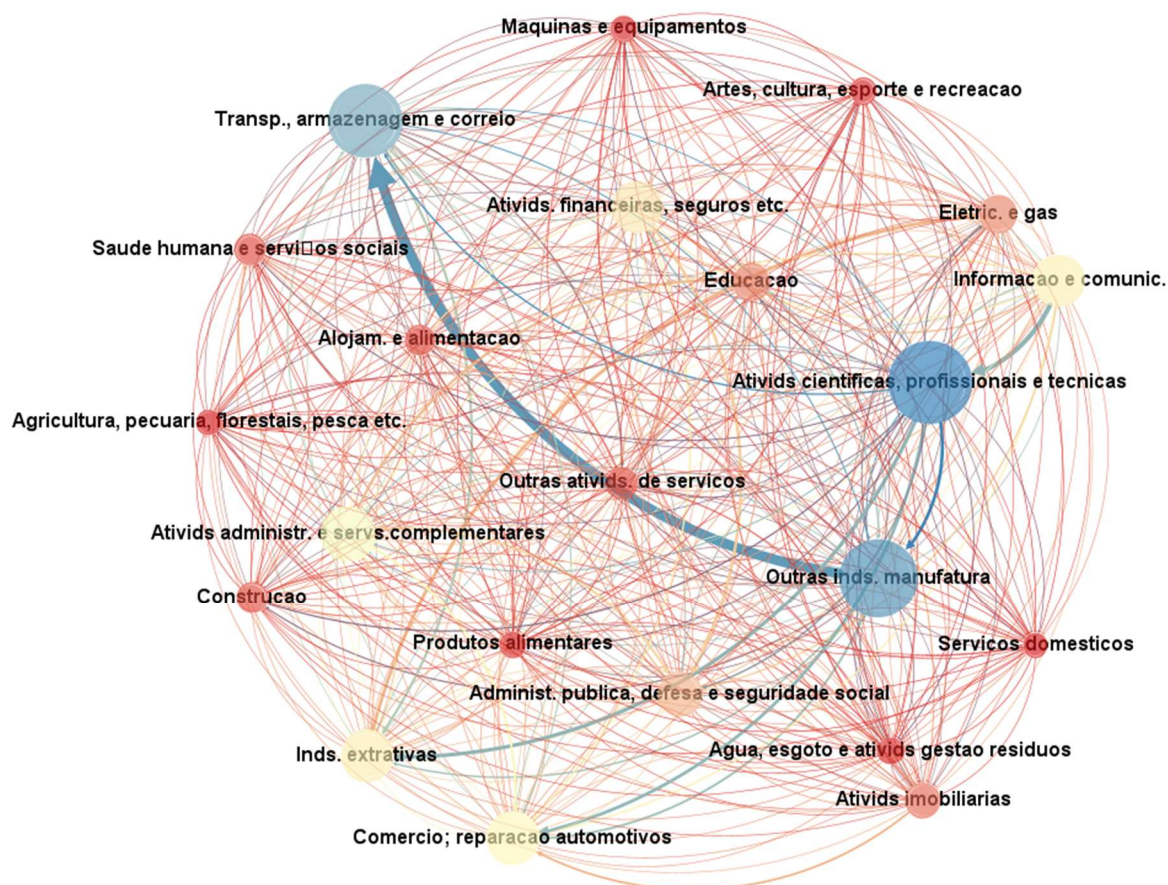
3. Administração pública, defesa e seguridade social (699,63): o Exército Brasileiro possui, na cidade de Niterói algumas das suas unidades (comandos) importantes no estado. Em Paracambi também se encontra o Depósito Central de Munição. O mesmo ocorre com a Marinha, que possui a Base Naval do Rio de Janeiro em Niterói e duas bases de submarinos (uma em Itaguaí e outra em Niterói). Há também outras instituições militares sediadas em cidades do R2.
4. Indústrias extrativas (691,98): um exemplo é a *Afton Chemical*, sediada em Belford Roxo.
5. Eletricidade e gás (486,79): A empresa Raízen tem sua sede em Duque de Caxias.
6. Educação (460,14). este setor está relacionado aos *campi* da UERJ (em São Gonçalo e Duque de Caxias), bem como aos da UFF (em Niterói), aos da UFRRJ (em Seropédica e Nova Iguaçu), ao do IF Fluminense (em Maricá) e aos do IFRJ (em Belford Roxo, Duque de Caxias, Niterói, São Gonçalo, Nilópolis, Mesquita, São João do Meriti e Paracambi), além de outras instituições privadas de ensino superior.

As considerações acima podem ser visualizadas na RIP da Figura 6, cuja interpretação da escala de cores das arestas (ligações) e dos nós - bem como das dimensões de ambos - é similar à da Figura 4.

Destaca-se na figura as conexões fortes entre os setores de transporte armazenagem e correio, outras indústrias de manufatura e atividades profissionais e técnicas. Estas conexões estão destacadas pelas espessuras das arestas de cor azul e pelo maior tamanho dos nós.

Na cor amarela há outras arestas e nós que também são relevantes na RIP: informação e comunicação (com vínculo forte com atividades científicas, profissionais e técnicas); outras indústrias de manufatura (conectada com comércio e reparação automotivos e indústrias extrativas). (conectado com outras indústrias de manufatura); além de duas conexões relevante que vinculam o setor de educação com os setores de indústrias extrativas e eletricidade e gás.

Figura 6 - Rede complexa de insumo-produto da Região Metropolitana do RJ (R2): graus ponderados



Fonte: Elaboração dos autores a partir da matriz de insumo-produto do SCN/IBGE.



1.5.3. Rede complexa de insumo-produto de todo estado do Rio de Janeiro (R3)

A tabela 6 tem as mesmas características das tabelas 4 e 5, das duas seções anteriores. Ela exibe as estatísticas de rede complexa de insumo-produto (RIP) do R3 como, como um todo. Tal como as duas anteriores, os setores da tabela 5 estão dispostos em ordem decrescente de graus ponderados. Portanto, os setores com maiores níveis de centralidade da RIP estão colocados acima e, de forma descendente, os setores menos relevantes são dispostos em seguida.

Assim sendo, a tabela 6 revela que os seis setores com índices mais altos de encadeamentos para a frente ou graus de saída ponderados (aqueles que foram mais demandados por outros setores

da região) foram, em ordem decrescente: comércio e reparação de automotivos (3.572,02); atividades científicas, profissionais e técnicas (3.536,63); transporte, armazenagem e correio (3.155,31); outras indústrias de manufatura (2.723,61); atividades administrativas e serviços complementares (2.347,40) e atividades financeiras, seguros etc. (1.953,21).

Tabela 6 - Estatísticas da rede complexa de insumo-produto de todo estado do RJ (R3)

Rank	Setor produtivo	Grau de entrada ponderado	Grau de saída ponderado	Grau ponderado	<i>PageRanksTM</i>
1	Comércio e reparação de automotivos	3.131,94	3.572,02	6.703,96	0,092
2	Outras inds. manufatura	2.705,76	2.723,61	5.429,37	0,095
3	Ativids científicas, profissionais e técnicas	1.654,94	3.536,63	5.191,57	0,068
4	Transp., armazenagem e correio	1.184,49	3.155,31	4.339,80	0,043
5	Eletric. e gás	2.020,94	1.756,38	3.777,32	0,087
6	Inds. extrativas	2.310,37	1.042,83	3.353,20	0,083
7	Construção	1.704,19	1.584,65	3.288,84	0,049
8	Ativids administrativas e servs.complementares	658,39	2.347,40	3.005,79	0,032
9	Informação e comunic.	1.053,29	1.860,51	2.913,80	0,039
10	Ativids. financeiras, seguros etc.	773,37	1.953,21	2.726,58	0,027
11	Administ. pública, defesa e seguridade social	2.060,19	515,33	2.575,52	0,063
12	Alojam. e alimentação	1.196,76	691,57	1.888,33	0,048
13	Água, esgoto e ativids gestão de resíduos	1.126,71	699,44	1.826,15	0,039
14	Educação	1.297,99	206,24	1.504,23	0,041
15	Saúde humana e serviços sociais	1.442,14	7,36	1.449,50	0,053
16	Máquinas e equipamentos	929,86	284,50	1.214,36	0,031
17	Produtos alimentares	864,36	221,23	1.085,59	0,028
18	Outras ativids. de serviços	754,05	237,28	991,33	0,035
19	Ativids imobiliárias	224,77	651,29	876,06	0,012
20	Agricultura, pecuária, produção florestal, pesca e aquicultura	221,73	414,17	635,90	0,015
21	Artes, cultura, esporte e recreação	227,70	82,98	310,68	0,014
22	Serviços domésticos	-	-	-	0,007

Fonte: Cálculos dos autores a partir da matriz de insumo-produto do SCN/IBGE.

Já comentamos, na seção anterior sobre a RIP da R2, sobre a relevância e as características dos três primeiros setores com maiores encadeamentos para frente (ou graus de saída) da economia fluminense. Em relação ao quarto setor, que é o de atividades administrativas e serviços complementares, esta rubrica engloba serviços como: contabilidade, recepção, arquivamento de

documentos, *coworking*, atendimento telefônico, redação de documentos, elaboração de relatórios, enfim, diversas atividades que podem ser descritas resumidamente como serviços de escritório e apoio administrativo. Estas atividades demonstraram baixo encadeamento para trás (grau de entrada), isto é, são atividades que demandam poucos bens e serviços, mas que são muito demandadas por outros setores. Esta demanda expressiva que este setor possui, tal como as demandas dos outros três setores que lideram o “sexteto” descrito no parágrafo anterior, é um reflexo do fato de a economia do R3 estar muito baseada em comércio e serviços (como os de transporte e armazenagem e os das atividades científicas, profissionais e técnicas) como já foi mencionado anteriormente na análise dos resultados do R1 e do R2.

Já o quinto setor de atividades financeiras e seguros, suas empresas serão descritas na próxima seção sobre análise de clusters. Por ora, pode-se afirmar que o setor financeiro do R3, o qual está fortemente concentrado na capital do estado, é o segundo mais representativo do país, ficando atrás apenas do setor financeiro de São Paulo, onde está sediada a B3, principal bolsa de valores do país e a maior da América Latina⁵.

Avaliando agora os encadeamentos para trás (graus de entrada ponderados), observamos que os seis setores líderes nesta métrica, em ordem decrescente, são: comércio e reparação de automotivos (3.131,94); outras indústrias de manufatura (2.705,76); indústrias extrativas (2.310,37) ; administração pública, defesa e seguridade social (2.060,19); eletricidade e gás (2.020,94) e construção (1.704,19).

Estes são os setores, portanto, pelo conceito de encadeamentos para trás, que mais demandam bens e serviços de outros setores. Maiores graus de entrada, nesse sentido, implicam em maiores compras de bens e serviços de outros setores que compõem a RIP. Tal como visto nas considerações anteriores, o R3 possui um setor industrial importante, sobretudo em relação às cadeias de petróleo e gás e energia. Este setor é relevante ainda, apesar do processo de desindustrialização que vem afetando vários países e unidades da federação do Brasil. E sua relevância se traduz nestes encadeamentos para trás e também em expressivos encadeamentos para frente (graus de entrada ponderados), conforme podemos observar na tabela 6.

Em relação aos *PageRanks*TM, cabe ressaltar novamente a relevância qualitativa na RIP do setor de administração pública, defesa e seguridade social. A relevância dos setores de comércio e reparação de automotivos; outras indústrias de manufatura; atividades científicas, profissionais e

⁵ Fonte: [https://investidor10.com.br/noticias/b3-e-a-20-maior-bolsa-do-mundo-veja-ranking-104678/#:~:text=A%20B3%20\(B3SA3\)%20%C3%A9%20a,bolsas%20de%20valores%20do%20mundo.](https://investidor10.com.br/noticias/b3-e-a-20-maior-bolsa-do-mundo-veja-ranking-104678/#:~:text=A%20B3%20(B3SA3)%20%C3%A9%20a,bolsas%20de%20valores%20do%20mundo.)

técnicas e eletricidade e gás já foram mencionados na abordagem quantitativa dos graus ponderados (de saída, entrada e totais), conforme podem ser vistos na tabela 6. Mas agora percebemos, pelos *PageRanksTM* em negrito da última coluna desta tabela, a importância qualitativa que estes setores demonstram ter na RIP do R3.

Na RIP da Figura 7 podemos observar as arestas mais espessas que associam de modo significativo:

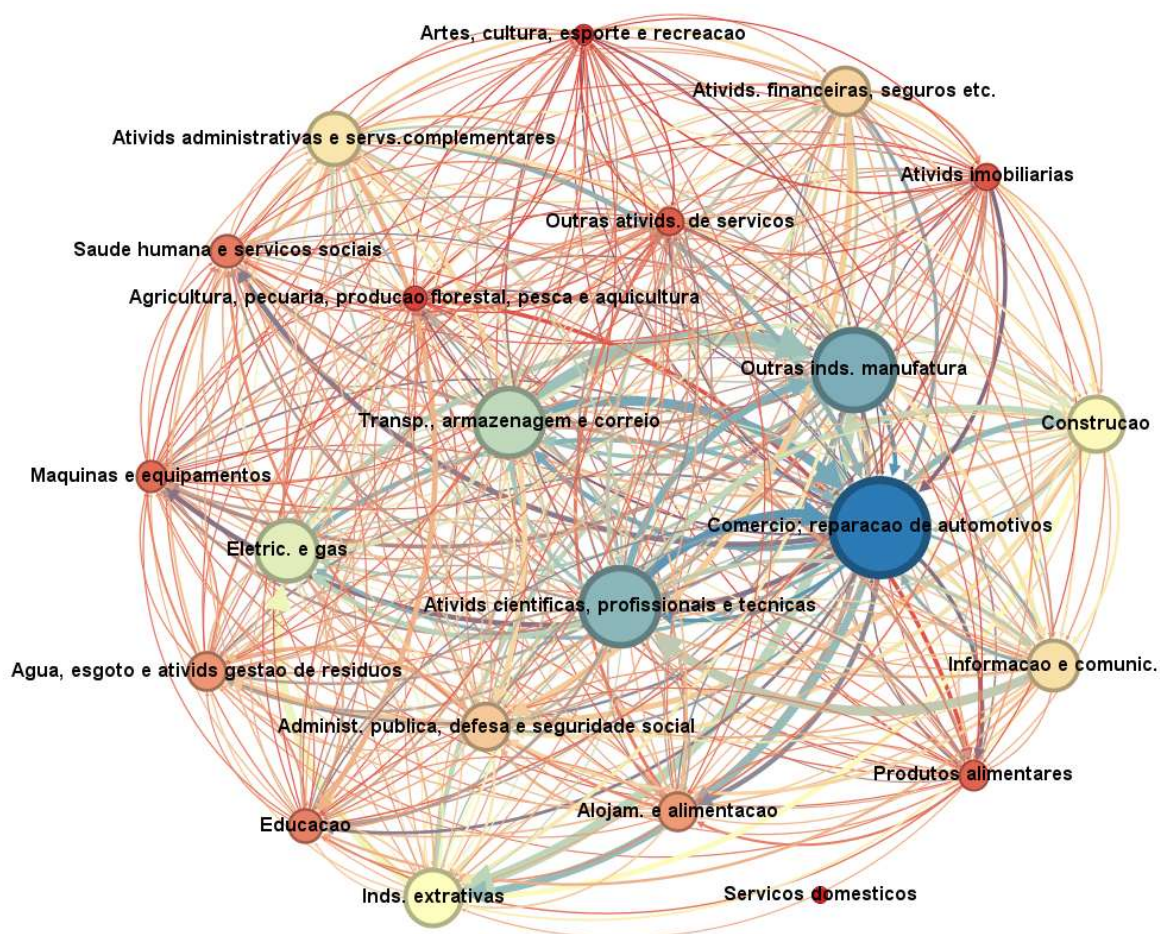
- O setor de comércio e reparação de automotivos com os setores de construção; produtos alimentares; alojamento e alimentação; atividades científicas, profissionais e técnicas e transporte e armazenagem e saúde humana e serviços sociais.
- O setor de outras indústrias de manufatura com os setores de comércio e reparação de automotivos; indústrias extrativas; transporte, armazenagem e correio; atividades financeiras e seguros e alojamento e alimentação.
- O setor de atividades científicas, profissionais e técnicas com os setores de eletricidade e gás; outras indústrias de manufatura; comércio e reparação de automotivos e educação.
- O setor de transporte, armazenagem e correio com os setores de outras indústrias de manufatura; comércio e reparação de automotivos e máquinas e equipamentos e atividades administrativas e serviços complementares. Em termos de infraestrutura, o R3 tem uma condição geográfica favorável para ser *hub* logístico. Sua localização tem distância de somente 500 km de 50% do PIB Nacional, bem como possui saídas por terra, ar e mar. Mesmo sendo o terceiro menor estado da federação (43,8 mil km²), o Estado abriga em seu território portos, aeroportos, rodovias, ferrovias e dutovias, assim como uma infraestrutura de mobilidade urbana, como metrô, trem, barcas, VLT, BRT e bonde. Não obstante, o R3 tem o desafio, assim como o país, de melhorar a qualidade e expandir sua infraestrutura, com o objetivo de tornar-se mais competitivo na atração de investimentos e geração de empregos, com benefícios para a qualidade de vida da sua população.
- O setor de indústria extrativa com o comércio e reparação de automotivos, alojamento e alimentação, eletricidade e gás, construção, outras indústrias de manufatura e atividades financeiras e seguros. A indústria extrativa pode ser considerada como a atividade industrial fluminense mais importante. A base para afirmar isto está no critério do VAB (Valor Adicionado Bruto), o qual soma R\$

70,2 bilhões. Ela possui, portanto, um peso de 47% da atividade industrial do R3. A relevância do extrativismo fluminense vai além das fronteiras do estado, uma vez que ela responde por 44% no VAB nacional⁶. O destaque vai para a indústria de extração de óleo e gás, que participa com 79% da produção nacional de petróleo. A exploração de petróleo vai da região norte até o sul do Estado, pois fazem parte das águas fluminenses a Bacia de Campos e também a Bacia de Santos. O limite entre as duas localiza-se no município de Cabo Frio. Assim, o litoral fluminense abriga a exploração dos maiores blocos de petróleo brasileiros, tanto do pós-sal, quanto do pré-sal. A extração de gás liquefeito de petróleo também tem crescido na matriz industrial do R3 nos últimos anos, com impactos no abastecimento de combustível para termoeletricas, veículos, residências ou mesmo para atividades comerciais e industriais. Também há o abastecimento de outros estados do país por intermédio de gasodutos. Porém, a indústria extrativa do R3 não está limitada somente ao petróleo e ao gás, pois a extração de insumos para a indústria da construção ocorre em todas as regiões do Estado, sobretudo areia e brita. A região noroeste do Estado consolidou-se como a primeira região mineral do Brasil a receber o selo de indicação geográfica (IG) do Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI) para extração de três tipos de rochas ornamentais: Pedra Carijó, Pedra Madeira e Pedra Cinza, nos municípios de Santo Antônio de Pádua, Miracema, Laje do Muriaé, Itaperuna, Porciúncula, Varre-Sai, Natividade, Cambuci, São José de Ubá e Aperibé.

- O setor de administração pública, defesa e seguridade social possui significativos encadeamentos para frente (graus ponderados de saída) com os setores de indústria extrativa; outras indústria de manufatura; comércio e reparação de automotivos e atividades científicas, profissionais e técnicas. Já nos seus encadeamentos para trás (graus ponderados de entrada), os destaques vão para atividades financeiras, seguros etc.; construção; água, esgoto e atividades de gestão de resíduos; transporte, armazenagem e correio e comércio e reparação de automotivos.

⁶ Fonte: <https://rioindustria.com.br/a-industria-do-rio/a-industria-extrativa/>

Figura 7 - Rede complexa de insumo-produto de todo o estado do RJ (R3): graus ponderados



Fonte: Elaboração dos autores a partir da matriz de insumo-produto do SCN/IBGE.



- O setor de construção tem fortes encadeamentos para frente com os setores de indústria extrativa; água, esgoto e saneamento; informação e comunicação e saúde humana e serviços sociais. E possui encadeamentos para trás com os setores de comércio e reparação de automotivos; transporte, armazenagem e correio; atividades científicas, profissionais e técnicas e (novamente) com a indústria extrativa. A indústria da Construção está em todo território fluminense. Possui três segmentos: construção de edifícios, ou indústria imobiliária, obras de infraestrutura e serviços especializados para construção. Como o R3 tem a terceira maior população do país,

ele apresenta uma expressiva demanda por construções, o que se reflete na condição de terceiro estado brasileiro em termos de VAB e número de empregados no setor de construção⁷. O estado também apresenta um déficit habitacional de mais de 468 mil moradias, mesmo tendo a segunda maior renda capita do país. Isto é outro fator que impulsiona o setor de construção: há uma grande demanda reprimida. Praticamente todas as grandes incorporadoras nacionais possuem projetos no estado, para os mais diversos públicos, desde habitações de interesse social até imóveis de alto padrão.

1.6. Conclusões

Este trabalho analisa a economia de três dimensões da economia fluminense: a cidade-capital (R1); a sua região metropolitana (R2) e o estado do Rio de Janeiro como um todo (R3). Modelamos três Redes Complexas de Insumo-Produto (RIP) e utilizamos métricas de network science para examinar as suas características produtivas estruturais. Utilizando dados de 2015, computados pelo Sistema de Contas Nacionais do IBGE, a pesquisa identifica as relações de interdependências entre 22 setores econômicos do R1, R2 e R3. A análise evidenciou a relevância da indústria extrativa e de transformação, além do setor de comércio de serviços, com destaque para os chamados Serviços Industriais de Utilidade Pública (SIUP)⁸, que se apresentam esparsos pelo território fluminense. Os SIUP referem-se às atividades de geração e distribuição de energia, fornecimento de gás, serviços ambientais de água, esgoto e gestão de resíduos. O Rio de Janeiro, conforme dados da sua Associação de Indústrias, é o segundo maior empregador do país em SIUP, atrás apenas de São Paulo. Cabe mencionar a importância, nesse setor, das atividades de geração de energia elétrica em solo fluminense com base em uma matriz energética limpa, composta por termoeletricas movidas a gás natural, geração fotovoltaica, eólica, biogás e PCH. Além disso, o Estado possui o único complexo gerador de energia nuclear do Brasil, localizado no município de Angra dos Reis.

Também se verifica a predominância do setor de serviços, incluindo comércio, transporte, atividades financeiras e científicas, como os mais relevantes produtores de encadeamentos para frente e para trás. Apesar de ser a segunda economia regional do país, a estrutura produtiva do R3 possui vulnerabilidades associadas à concentração produtiva e à dependência de setores específicos. Os resultados da RIP mostram setores-chave com alta capacidade de dispersão de efeitos econômicos, fundamentais para políticas de diversificação econômica e planejamento estratégico regional. Os resultados também sugerem que relações intersetoriais das RIPs são

⁷ Fonte: <https://rioindustria.com.br/a-industria-do-rio/a-industria-da-construcao/>

⁸ Um painel com dados sobre a indústria fluminense e sobre estes serviços encontra-se no apêndice deste trabalho.

cruciais para compreender a resiliência e os desafios econômicos da região, bem como podem ser úteis para auxiliar as decisões de políticas públicas que promovam crescimento sustentável.

Alguns outros resultados do trabalho evidenciam que o setor de indústria extrativa, que o é mais importante setor da indústria fluminense pelo critério do VAB (Valor Adicionado Bruto), o qual soma R\$ 70,2 bilhões, está estreitamente relacionado com os setores de comércio e reparação de automotivos, alojamento e alimentação, eletricidade e gás, construção, outras indústrias de manufatura e atividades financeiras e seguros. A indústria extrativa fluminense responde por 44% do VAB nacional, com ênfase para a indústria de extração de óleo e gás, que participa com 79% da produção nacional de petróleo.

Além disso, o Rio de Janeiro também sedia três importantes empresas estatais, o que impulsiona estes setores: Petrobras, Vale e Eletrobras. É ainda sede de três das cinco maiores empresas do país, pelo critério de receita líquida, conforme dados do Jornal Valor Econômico: Petrobras, Vale e Raízen. Há expressiva sinergia entre estas empresas e o setor de transporte, armazenagem e correio, sobretudo quando se leva em conta a importância do porto do Rio de Janeiro. Ele atende aos estados do Rio de Janeiro, São Paulo, Minas Gerais, Espírito Santo, Bahia e Goiás, principalmente, sendo um dos portos que possui maior movimentação no país, tanto quanto se avalia pelo critério do valor de mercadorias, quanto pela métrica da tonelagem. Seus principais produtos escoados são minério de ferro, manganês, carvão, trigo, gás e petróleo⁹. Com estes produtos, fica clara a conexão do Porto do Rio de Janeiro com os produtos comercializados pelas três empresas citadas. E estes produtos refletem as interconexões de 5 dos 9 setores que fazem parte do cluster da classe de modularidade 2 do R1: transporte/armazenagem/correio; indústrias extrativas; outras indústrias/manufatura; atividades administrativas/serviços complementares e atividades científicas, profissionais e técnicas.

Outra conclusão refere-se à conectividade do setor de outras indústrias de manufatura detém o maior IHR (ou grau ponderado total) e faz parte do cluster do R2 (Região do Grande Rio, ou Região Metropolitana do RJ). Este cluster agrega os setores com maiores IHRs ou graus ponderados totais (indústrias extrativas; outras indústrias de manufatura; eletricidade/gás e administração pública/ defesa/seguridade social). A indústria de transformação da economia fluminense é atividade industrial do Estado que mais gera empregos, com 314 mil trabalhadores com carteira assinada, o que perfaz 54% das empresas da atividade industrial fluminense. Nesse sentido, é o sexto maior complexo industrial brasileiro, pelos conceitos de VAB e de empregados.

⁹ Fonte: <https://www.portosrio.gov.br/>.

Esperamos que este trabalho possa auxiliar a formulação de políticas públicas destinadas à melhoria da economia fluminense. Para trabalhos futuros, pretendemos explorar melhor os resultados, sobretudo na investigação do potencial decorrente da conectividade entre os principais setores constituintes da economia da cidade do Rio de Janeiro (R1), da sua Região Metropolitana (R2) e do estado como um todo (R3).

REFERÊNCIAS

BARABÁSI, A. L. e ALBERT, R. (1999). “Emergence of scaling in random networks”. *Science*, 286(5439): 509-512. Disponível em: <<https://arxiv.org/pdf/0906.0612.pdf>>. Acesso em 06 fev. 2019.

BULHÕES, C. (2022). Economia do Rio e do Brasil em 2021. Blog do IBRE, 05 abr. 2022. Disponível em: <https://blogdoibre.fgv.br/posts/economia-do-rio-e-do-brasil-em-2021>. Acesso em: 02 out. 2023.

_____. (2023). Conjuntura e expectativas da economia do Rio. Blog do IBRE, 04 out. 2023. Disponível em: <https://blogdoibre.fgv.br/posts/conjuntura-e-expectativas-da-economia-do-rio>. Acesso em: 16 jun. 2024.

CERINA, F.; ZHU, Z.; CHESSA, A. and RICCABONI, M. (2015). “World Input-Output Network”. *PLoS ONE*, 10(7): e0134025. doi:10.1371/journal.pone.0134025

DAVIDOVICH, F. (2001). MetrÓpole e território: metropolização do espaço no Rio de Janeiro. *Cadernos MetrÓpole* n. 6, pp. 67-77, 2º sem. 2001.

DODE, A. e HASANI, S. (2017). “PageRank algorithm”. *IOSR Journal of Computer Engineering (IOSR-JCE)*, Volume 19, Issue 1, Ver. III, p. 01-07, Jan.-Feb.

ECONODATA (2024). Econodata: Inteligência em Vendas B2B. Disponível em: <https://econodata.com.br/>. Vários acessos.

FIRJAN. (2022). PIB Brasil e Rio de Janeiro: resultados e projeções. Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro, 2022. Disponível em: <https://www.firjan.com.br/publicacoes/publicacoes-de-economia/pib-brasil-e-rio-de-janeiro-resultados-e-projecoes.htm>. Acesso em: 01 fev. 2024.

FREITAS, F. N. P. de; RAMOS, R. O.; CUNHA, F.; DWECK, E. et al. (2023). Matriz insumo-produto para o estado do Rio de Janeiro: tabelas de recursos e usos e tabelas de passagem.

Convênio ALERJ–UFRJ–FUJB. Disponível em: <https://www.ie.ufrj.br/gic-gicdata> Acesso em 16 abr. 2024

FORTUNATO, S. (2010) “Community detection in graphs”. *Physics Report*, 486(3-5): 75-174, <https://arxiv.org/pdf/0906.0612.pdf>

FRUCHTERMAN, T. M. J. e REINGOLD, E. M. (1991). “Graph Drawing by Force-Directed Placement”. *Software: Practice and Experience*, 21(11).

FUJITA, M. e THISSE, J. F. (2002). *Economics of agglomeration. cities, industrial location and regional growth*. Cambridge, UK: Cambridge University Press. In: PALMA, et al. (2011) *A Handbook of transport economics*.

GAMA, J., CARVALHO, A P. L., FACELLI, K. et al. (2015). *Extração de conhecimento de dados – data mining*. 2ª ed. Lisboa: Sílabo.

GARAS, A., ARGYRAKIS, P., & HAVLIN, S. (2010). "The structural role of weak and strong links in a financial market network." *The European Physical Journal B*, 75(1), 59–64. DOI:10.1140/epjb/e2009-00406-1.

GUILHOTO, J. J. M. (2004). *Análise de insumo-produto: teoria e fundamentos*. São Paulo: USP. Disponível em: <http://www.erudito.fea.usp.br/PortalFEA/Repositorio/835/Documentos/Guilhoto%20Insumo%20Produto.pdf>. Acesso em 24/04/2019.

HADDAD, E. A. (1999). *Regional inequality and structural changes: Lessons from the Brazilian experience*. Ashgate Publishing Ltd.

HADDAD, E. A.; ARAÚJO, I F.; PEROBELLI, F. S. (2020). *Estrutura das Matrizes de Insumo-Produto dos Arranjos Populacionais do Brasil, 2015*. São Paulo: Núcleo de Economia Regional e Urbana da USP. Disponível em: <http://www.usp.br/nereus/?txtdiscussao=estrutura-das-matrizes-de-insumo-produto-dos-arranjos-populacionais-do-brasil-2015-nota-tecnica>

HASENCLEVER, L.; PARANHOS. Torres, R. (2012). *Desempenho Econômico do Rio de Janeiro: Trajetórias Passadas e Perspectivas Futuras*. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/dados/a/JD7HJRRd5gbVypj9sPjKTps/>

HIRSCHMAN, A. O. (1977). “A Generalized linkage approach to development, with special reference to staples”. *Economic Development and Cultural Change*, 25 (Suplemento): 67-98.

HUBBARD, L. J. e BROWN, W.A.N. (1981). *Multipliers for regional non-survey input-output tables for New Zealand*. Agricultural Economics Research Unit. New Zealand: Lincoln College,.

Disponível em: <http://researcharchive.lincoln.ac.nz/bitstream/handle/10182/4093/aeru_rr_117.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em 28 abr. 2019.

JACKSON, M. O. (2010). Social and economic networks. Princeton, New Jersey: Princeton University Press.

JORNAL VALOR ECONÔMICO (2024). Anuário Valor 1000. São Paulo: Editora Globo. Disponível em: <https://valor.globo.com/valor-1000/> (acesso restrito para assinantes).

LENZEN, M.; PADE, L.L. and MUNKSGAARD, J. (2004). “CO2 Multipliers in Multi-region Input-Output Models”. Economic Systems Research. February, 16(4):391-412. DOI:10.1080/0953531042000304272.

LEONTIEF, W. (1951). The Structure of the American Economy, 1919-1939: An Empirical Application of Equilibrium Analysis. Oxford University Press.

_____. (1966). Input-Output Economics. New York: Oxford University Press, 1966.

MELE, S.; PIETRONERO, L., GABRIELLI, A. and SARACCO, F. (2020). “World Input-Output Network”. PLOS ONE, 15(4), e0231809.

MCNERNEY, J.; FATH, B. D. and SILVERBERG, G. (2013). “Network structure of inter-industry flows”. Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, Volume 392, Issue 24. Pages 6427-6441, <https://doi.org/10.1016/j.physa.2013.07.063>.

MILLER, R. E. e BLAIR, P. D. (2009) Input-Output Analysis: Foundations and Extensions. Englewood Cliffs: Prentice-Hall.

NATAL, J. (2004). Inflexão econômica e dinâmica espacial pós-1996 no Estado do Rio de Janeiro. Nova Economia, Belo Horizonte, v.14, n. 3, p. 71-90, set./dez. 2004.

NEWMAN, M. E. J. (2006). “Modularity and community structure in networks”. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 103(23): 8577-8528, 2006.

NEWMAN, M. E. J. e GIRVAN, M. (2004). “Finding and evaluating community structure in networks”. Physical Review E, 69(2): 026113.

PASSOS, M. O.; TESSMANN, M. S.; ELY, R. A.; TAVEIRA, M. T e BUENO, L. M. (2019). “Analysis of a complex network: effects of volatility among commodities in the short term”. Anais do Encontro Brasileiro de Finanças. Rio de Janeiro: IMPA/EBFIN.

PEREIRA, J. M. S. (2013). Grafos e redes: teoria e algoritmos básicos. Rio de Janeiro: Interciência,

PRADO JR., C. (2011). Formação do Brasil contemporâneo. Companhia das letras.

PREFEITURA DO RIO DE JANEIRO (2022). Metodologia do Indicador de Atividade Econômica do Rio (IAE-Rio): Atualização 2022. Secretaria Municipal de Desenvolvimento Econômico, Inovação e Simplificação, jun. 2022. Disponível em: https://observatorioeconomico.rio/wp-content/uploads/sites/5/2022/07/Estudo-Especial_SMDEIS_06_2022_Metodologia-do-Indicador-de-Atividade-Economica-do-Rio-IAE-Rio-Atualizacao-2022.pdf. Acesso em: 12 mar. 2024.

RASMUSSEN, P. N. (1956). Studies in inter-sectoral relations. Copenhagen: Einar Harcks Forlag.

REVISTA EXAME (2024). Anuário Melhores e Maiores. Rio de Janeiro: Editora e Comércio Valongo. Disponível em: <https://exame.com/mm/>

RIO INDÚSTRIA (2024). Website da Associação das Indústrias do Rio de Janeiro. Disponível em: <https://rioindustria.com.br/>. Acesso em 02/12/2024.

Apêndice 1 – Dados sobre as atividades industriais (extrativa, transformação e construção) e os serviços industriais de utilidade pública (SIUP)

SETORES	ATIVIDADES INDUSTRIAIS	EMPREGADOS	ESTABELECIMENTOS
EXTRATIVA	EXTRAÇÃO DE CARVÃO MINERAL	4	1
EXTRATIVA	EXTRAÇÃO DE PETRÓLEO E GÁS NATURAL	12.489	69
EXTRATIVA	EXTRAÇÃO DE MINERAIS METÁLICOS	2.012	15
EXTRATIVA	EXTRAÇÃO DE MINERAIS NÃO-METÁLICOS	3.640	293
EXTRATIVA	ATIVIDADES DE APOIO À EXTRAÇÃO DE MINERAIS	17.184	138
TRANSFORMAÇÃO	FABRICAÇÃO DE PRODUTOS ALIMENTÍCIOS	36.077	1.937
TRANSFORMAÇÃO	FABRICAÇÃO DE BEBIDAS	12.460	216
TRANSFORMAÇÃO	FABRICAÇÃO DE PRODUTOS DO FUMO	789	7
TRANSFORMAÇÃO	FABRICAÇÃO DE PRODUTOS TÊXTEIS	5.639	295
TRANSFORMAÇÃO	CONFECCÃO DE ARTIGOS DO VESTUÁRIO E ACESSÓRIOS	33.350	2.644
TRANSFORMAÇÃO	PREPARAÇÃO DE COURO E FABRICAÇÃO DE ARTEFATOS DE COURO, ARTIGOS PARA VIAGEM E CALÇADOS	1.646	123
TRANSFORMAÇÃO	FABRICAÇÃO DE PRODUTOS DE MADEIRA	1.130	207
TRANSFORMAÇÃO	FABRICAÇÃO DE CELULOSE, PAPEL E PRODUTOS DE PAPEL	6.065	203
TRANSFORMAÇÃO	IMPRESSÃO E REPRODUÇÃO DE GRAVAÇÕES	6.867	702
TRANSFORMAÇÃO	FABRICAÇÃO DE COQUE, DE PRODUTOS DERIVADOS DO PETRÓLEO E DE BIOCOMBUSTÍVEIS	15.585	38
TRANSFORMAÇÃO	FABRICAÇÃO DE PRODUTOS QUÍMICOS	13.588	426
TRANSFORMAÇÃO	FABRICAÇÃO DE PRODUTOS FARMOQUÍMICOS E FARMACÊUTICOS	7.362	67
TRANSFORMAÇÃO	FABRICAÇÃO DE PRODUTOS DE BORRACHA E DE MATERIAL PLÁSTICO	20.273	557
TRANSFORMAÇÃO	FABRICAÇÃO DE PRODUTOS DE MINERAIS NÃO-METÁLICOS	15.029	1.123
TRANSFORMAÇÃO	METALURGIA	24.583	173
TRANSFORMAÇÃO	FABRICAÇÃO DE PRODUTOS DE METAL, EXCETO MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS	21.535	1.313
TRANSFORMAÇÃO	FABRICAÇÃO DE EQUIPAMENTOS DE INFORMÁTICA, PRODUTOS ELETRÔNICOS E ÓPTICOS	1.570	89
TRANSFORMAÇÃO	FABRICAÇÃO DE MÁQUINAS, APARELHOS E MATERIAIS ELÉTRICOS	2.345	147
TRANSFORMAÇÃO	FABRICAÇÃO DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS	9.930	314
TRANSFORMAÇÃO	FABRICAÇÃO DE VEÍCULOS AUTOMOTORES, REBOQUES E CARROCEIRAS	10.601	223
TRANSFORMAÇÃO	FABRICAÇÃO DE OUTROS EQUIPAMENTOS DE TRANSPORTE, EXCETO VEÍCULOS AUTOMOTORES	8.358	148
TRANSFORMAÇÃO	FABRICAÇÃO DE MÓVEIS	5.370	515
TRANSFORMAÇÃO	FABRICAÇÃO DE PRODUTOS DIVERSOS	7.697	584
TRANSFORMAÇÃO	MANUTENÇÃO, REPARAÇÃO E INSTALAÇÃO DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS	28.839	1.638
SIUP	ELETRICIDADE, GÁS E OUTRAS UTILIDADES	14.920	286
SIUP	CAPTAÇÃO, TRATAMENTO E DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA	8.939	108
SIUP	ESGOTO E ATIVIDADES RELACIONADAS	1.796	70
SIUP	COLETA, TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS	34.112	382
SIUP	DESCONTAMINAÇÃO E OUTROS SERVIÇOS DE GESTÃO DE RESÍDUOS	110	9
CONSTRUÇÃO	CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS	43.739	3.568
CONSTRUÇÃO	OBRAS DE INFRA-ESTRUTURA	53.136	1.292
CONSTRUÇÃO	SERVIÇOS ESPECIALIZADOS PARA CONSTRUÇÃO	56.725	4.106
TOTAL		545.494	24.026

Fonte: <https://rioindustria.com.br/a-industria-em-numeros/>

2. REDES COMPLEXAS E AGLOMERAÇÕES SETORIAIS: UM ESTUDO DOS CLUSTERS ECONÔMICOS NO RIO DE JANEIRO

Resumo: Analisamos a economia do estado do Rio de Janeiro por meio do exame dos setores das suas matrizes de insumo-produto (MIPs). Estes setores foram agrupados em clusters definidos pelo grau de conectividade existente entre eles. Utilizamos dados de 2015, identificando as relações de interdependência entre 22 setores econômicos da cidade do Rio de Janeiro (R1), da região metropolitana (R2) e do estado do Rio de Janeiro como um todo (R3). Assim, por meio do método de otimização de modularidade (ou classes de modularidade), encontramos os clusters (ou agrupamentos) de setores que mais se interconectam em cada uma das três dimensões geográficas citadas. Além disso, pesquisamos algumas das empresas mais representativas de cada classe ou cluster, revelando detalhes das características estruturais das matrizes de insumo-produto da segunda maior economia do Brasil. O estudo mostrou a relevância da indústria extrativa e de transformação, além do setor de comércio de serviços, sobretudo os chamados serviços industriais de utilidade pública (SIUP), que se apresentam distribuídos ao longo do território fluminense. Também identificamos a expressiva participação do setor de serviços, incluindo comércio, transporte, atividades financeiras e científicas. Estes são os mais significativos geradores de encadeamentos para frente e para trás. Embora seja a o segundo maior PIB estadual do Brasil, a matriz produtiva do R3 possui fragilidades decorrentes da concentração produtiva e da dependência de setores específicos. Os resultados evidenciam setores-chave com elevado potencial de disseminação de externalidades econômicas positivas, as quais são importantes para a elaboração de estratégias de diversificação econômica, bem como para o planejamento estratégico regional. Além disso, esperamos que eles possam contribuir para a qualidade das decisões de políticas públicas que promovam crescimento sustentável da economia fluminense.

Palavras-chave: Matriz insumo-produto; redes complexas; economia regional; Rio de Janeiro.

Códigos do JEL: D57, C38, C67, C81.

Abstract: We analyzed the economy of the state of Rio de Janeiro by examining the sectors of its input-output matrices (MIPs). These sectors were grouped into clusters defined by the degree of connectivity between them. We used data from 2015, identifying the interdependence relationships among 22 economic sectors of the city of Rio de Janeiro (R1), the metropolitan region (R2), and the state of Rio de Janeiro as a whole (R3). Thus, through the modularity optimization method (or modularity classes), we found the clusters (or groupings) of sectors that are most interconnected in each of the three geographic dimensions mentioned. In addition, we researched some of the most representative companies in each class or cluster, revealing details of the structural characteristics of the input-output matrices of Brazil's second largest economy. The study showed the relevance of the extractive and manufacturing industries, in addition to the trade in services sector, especially the so-called industrial public utility services (IPUS), which are distributed throughout the state of Rio de Janeiro. We also identified the significant participation of the services sector, including trade, transportation, financial and scientific activities. These are the most significant generators of forward and backward linkages. Although it is the second largest state GDP in Brazil, the R3 production matrix has weaknesses resulting from the concentration of production and dependence on specific sectors. The results highlight key sectors with high potential for disseminating positive economic externalities, which are important for the development of economic diversification strategies, as well as for regional strategic planning. In

addition, we hope that they can contribute to the quality of public policy decisions that promote sustainable growth of the Rio de Janeiro economy.

Keywords: Input-output matrix; complex networks; regional economy; Rio de Janeiro.

JEL codes: D57, C38, C67, C81.

2.1. Introdução

O estado do Rio de Janeiro apresentou um crescimento econômico inferior à média nacional nas últimas décadas. Entre 2002 e 2022, o crescimento médio anual foi de apenas 1,4%, o mesmo ritmo do Rio Grande do Sul, e bem abaixo de estados como São Paulo (2,1%) e Minas Gerais (1,9%). A economia fluminense é altamente dependente dos setores de serviços e petróleo. Em 2022, a participação do setor de serviços foi predominante, seguida pela indústria, principalmente a extrativa. A agricultura representa uma parcela mínima do PIB estadual, refletindo a baixa diversificação econômica (IBGE, 2023).

Para uma visão comparativa do processo de crescimento econômico do estado do Rio de Janeiro com outros importantes estados da federação, observamos alguns indicadores como os PIBs totais, setoriais e per capita no período de 1980–2023. Dados recentes do IBGE mostram que o Rio de Janeiro apresenta um PIB predominantemente concentrado no setor de serviços, enquanto São Paulo destaca-se como o maior polo industrial e de serviços do país, com crescimento sólido e diversificado. Minas Gerais apresenta um equilíbrio entre mineração, indústria e agropecuária. Paraná e Santa Catarina focam em agroindústria e manufatura, com destaque para exportações. E a Bahia tem um papel relevante na agroindústria e no setor petroquímico, com crescimento moderado (IBGE, 2023).

O setor industrial apresenta diferenças marcantes entre os estados brasileiros. No Rio de Janeiro, ele representa aproximadamente 19% do PIB estadual em 2023, enquanto São Paulo lidera com 30% do seu PIB advindo da indústria. Estados como Santa Catarina e Paraná destacam-se pelo forte crescimento no setor de transformação e agroindústria, evidenciando a importância dessas atividades para o dinamismo econômico regional (IBGE, 2023).

No setor de serviços, o Rio de Janeiro tem um papel de destaque, com 65% do PIB estadual sendo gerado por atividades como serviços financeiros, turismo e petróleo. Em outros estados, como Bahia e Minas Gerais, os serviços estão mais voltados para o comércio e logística, refletindo características econômicas regionais distintas (SEBRAE, 2023).

No caso da agropecuária, a participação do Rio de Janeiro é modesta em comparação com estados como Paraná, Santa Catarina e Minas Gerais, onde o setor possui um peso significativo na economia local, impulsionando exportações e a produção interna (IPEA, 2023).

Em termos de PIB per capita, o Rio de Janeiro alcançou R\$ 57.000 em 2023, situando-se abaixo de São Paulo, com R\$ 73.000, mas bem acima da média nacional. Considerando os dados de 2022, o estado ocupou a segunda posição nacional, com um PIB per capita de R\$ 71.849,66, ficando atrás apenas do Distrito Federal. Essa posição favorável em relação à renda per capita contribui para manter um nível de consumo positivo e estável, o que beneficia a intensa atividade comercial e de serviços, uma característica marcante da estrutura produtiva fluminense, como será detalhado na seção 4. Por outro lado, Santa Catarina demonstra um crescimento constante em seu PIB per capita, reflexo de sua economia diversificada e em expansão (FIRJAN, 2023).

Examinando agora a formação bruta de capital fixo (FBCF), que indica investimentos em infraestrutura, máquinas e equipamentos, a economia fluminense revelou uma trajetória estável, porém insuficiente, refletindo desafios na atração de novos investimentos. O desempenho dos investimentos, sobretudo após 2014, demonstrou fragilidade (GOLÇALVES et al, 2021). Em contraste, Santa Catarina e Paraná registraram crescimento constante, impulsionados por investimentos em infraestrutura rodoviária e portuária. Os investimentos em infraestrutura, no Rio de Janeiro, concentraram-se fortemente no Porto do Açu e no setor de petróleo. Em São Paulo, os projetos de mobilidade urbana e expansão logística foram priorizados. Já no Paraná e em Santa Catarina, um montante expressivo de investimentos foram empreendidos no desenvolvimento de portos e ferrovias (BNDES, 2022).

Nos últimos anos, o Rio de Janeiro adotou medidas para atrair novos investimentos, como concessões de rodovias e privatizações. Contudo, ainda enfrenta desafios estruturais. Entre eles, dois podem ser destacados: diversificação econômica e ênfase em turismo e cultura (CASTRO & BARROS, 2020).

No que se refere à diversificação econômica, a dependência do petróleo aumenta o risco de volatilidade do PIB estadual associada às flutuações dos preços dos barris de petróleo. Nesse sentido, estados como Minas Gerais e Paraná apresentam maior resiliência devido à maior diversificação de suas estruturas produtivas.

Em relação ao foco nas atividades culturais e turísticas, o ERJ vem apostando nos últimos anos, sobretudo após os grandes eventos que o estado sediou, como as Olimpíadas de 2016, na revitalização do turismo como um dos motores de crescimento da economia regional.

Considerando as particularidades acima expostas e os desafios enfrentados pela economia do Rio de Janeiro, o desenvolvimento de estudos econômicos que permitam conhecer e analisar a infraestrutura produtiva da região se faz de extrema relevância. Nesse sentido, estudos sobre a matriz insumo-produto do Rio de Janeiro e a identificação de clusters produtivos, que correspondem aos setores econômicos agrupados em comunidades funcionais, são fundamentais para compreender a dinâmica econômica regional e subsidiar políticas públicas mais eficazes.

A matriz insumo-produto permite mapear as interdependências setoriais e identificar como os fluxos econômicos se distribuem na economia fluminense, mensurando os impactos diretos e indiretos de políticas e choques econômicos. Já a análise dos clusters, a partir da construção de redes complexas de insumo-produto, revela setores estratégicos e aglomerações funcionais que impulsionam a economia, destacando as conexões que promovem sinergias produtivas e inovação. Essa abordagem integrada é essencial para direcionar investimentos, fomentar a competitividade regional e estimular um desenvolvimento econômico sustentável e equilibrado, alinhado às especificidades do estado do Rio de Janeiro.

Partindo dessa perspectiva, este ensaio se propõe a identificar e descrever os clusters na Rede Insumo Produto do Rio de Janeiro analisando como os setores se agrupam em comunidades funcionais e suas contribuições para a dinâmica econômica regional. O ensaio é composto por esta breve introdução que é seguida por uma breve revisão da literatura e pela seção de metodologia. Em seguida são apresentados e discutidos os resultados e, por fim, tem-se as considerações finais.

2.2. Revisão da literatura

Brasil vivenciou transformações profundas em sua estrutura produtiva a partir da década de 1930, marcadas pelo início de seu processo de industrialização, com ênfase na substituição de importações. Esse movimento, orientado pela intervenção estatal, visava internalizar a produção nos setores industriais e em áreas consideradas estratégicas para o crescimento econômico do país (PRADO, 2011). Para alcançar esse objetivo, foram realizados investimentos direcionados prioritariamente para setores estratégicos e básicos. Nesse contexto, a economia do estado do Rio de Janeiro foi beneficiada pela instalação de diversas unidades produtivas que desempenharam um papel crucial na estrutura econômica nacional.

Embora registrasse taxas de crescimento positivas, a economia do Rio de Janeiro estava imersa em um processo de desaceleração, acompanhado pela diminuição de sua parcela no Produto

Interno Bruto (PIB) nacional tal cenário foi ainda agravado pela mudança da capital do país para Brasília e pela fusão dos estados da Guanabara e do Rio de Janeiro (CABRAL et al, 2016).

Em 1974, o Governo Federal implementou o II Plano Nacional de Desenvolvimento (II PND) com o intuito de impulsionar o crescimento econômico, a industrialização e a infraestrutura do país. Os principais investimentos foram direcionados aos setores energético, infraestrutura, e à indústria naval e petroquímica (REGO; MARQUES, 2018). O Rio de Janeiro, com sua infraestrutura industrial, logística e recursos naturais, recebeu uma parte significativa desses investimentos, especialmente na Bacia de Campos, que foi fundamental para aumentar a produção nacional de petróleo, um dos objetivos centrais do plano.

A despeito dos esforços do Governo Federal para promover o desenvolvimento do estado do Rio de Janeiro, incluindo a instalação de indústrias de alta tecnologia, a recuperação do dinamismo econômico não foi alcançada devido à crise que afetou o país a partir da metade dos anos 1970 e que se intensificou na década seguinte. É relevante destacar que o II PND foi implementado em um contexto de turbulência econômica, com a crise do petróleo e dificuldades fiscais. Esses fatores comprometeram a execução de algumas das metas do plano, e a economia brasileira enfrentou grandes desafios durante a década de 1970. Consequentemente, as décadas de 1970 e 1980 foram marcadas por um período de estagnação econômica, o que impactou diretamente a economia fluminense, com um processo de enfraquecimento econômico que se acentuou consideravelmente entre 1980 e 1995 (NATAL, 2004).

Contemporaneamente, a economia do Rio de Janeiro tem se caracterizado por uma estrutura produtiva diversificada, com destaque para setores como serviços, indústria e agropecuária. Ao longo das últimas décadas, a economia fluminense experimentou transformações significativas, passando por períodos de crescimento acelerado, seguidos de crises que afetaram o seu desempenho. A análise econômica do Rio de Janeiro se concentra em compreender essas dinâmicas, assim como os fatores que moldam sua estrutura produtiva, a dinâmica intersetorial e as suas particularidades regionais.

Um dos aspectos mais destacados na literatura sobre a economia do Rio de Janeiro é a predominância do setor de serviços, especialmente os segmentos de turismo, finanças e petróleo. O setor de serviços tem sido, de fato, o principal motor do PIB estadual, representando uma parcela significativa da produção econômica do estado (FELIPE et al., 2019). A cidade do Rio de Janeiro, como principal polo econômico, concentra a maior parte das atividades terciárias, especialmente as relacionadas ao turismo e à prestação de serviços financeiros, impulsionados pela presença de grandes empresas nacionais e internacionais.

O setor industrial também tem grande importância na economia fluminense, com destaque para a indústria de transformação e a petroquímica. Contudo, a indústria do Rio de Janeiro enfrentou desafios, como a desindustrialização e a concorrência de outras regiões mais competitivas, como São Paulo (PEREIRA, 2016). Estudos de Ferreira et al. (2014) e Tavares et al. (2015) indicam que o estado experimentou um processo de estagnação industrial nas últimas décadas, o que gerou um crescimento relativamente mais fraco em comparação com outras unidades da federação.

Outro ponto de interesse na literatura é a análise do setor agropecuário, que, embora tenha uma participação menor no PIB estadual, continua a ser um componente importante da economia, especialmente no interior do estado. Os estudos de Cavalcante et al. (2017) e Leite et al. (2019) mostram que o estado tem um papel relevante na produção de produtos agrícolas, como cana-de-açúcar, leite e café, embora esses setores sejam mais concentrados em outras regiões do país.

A economia regional do Rio também tem sido analisada em estudos que buscam entender as disparidades econômicas internas, com um foco especial nas diferenças entre a capital e as áreas periféricas do estado. A literatura aponta que enquanto a capital concentra grande parte da riqueza, o interior do estado enfrenta desafios relacionados à falta de infraestrutura e ao baixo nível de diversificação econômica (ALMEIDA et al., 2018).

Além disso, o Rio de Janeiro possui uma economia de redes bastante complexa, com várias interconexões entre setores e com outras regiões do Brasil e do mundo. A literatura sobre matrizes insumo-produto tem se mostrado útil para entender como essas interconexões funcionam e como choques em um setor podem se propagar para outros setores, afetando a dinâmica econômica local e regional. Castro et al. (2020) e Pires et al. (2017) realizaram estudos sobre a utilização das matrizes insumo-produto para analisar as relações intersetoriais no Rio de Janeiro, destacando a importância da integração regional e das cadeias produtivas para a economia do estado.

A análise de redes complexas de insumo-produto (RIPs) e a identificação de clusters têm se consolidado como abordagens importantes para compreender a dinâmica econômica das economias regionais e nacionais, especialmente no que tange às interdependências entre setores produtivos. As matrizes insumo-produto (MIP) são amplamente utilizadas para mapear essas interações, proporcionando uma estrutura que ilustra como os recursos e produtos circulam entre os diversos setores da economia. A incorporação da teoria de redes complexas na análise dessas matrizes permite uma visualização mais clara e dinâmica das relações intersetoriais, facilitando a identificação de padrões, hubs econômicos e clusters que refletem a estrutura funcional da economia.

A aplicação da teoria de redes complexas às MIPs tem se mostrado particularmente útil para entender as interdependências entre os setores produtivos, além de identificar padrões de organização econômica, como os clusters, ou seja, grupos de setores fortemente interconectados. A detecção de comunidades, por meio de métodos como a modularidade e algoritmos de detecção de comunidades, é uma das abordagens mais comuns para identificar clusters em redes econômicas. Estes clusters, compostos por setores que compartilham relações comerciais intensas, podem ser indicadores de regiões ou atividades econômicas estratégicas. Estudos como os de Fagiolo et al. (2008) e Torrens (2004) exploram como as redes de insumo-produto podem revelar a estrutura de dependências locais e globais e como isso afeta a economia em diferentes escalas geográficas.

A identificação de hubs ou nós centrais é outro ponto importante quando se analisa redes complexas de insumo-produto. Hubs são setores que possuem uma alta conectividade e desempenham papéis centrais na rede, influenciando outras partes da economia. Barabási (2002) e Albert et al. (2000) mostraram como as redes complexas, especialmente aquelas com distribuição de grau de potência, são estruturadas de maneira que poucos nós possuem um número desproporcional de conexões, enquanto a maioria tem poucas conexões. Esse padrão é comum em redes econômicas e é crucial para a análise de políticas industriais e de desenvolvimento regional, pois os hubs frequentemente representam setores ou atividades que são vitais para a estabilidade da economia.

Além disso, a análise de resiliência econômica a choques e crises também pode ser feita a partir das redes de insumo-produto. A robustez das redes é uma medida importante para entender como a economia pode se recuperar de choques externos, como crises financeiras ou desastres naturais. Newman (2003), por exemplo, abordou como a resiliência das redes pode ser quantificada por meio de medidas como o coeficiente de agrupamento e a redundância estrutural. A partir dessas métricas, é possível avaliar a capacidade de uma economia de se adaptar a mudanças estruturais sem colapsar, o que é crucial para formuladores de políticas públicas.

A lei de potência e a distribuição do grau de nós são outras propriedades fundamentais das redes complexas aplicadas às matrizes insumo-produto. Em muitas redes econômicas, observa-se que a distribuição do grau segue uma lei de potência, em que a maioria dos nós tem um baixo número de conexões, enquanto alguns nós (hubs) possuem um número muito alto de conexões. Garlaschelli et al. (2005) e Boffa et al. (2012) discutem a presença dessa distribuição em redes econômicas e suas implicações para a estrutura de poder e para a propagação de choques dentro de um sistema econômico.

Estudos como os de Fagiolo et al. (2008), Torrens (2004) e Kim et al. (2019) têm aprofundado a utilização de modelos de redes complexas para estudar as interdependências entre setores e identificar os clusters econômicos. Fagiolo et al. (2008) utilizaram redes de insumo-produto para explorar a estrutura de clusters intersetoriais e sua dinâmica no longo prazo, enquanto Torrens (2004) investigou como as redes de insumo-produto podem revelar informações sobre a evolução do sistema econômico. Kim et al. (2019) aplicaram a teoria de redes para estudar a centralidade de setores em redes de insumo-produto e sua influência na economia nacional.

A utilização de redes complexas em conjunto com matrizes insumo-produto oferece uma compreensão mais rica e dinâmica das economias, permitindo que se identifiquem não apenas os setores chave, mas também as relações de dependência e os pontos vulneráveis da economia. Com base nesse conhecimento, políticas públicas podem ser mais bem direcionadas para melhorar a competitividade, aumentar a resiliência econômica e fomentar a cooperação entre os diferentes setores da economia.

2.3. METODOLOGIA

A teoria de redes complexas que tem como uma de suas características únicas a estrutura de comunidade. Em geral, essa propriedade decorre da heterogeneidade global e local da distribuição das arestas em um grafo. Assim, nessas redes, frequentemente se descobrem concentrações altas de arestas em determinadas regiões do grafo e baixas concentrações de arestas entre essas regiões. Essas concentrações são chamadas de agrupamentos, *clusters* ou comunidades.

No caso de uma matriz de insumo-produto (doravante abreviada como MIP), o cálculo e a determinação desses *clusters* são úteis para identificar os setores mais conectados entre si. Com base nesse cálculo, é possível identificar e tirar conclusões adicionais sobre os mecanismos de influência que os setores de um mesmo cluster têm entre si e de que forma cada cluster se diferencia dos demais. Portanto, a identificação e a análise dos clusters das MIPs do município, da região metropolitana e do estado do Rio de Janeiro é um passo adicional na análise da estrutura econômica dessas regiões.

Os problemas do mundo real são uma fonte de inspiração para as teorias de redes. A grande maioria dos eventos do mundo real e das atividades que desenvolvemos, observamos e estudamos podem ser facilmente modeladas utilizando grafos e, posteriormente, analisadas a luz da metodologia das redes sociais.

Dada a enorme diversidade de redes passíveis de encontrar no mundo real, os investigadores resolveram classificá-las em tipos principais, apesar desta classificação não ser consensual. Uma classificação possível é a proposta por Newman (2003).

Apesar dessas redes derivarem de campos de conhecimento distintos e serem originadas de diferentes problemas do mundo real, elas partilham de um conjunto de propriedades que as tornam peculiares, opondo-se desta forma, a dois modelos de redes bem conhecidos: as redes aleatórias e as redes regulares. Por esse motivo, estas redes tendem a denominarem-se redes complexas.

Para modelar redes complexas são necessárias propriedades adicionais (Newman, 2003b). Redes reais são grafos não-regulares e não-aleatórios com características únicas, onde a “ordem coexiste com a desordem” (Fortunato, 2010).

Algumas das propriedades das redes complexas são:

1. *Small World*
2. Lei de potência e distribuição do grau em nós
3. Agrupamento ou transitividade
4. Resiliência
5. Padrões misturados
6. Estrutura de Comunidade

Tais propriedades ajudam a descrever e compreender a estrutura e o comportamento de diversos sistemas, incluindo sistemas econômicos. Entre essas propriedades, destaca-se o conceito de Small World, que se refere à existência de caminhos curtos que conectam quaisquer dois nós na rede. Essa característica é observada em muitas redes reais, onde mesmo sistemas com muitos elementos apresentam poucas conexões intermediárias entre quaisquer dois pontos (Watts e Strogatz, 1998). Isso implica maior eficiência na propagação de informações, recursos ou choques entre os componentes da rede.

Outra propriedade importante é a Lei de Potência e Distribuição do Grau em Nós, que caracteriza a frequência com que diferentes graus (número de conexões por nó) ocorrem em uma rede. Em muitas redes complexas, poucos nós possuem um número muito elevado de conexões (hubs), enquanto a maioria tem poucas conexões. Esse padrão segue uma distribuição de lei de potência, indicando a presença de hierarquias e a existência de nós altamente influentes no sistema (Barabási e Albert, 1999).

O Agrupamento ou Transitividade mede a tendência de que dois nós conectados a um terceiro também estejam conectados entre si, formando triângulos na rede. Essa característica é quantificada pelo coeficiente de agrupamento, que reflete a densidade de interconexões locais e é crucial para entender como as interdependências locais influenciam o comportamento global da rede (Newman, 2003).

A Resiliência de uma rede refere-se à sua capacidade de resistir a falhas ou ataques, mantendo sua funcionalidade mesmo sob condições adversas. Redes com alta resiliência geralmente têm estruturas robustas, onde a desconexão de alguns nós ou arestas não prejudica significativamente a conectividade geral. Essa propriedade é fundamental para sistemas críticos, como redes de infraestrutura ou econômicas (Albert et al., 2000).

Por sua vez, os Padrões Misturados (assortatividade ou disassortatividade) descrevem a correlação entre os graus dos nós conectados. Redes assortativas apresentam maior probabilidade de que nós com altos graus se conectem entre si, enquanto redes disassortativas apresentam o oposto. Essa propriedade influencia a dinâmica de propagação e a formação de subestruturas na rede (Newman, 2002).

A estrutura de comunidade, que é a sexta propriedade, por tratar do escopo principal deste trabalho, merece uma explanação mais detalhada. Normalmente essa propriedade emerge como consequência da heterogeneidade global e local da distribuição das arestas num grafo, então nesse tipo de rede é possível encontrar concentrações elevadas de arestas em determinadas regiões, e baixa concentração de arestas entre essas regiões.

Comunidades, ou *clusters*, são grupos de vértices densamente conectados com ligações esparsas entre eles. De acordo com Newman e Girvan (2004), existem duas linhas de investigação principais na descoberta de comunidades de redes. A primeira teve origem no Campo da Ciência de Computadores e é conhecida como partição de grafos, enquanto a segunda foi essencialmente desenvolvida por sociólogos, sendo usualmente referida por *blockmodeling*, *agrupamento hierárquico* ou *detecção de estrutura de comunidades*. O processo básico subjacente aos algoritmos de detecção de comunidade baseia-se na divisão do grafo original num conjunto de subgrafos disjuntos, por via da otimização de uma dada função objetivo. O propósito de ambas as abordagens é descobrir grupos de vértices relacionados e, se possível, definir a respectiva organização hierárquica, tendo por base informação fornecida pela topologia da rede. Isto é geralmente realizado removendo iterativamente as arestas pontes que ligam grupos de vértices, conforme sugerido por Girvan e Newman (2002).

No caso de uma matriz de insumo-produto, o cálculo e a determinação desses *clusters* são úteis para *identificar os setores mais conectados entre si*. Com base nesse cálculo, é possível identificar e tirar conclusões adicionais sobre os *mecanismos de influência que os setores de um mesmo cluster têm entre si e de que forma cada cluster se diferencia dos demais*.

Na vida real é possível encontrar uma variedade de exemplos de grupos coesos, ou comunidades. A sociedade é um ambiente rico em encontrar comunidades, uma vez que as pessoas têm uma tendência natural para formar grupos. Esses grupos podem ser famílias, círculos de amigos, grupos religiosos ou de trabalho, cidades, nações, etc. Se também consideramos grupos formados por empresas, ou consumidores de um dado produto, é possível identificar comunidades com relevância para a área da Economia e da Gestão.

A importância de estudar estas comunidades é intuitiva em domínios como a ARS. Para sublinhar esta importância, Fortunato (2010) afirmou que a análise da suposição estrutural dos nós, em cada comunidade da rede, pode ajudar a identificar *atores centrais*, associados a funções de estabilidade e controle do grupo, bem como *atores intermediários*, que são aqueles que se localizam nas fronteiras das comunidades e desempenham um papel fundamental na disseminação e troca de informações e novas ideias, criando pontes entre comunidades.

2.3.1. Agrupamento hierárquico

O agrupamento hierárquico é uma classe de métodos para detectar clusters, ou grupos. Algoritmos hierárquicos geram estruturas de grupos inseridos dentro de grupos maiores que, por sua vez, se encontram inseridos em grupos ainda maiores, que são representados por dendrogramas que mostram a estrutura multinível da rede. Esses métodos são eficazes na solução de problemas de análise de grupos e problemas semelhantes, como o *particionamento de grafos* e a *identificação de comunidades*.

O agrupamento hierárquico é bastante intuitivo, sendo baseado na definição de semelhança. Primeiro é necessário escolher uma medida de semelhança (ou dissemelhança) para avaliar quão semelhantes são dois nós, de acordo com uma dada propriedade global ou local¹⁰. Em seguida, deve-se calcular a matriz de semelhança entre todos os pares de nós, independente desses nós estarem conectados entre si. Depois, é preciso selecionar um método para agrupar os nós: os *métodos aglomerativos*, que focam nas regiões mais densas da rede ao invés de focar nas ligações

¹⁰ Entre os exemplos dessa medida estão a *semelhança do cosseno*, o *índice de Jaccard*, a *distância Euclidiana*, a *distância de Manhattan* e a *distância de Hamming* entre pares de linhas numa matriz de adjacência.

das fronteiras da rede¹¹, ou os *métodos divisivos*, que focam na identificação e remoção das ligações que conectam regiões densamente conectadas a rede, sobretudo as *pontes* e as *pontes locais* (Easley e Kleinberg, 2010)¹². Conforme a escolha, uma medida de distância é selecionada para calcular a semelhança entre grupos¹³. O resultado final desse processo é um dendograma que ilustra a organização dos nós retornada pelo algoritmo hierárquico. Para selecionar os melhores métodos, uma estratégia é calcular o valor de modularidade (Newman e Girvan, 2004) para as comunidades e selecionar o número que maximiza essa função.

Um dos algoritmos mais conhecidos e utilizados na descoberta de comunidade em redes sociais é o algoritmo de Girvan-Newman, desenvolvido por Girvan e Newman (2002). A ideia principal deste algoritmo é que as comunidades de uma rede podem ser isoladas através da identificação e remoção das arestas ponte, que são as arestas em que passam uma grande quantidade de caminhos mais curtos entre os nós.

O primeiro passo do algoritmo de Girvan-Newman é calcular o valor de intermediação de todas as arestas da rede. Então remover as arestas que obtenham maior valor de intermediação. E repetir os passos anteriores até que todas as arestas do grafo tenham sido removidas.

Este algoritmo é baseado no conceito de intermediação, e é apropriado para redes de tamanho moderado devido ao custo de computação exigido no cálculo da medida de intermediação. O *input* (entrada) deste algoritmo é um grafo e o *output* (saída) é um dendograma.

2.3.2. Classe ou otimização da modularidade

A *classe ou otimização de modularidade* é outro tipo de método utilizado para detectar comunidades em redes. A *modularidade* Q é uma função de qualidade que avalia e mede a importância de uma dada partição da rede em comunidades. Esta função é utilizada para comparar a qualidade das partições e também como uma função objetivo em problemas de otimização. Segundo Newman (2006), a modularidade é representada pela diferença normalizada entre o número de arestas observadas no interior de cada grupo de nós da rede e o número de arestas que seria provável observar no interior desse mesmo grupo numa rede equivalente onde as arestas são geradas aleatoriamente. A modularidade Q é calculada da seguinte forma

¹¹ O algoritmo *Walktrap* (elaborado por Pons e Latapy, 2005) é um exemplo deste tipo de método.

¹² O conhecido algoritmo de Girvan e Newman (2002), mencionado no texto, é um exemplo bastante citado deste método.

¹³ Alguns exemplos dessa medida: o *single linkage* (ou vizinho mais próximo), o *complete linkage* (ou vizinho mais afastado) e o *método de Ward*.

$$Q = \frac{1}{2m} \sum_{ij} \left[A_{ij} \frac{k_i k_j}{2m} \right] \delta(c_i, c_j) \quad (1)$$

Onde m indica o número de arestas; k_i e k_j representam respectivamente o grau dos vértices i e j ; A_{ij} é a entrada da matriz adjacência que indica que o número de ligações estabelecidas entre os vértices i e j ; $\frac{k_i k_j}{2m}$ representa o número esperado de arestas que deveria existir entre o par de vértices (i, j) ; c_i e c_j denotam os grupos a que os vértices i e j pertencem; e $\delta(c_i, c_j)$ representa o delta de Kronecker.

A modularidade Q pode assumir valores positivos e negativos. Se $Q > 0$, então existe a possibilidade de encontrar estrutura de comunidade em rede. Se Q for um número positivo e elevado, então a respectiva partição tem maior probabilidade de refletir a estrutura de comunidade verdadeira. De acordo com Clauset et al (2004), uma modularidade que assuma valores superiores ou iguais a 0,3 é um bom indicador da existência de comunidade com significado na rede.

2.3.4. Dados e softwares

Este estudo utilizou a matriz regional de insumo-produto do estado do Rio de Janeiro referente ao ano de 2015, composta por vinte e dois setores produtivos (tabela A1). A matriz foi gerada a partir da regionalização da matriz inter-regional de insumo-produto entre o Rio de Janeiro e o restante do Brasil, adotando uma estrutura tecnológica de setor versus setor. Essa estrutura abrange vinte e dois setores produtivos para cada região, conforme as classificações do CNAE – Classificação Nacional das Atividades Econômicas, elaboradas pelo CONCLA – Comissão Nacional de Classificação do IBGE. A matriz foi estimada pelo Núcleo de Economia Regional e Urbana da Universidade de São Paulo – NEREUS, utilizando o método *Interregional Input-Output Adjustment System* (IIOAS), e foi disponibilizada por Haddad et al. (2020).

Tabela A1: Setores das MIPs do Rio de Janeiro

SETOR	DESCRIÇÃO	SETOR	DESCRIÇÃO
1	Agricultura, pecuária, produção florestal, pesca e aquicultura	12	Informação e comunicação
2	Indústrias extrativas	13	Atividades financeiras, de seguros e serviços relacionados
3	Produtos alimentares	14	Atividades imobiliárias
4	Máquinas e equipamentos	15	Atividades científicas, profissionais e técnicas
5	Outras indústrias de manufatura	16	Atividades administrativas e serviços complementares
6	Eletricidade e gás	17	Administração pública, defesa e seguridade social
7	Água, esgoto, atividades de gestão de resíduos e descontaminação	18	Educação
8	Construção	19	Saúde humana e serviços sociais
9	Comércio; reparação de veículos automotores e motocicletas	20	Artes, cultura, esporte e recreação
10	Transporte, armazenagem e correio	21	Outras atividades de serviços
11	Alojamento e alimentação	22	Serviços domésticos

Fonte: IBGE.

O estudo é dividido em três áreas distintas. A primeira (R1) corresponde à cidade do Rio de Janeiro, a segunda (R2) abrange o arranjo populacional da região, e a terceira (R3) trata das relações produtivas em todo o estado do Rio de Janeiro.

O arranjo populacional do Rio de Janeiro refere-se a uma área densamente povoada, que inclui a cidade do Rio de Janeiro e os municípios vizinhos. Essa região metropolitana, também conhecida como Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ) ou Grande Rio, é uma das mais populosas e urbanizadas do Brasil e da América do Sul. A região é caracterizada por uma extensa rede urbana que se estende do litoral até áreas montanhosas, abrigando uma população considerável.

2.4. Resultados: análise dos clusters produtivos do R2, R2 e R3

Analisaremos agora os clusters produtivos do município do Rio de Janeiro (R1), da sua região metropolitana (R2) e do estado como um todo (R3). Estes clusters foram obtidos pelo processo de otimização de modularidade (classes de modularidade).

A tabela A2 resume os três clusters do R1 com uma seleção das empresas mais relevantes de cada um dos setores que os compõem. Percebe-se que no município do RJ a classe de modularidade 1 reúne 9 setores, com os 4 primeiros fazendo parte do grupo de setores com elevados graus ponderados. Apenas os setores de serviços domésticos e o de produtos primários possuem menor representatividade na RIP. É evidente a *relação entre os setores de comércio, alojamento/alimentação, produtos alimentares, produtos primários*. Também é facilmente deduzível a *relação entre os setores de alojamento/alimentação, construção e atividades imobiliárias, bem como o vínculo entre comércio/reparação de autos e construção com o setor de atividades financeiras e seguros*.

Os estados brasileiros que mais se destacam em lançamentos imobiliários variam de acordo com as características locais e o momento econômico, mas algumas regiões se sobressaem. São Paulo e Rio de Janeiro continuam líderes devido à densidade populacional e à demanda contínua por novas unidades, além de investimentos em infraestrutura e requalificação urbana.

Em relação ao setor de alojamento/alimentação, O Rio de Janeiro ocupa uma posição importante no mercado hoteleiro brasileiro, sendo uma das principais capitais do setor. A cidade é amplamente reconhecida pelo turismo de lazer, com grande destaque para eventos culturais e festividades como o Réveillon e o Carnaval, que impulsionam significativamente a demanda por hospedagem. Esses fatores ajudam a manter o Rio como um dos destinos mais visitados e com altas taxas de ocupação durante períodos de alta temporada.

Apesar disso, em termos de desempenho recente, o mercado hoteleiro do Rio enfrentou desafios, como uma queda de 3,1% na ocupação durante o primeiro trimestre de 2024, comparado ao mesmo período do ano anterior. Ainda assim, as tarifas médias continuaram a crescer, indicando uma valorização do destino para turistas de lazer e eventos corporativos. Além disso, o Rio se diferencia pela diversificação da sua oferta, incluindo o segmento econômico e o luxo, e pela recuperação gradual desde a pandemia, com estratégias focadas no turismo internacional e eventos de grande porte.

A classe de modularidade 2, descrita também na tabela 2, destaca *os serviços intensivos em capital humano e os setores de energia, saneamento, transporte e indústria. A relação entre os setores de educação e atividades científicas, profissionais e técnicas é evidente, assim como as conexões entre os quatro setores de serviços intensivos em capital humano* (atividades científicas, profissionais e técnicas; atividades administrativas e serviços complementares; educação e, finalmente, administração pública, defesa e seguridade social).

Como já foi mencionado em parte, o Rio de Janeiro também sedia *três importantes empresas estatais, o que impulsiona estes setores: Petrobras, Vale e Eletrobras. E também há sinergia entre as duas primeiras estatais citadas e o setor de transporte, sobretudo quando se leva em conta a importância do porto do Rio de Janeiro.* Ele atende aos estados do Rio de Janeiro, São Paulo, Minas Gerais, Espírito Santo, Bahia e Goiás, principalmente, sendo um dos portos que possui maior movimentação no país, tanto quanto se avalia pelo critério do valor de mercadorias, quanto pela métrica da tonelagem. Seus principais produtos escoados são minério de ferro, manganês, carvão, trigo, gás e petróleo¹⁴. Com estes produtos escoados, fica clara a conexão do Porto do Rio de Janeiro com os produtos comercializados por Petrobras e Vale. Ademais, estes produtos exportáveis demonstram a *conectividade existente entre 5 dos 9 setores que fazem parte do cluster da classe de modularidade 2 do R1: transporte/armazenagem/correio; indústrias extrativas; outras indústrias/manufatura; atividades administrativas/serviços complementares e atividades científicas, profissionais e técnicas.*

Já a classe de modularidade 3 descreve três dimensões produtivas também relevantes na economia da cidade do Rio de Janeiro: *informação e comunicação (empresas como a telefônica TIM, as Organizações Globo e a Artplan – que desenvolveu os festivais do Rock In Rio); saúde humana e serviços sociais; outras atividades de serviços e o setor de arte, cultura, esportes e recreação.*

Na tabela A2 - assim como na 3 e na 4 - também há uma seleção de algumas empresas importantes de cada setor e também, entre parênteses, os encadeamentos para trás, para frente e o IHR (ou seja, os graus ponderados de entrada, de saída e totais, respectivamente).

Tabela A2 - Classes de modularidade que definem os clusters dos setores do R1, município do RJ

Setores que compõem o cluster	Classes de modularidade
<p><u>Comércio e reparação de automotivos (1,007; 1,359; 9051,21)</u> – Americanas, Assai Atacadista, Profarma, Grupo Soma, Drogaria Pacheco, Petz e Rede D1000</p> <p><u>Ativds. financeiras, seguros etc. (0,957; 1,379; 5804,66)</u> – BTG Pactual, Bradesco Financiamentos, BNDESPar, Banco XP, Banco ABC, Banco Master, Azul, Prudential, BD Gestão de Recursos, Icatu, BNP Paribas, Bocom BBM, IRB, Austral Resseguradora, Mongeral, Generali, Banco Bradesco Berj, SulAmérica, Modal, Previ, Banco Genial, Oliveira Trust, Banco Guanabara, Banco Arbi, BNY Mellon Banco, Litel Participações.</p> <p><u>Alojam. e alimentação (0,931; 0,885; 4398,00)</u> – Rio Atlântica Hotel, Windsor Oceânico e Windsor Tower, Carvalho Hosken Hotelaria, Lagune Barra Hotel, Marina Leblon Empreendimentos Hoteleiros, BHG, LA</p>	<p>Classe 1 – Comércio, finanças, imóveis/construção, alojamento/alimentação, produtos primários e máquinas/equipamentos</p>

¹⁴ Fonte: <https://www.portosrio.gov.br/>.

<p>Hotels Empreendimentos, Hotel Royalty Barra, HHR JW Rio de Janeiro Investimentos Hoteleiros.</p> <p><u>Ativds imobiliárias (0,826; 1,007; 4235,74)</u> – Cardeiros Imobiliária e Participações, Imobiliária Alves da Motta, Brasil Brokers, M. C. Imobiliária, Ética Imobiliária, ICAN Imobiliária e Comercial Agulhas Negras, Compreve Imobiliária.</p> <p><u>Construção (0,910; 0,795; 790,76)</u> – Even, Cury Construtora, Allos, Multiplan, BRMalls, U&M, Tegra, Queiroz Galvão, Gafisa,</p> <p><u>Máquinas e equipamentos (0,975; 0,772; 99,21)</u> – Mahle Equipamentos, Vitória Diesel, Priner Serviços Industriais, Technos.</p> <p><u>Produtos alimentares (1,028; 0,774; 65,93)</u> – Moinho Globo,</p> <p><u>Agricultura, pecuária, prod.florestal, pesca e aquicultura (0,847; 0,773; 7,90)</u> – Fartura Agropecuária, AFB Agropecuária Itapira, Itapura, Terracal Alimentos e Biocombustíveis, Plantações e Michelin, Haras Boa Fé, Fazenda São Fernando.</p> <p><u>Serviços domésticos (0,772; 0,772; 0,00003)</u></p>	
<p><u>Ativds científicas, profissionais e técnicas (1,118; 1,622; 8562,33)</u> – Instituto Militar de Engenharia (IME), Cenpes (Centro de Pesquisas Leopoldo Américo Miguez de Mello).</p> <p><u>Transp., armazenagem e correio (1,095; 1,382; 7871,71)</u> – Transpetro, Transportadora Associada de Gás, MRS Logística, Empresa de Navegação Elcano, Log In – Logística Intermodal, Ocean Pact, Mills, CCR Viasul, MetrôRio, CS Brasil, Ferrovia Tereza Cristina, Concessionária Aeroporto Rio de Janeiro.</p> <p><u>Ativds administrativas e servs.complementares (0,957; 1,244; 7062,46)</u> – Nova Rio Serviços Gerais, Associação dos Servidores Cíveis do Ministério da Defesa, Instituto Brasil Estados Unidos, Aliance Estacionamentos,</p> <p><u>Admin. públ., defesa e seguridade social (0,980; 0,821; 3509,63)</u> -</p> <p><u>Outras inds. manufatura (1,197; 1,185; 3023,68)</u> – Nissan do Brasil, Merck, Fábrica Carioca de Catalisadores, Indústria Brasileira de Filmes, Ternium, CSN Cimentos.</p> <p><u>Educação (0,910; 0,816; 3017,68)</u> – Yduqs, Salta, Editora Globo,</p> <p><u>Inds. extrativas (1,074; 1,063; 1713,81)</u> – Petrobras, Iconic, Prio, Petrogal, Repsol Sinopec, Dexus Par, Enauta Energia, Petronas, Katrium, Vale, Shell Brasil, Salobo, 3R Petroleum e Ebam.</p> <p><u>Eletric. e gás (1,027; 0,836; 542,40)</u> – Taesa, Vibra, Eletrobras, Furnas, Light, Eneva, Ampla Energia, NTS – Nova Transportadora do Sudeste, Cia. Distribuidora de Gás do Rio de Janeiro – CEG/Naturgy, Eletronuclear, CEG Rio, NC Energia, Neoenergia, Energisa, Paranaita Ribeirãozinho, PBio, Itumbiara Transmissora de Energia, Afluente Transmissão, Eletrobras Participações, Equinor, Jirau Energia.</p> <p><u>Água, esgoto e gestão de resíduos (0,948; 0,780; 195,19)</u> – CEDAE – Cia. Estadual de Águas e Esgotos do RJ, Igua Rio, Grupo Bauminas,</p>	<p>Classe 2 – Serviços intensivos em capital humano, energia, seneamento, transporte e indústria</p>
<p><u>Informação e comunic. (1,169; 1,282; 4841,70)</u> – TIM, Organizações Globo, OI, Valid, Bemobi Tech, Algar Tech, Telebras, Quality Software, Artplan Comunicação, Elea Digital,</p> <p><u>Outras ativds. de serviços (1,076; 0,826; 4183,41)</u> -</p>	<p>Classe 3 – Outros serviços, comunicação, saúde e indústria criativa</p>

<u>Saúde humana e serviços sociais (0,976; 0,814; 3110,47)</u> – Bradesco Saúde, Esho- Empresa de Servs Hospitalares, Omint Saúde e Seguros, Laboratórios B. Braun, Caberj Integral Saúde e Seguros Unimed, <u>Artes, cultura, esporte e recreação (1,085; 0,814; 1474,15)</u> – Sony Music Enternainment do Brasil, EBCINE – Empresa Brasileira de Cinema, United Cinemas International, EMI Records do Brasil, WarnerChappel Music, Conspiração Filmes, Liga Independente das Escolas de Samba do Rio de Janeiro (LIESA), Clube de Regatas Flamengo, SAF Botafogo e AquaRio,	
---	--

Fonte: Cálculos dos autores a partir da matriz de insumo-produto do SCN/IBGE. Revista Exame Melhores e Maiores 2024. Econodata: <https://www.econodata.com.br/maiores-empresas/rj/agricultura>
 Obs: o primeiro número entre parênteses é o encadeamento para trás (grau ponderado de entrada); o segundo, para frente (grau ponderado de saída). O terceiro número refere-se ao IHR (grau ponderado total).

A tabela A3 detalha os clusters dos setores da Região Metropolitana do Rio de Janeiro (R2). Ela também define três clusters (tal como a tabela anterior).

O primeiro cluster enfatiza seis setores ligados a atividades de serviços (incluindo os de saúde e educação). O segundo, que soma onze setores, destaca os setores de serviços intensivos em capital humano, energia, saneamento, construção, transporte e indústria (incluindo as de manufatura e extrativas). O terceiro cluster, com quatro setores, também é concentrado em segmentos do setor terciário, como os outros serviços, o comércio, alojamento/alimentação e informação/comunicação.

Tabela A3 - Classes de modularidade que definem os clusters da Região Metropolitana do RJ (R2)

Setores que compõem o cluster	Classes de modularidade
<u>Administ. pública, defesa e seguridade social (0,952; 0,841; 738,11)</u> <u>Educação (0,910; 0,838; 473,04)</u> – GayLussac (Niterói), Cia. Nilza Cordeiro de Educação e Cultura (Duque de Caxias), Fundação Educacional de Volta Redonda (Volta Redonda), Universidade Federal Fluminense (vários campi no interior do Estado do RJ). <u>Outras ativds. de serviços (1,038; 0,841; 246,33)</u> - , Cardeal Serviços Especializados (Rio Bonito), Personal Service RH (Duque de Caxias). <u>Saúde humana e serviços sociais (0,984; 0,828; 233,32)</u> – Casa de Saúde e Maternidade Santa Martha (Niterói), Cemed Care Empresa de Atendimento Clínico em Geral (Duque de Caxias). <u>Artes, cultura, esporte e recreação (1,049; 0,832; 61,64)</u> <u>Serviços domésticos (0,802; 0,802; 0,005)</u> -	Classe 1 – Serviços públicos/privados, saúde e educação.
<u>Ativds científicas, profissionais e técnicas (1,017; 1,299; 2185,22)</u> - <u>Outras inds. manufatura (1,072; 1,431; 2007,30)</u> – Bayer (Belford Roxo), Açotubo (Duque de Caxias), Granado (Japeri), Nortec Química (Duque de Caxias), Itaguai Construções Navais (Itaguai), F'NA Eouro (Duque de Caxias), <u>Transp., armazenagem e correio (1,074; 1,321; 1812,87)</u> – Porto de Niterói, Porto de Itaguai, Cia. Brasileira de Offshore (Niterói),	Classe 2 - Serviços intensivos em capital humano, energia, saneamento, construção, transporte e indústria

<p><u>Inds. Extrativas (1,029; 0,885; 1012,12)</u> - Afton Chemical (Belford Roxo).</p> <p><u>Ativds. financeiras, seguros etc. (0,989; 1,076; 982,13)</u></p> <p><u>Eletric. e gás (1,199; 1,191; 506,75)</u> – Raízen (Duque de Caxias),</p> <p><u>Construção (1,002; 0,964; 258,93)</u> – Perfil X Construtora (São Gonçalo).</p> <p><u>Água, esgoto e ativds gestão resíduos (1,025; 0,865; 92,54)</u> – Saneamento Ambiental Águas do Brasil (Niterói). SCP Saneamento São José (São Gonçalo).</p> <p><u>Produtos alimentares (1,051; 0,834; 74,69)</u> – Indústrias Granfino (Nova Iguaçu), Cadore Alimentos (São João do Meriti).</p> <p><u>Máquinas e equipamentos (1,029; 0,851; 62,32)</u> – Techlabor (São Gonçalo), Voltz Elevadores (Niterói).</p> <p><u>Agricultura, pecuária, florestais, pesca etc. (0,892; 0,812; 4,28)</u></p>	
<p><u>Ativds administr. e servs.complementares (0,983; 1,125; 1125,15)</u> – Limpind Asseio, Conservação e Manutenção (Niterói),</p> <p><u>Comércio e reparação de automotivos (0,997; 1,468; 1051,75)</u> – Rosal Supermercados (Nova Iguaçu), Intercontinental Comércio de Alimentos (São João do Meriti).</p> <p><u>Informação e comunic.(1,101; 1,040; 1017,07)</u> – WJS Letreiros (Nova Iguaçu), Alcântara Sign (São Gonçalo), Eros Comunicação Visual (Nova Iguaçu), JP Comunicação Visual (Duque de Caxias).</p> <p><u>Ativds imobiliárias (0,835; 0,950; 397,56)</u> – Chicrala Holding (Niterói), Blessed Empreendimentos Imobiliários (Nova Iguaçu).</p> <p><u>Alojam. e alimentação (0,972; 0,904; 208,07)</u> – Agile Restaurante (Duque de Caxias), Time Forte Restaurante (Duque de Caxias), Hotel Solar do Arco (Cabo Frio), Portobello Resort (Mangaratiba), Do Bosque Resort (Angra dos Reis).</p>	<p>Classe 3 - Outros serviços, comércio, alojamento/alimentação e informação/comunicação</p>

Fonte: Cálculos dos autores a partir da matriz de insumo-produto do SCN/IBGE. Revista Exame Melhores e Maiores 2024. Econodata: <https://www.econodata.com.br/maiores-empresas/rj/agricultura>

Obs: o primeiro número entre parênteses é o encadeamento para trás (grau ponderado de entrada); o segundo, para frente (grau ponderado de saída). O terceiro número refere-se ao IHR (grau ponderado total).

A tabela A4 detalha os clusters dos setores de todo o Estado do Rio de Janeiro (R3). Ela apresenta quatro clusters (um a mais do que a tabela anterior).

A classe de modularidade 1 reúne quatro setores, com ênfase na indústria fluminense (indústrias extrativa e de manufatura, eletricidade e gás e administração pública, defesa e seguridade social). A classe 2 é a que possui mais setores (dez ao todo): produtos primários, alimentares, saneamento, construção, comércio e reparação de autos, educação e transporte, armazenagem e correio. A classe 3 agrega sete setores, com ênfase em serviços. Já a classe 4 nem pode ser considerada como um cluster, dado que só possui o setor menos interconectado e relevante de todos: o de serviços domésticos.

Como se pode observar na tabela 4, o setor de outras indústrias de manufatura detém o maior IHR (ou grau ponderado total) e também faz parte do cluster 1 que reúne justamente os setores

com maiores IHRs ou graus ponderados totais. Portanto, cabe citar a análise descritiva do website “Rio Indústria”, que é mantido pela Associação das Indústrias do Rio de Janeiro:

“A indústria de transformação também pode ser considerada a principal atividade industrial do Estado, se observado pela ótica do emprego: são 314 mil trabalhadores com carteira assinada e representatividade de 54% da atividade industrial fluminense. Trata-se do sexto maior complexo industrial brasileiro, pelos conceitos de VAB e de empregados.

A indústria da transformação é bastante diversificada e está presente em todas as regiões do Estado. O município do Rio de Janeiro pode ser considerado a capital industrial fluminense, por concentrar o maior número de empregados na indústria de transformação (117 mil) e em 19 de seus 24 segmentos industriais: Fabricação de Alimentos, Combustíveis, Vestuário, Borracha e Plástico, Farmacêutica, Bebidas, Gráfica, Máquinas, Químicos, Produtos de metal, Ópticos, Vidros, Têxteis, Artesatos de couro, Papel, Eletrônicos, Materiais elétricos, Fumo e Madeira.

De forma complementar, os cinco segmentos da indústria de transformação cujos maiores polos estão fora da capital fluminense são: Metalurgia em Volta Redonda, sede de uma grande usina siderúrgica; Veículos em Resende, com fabricantes de carros, caminhões e autopeças; Naval em Angra dos Reis, sede do maior estaleiro do Rio de Janeiro em operação; Móveis em Nova Iguaçu, com uma grande fábrica de colchões; e Manutenção industrial em Macaé, de plataformas e de maquinário para exploração de óleo e gás.

Mas o Estado do Rio de Janeiro possui outros importantes polos industriais, como destaque: Vestuário em Nova Friburgo (moda íntima e fitness) e Petrópolis; Bebidas em Petrópolis, Teresópolis, Piraí (cervejas) e Duque de Caxias (refrigerantes); Papel em Piraí e Santo Antônio de Pádua; Gráfica em Duque de Caxias; Refino em Duque de Caxias; Químico em Duque de Caxias (polímeros) e Nova Iguaçu (tecnologias não letais); Farmoquímica em Duque de Caxias; Borracha em Itatiaia (pneus); Plásticos em Duque de Caxias (embalagens); Minerais não-metálicos em Campos dos Goytacazes e Itaboraí (cerâmica); Metalurgia no Rio de Janeiro, Barra Mansa, Resende e Porto Real (siderurgia); Produtos de metal em Nova Friburgo (fechaduras) e Itaguaí (caldeiraria); Equipamentos de informática em Petrópolis (polo tecnológico); Ópticos em Petrópolis (lentes) e Valença (microscópios); Aparelhos elétricos em Itatiaia (eletrodomésticos); Máquinas e equipamentos em Macaé e Niterói (para extração de petróleo); Veículos e peças em Porto Real, Itatiaia (automóveis) e Nova Iguaçu (coletores captadores); Naval em Itaguaí (submarinos), Niterói e Rio de Janeiro; Móveis em Rio de Janeiro, Duque de Caxias (mobiliário) e Três Rios (colchões); Dispositivos médicos em São Gonçalo; Manutenção industrial em Petrópolis e Três Rios (turbinas de aeronaves); e instalação industrial em Volta Redonda.” (Rio Indústria, 2024)¹⁵.

¹⁵ <https://rioindustria.com.br/a-industria-do-rio/a-industria-da-transformacao/>

Tabela A4 - Classes de modularidade dos clusters dos setores do estado do RJ (R3)

Setores que compõem o cluster	Classes de modularidade
<p><u>Indústrias extrativas (2310,37; 1042,83; 3.352,20)</u> – Concrelagos Concreto (Itaperuna).</p> <p><u>Outras indústrias de Manufatura (2.705,76; 2.723,61; 5.429,37)</u> -- Calçados Beira-Rio (Volta Redonda), Peugeot/Citroen do Brasil (Porto Real), Cervejaria Petrópolis (Petrópolis), Cervejaria Imperial (Petrópolis), MAG Aliança Automóveis do Brasil (Resende), Coagro (Campos dos Goytacazes), Integra Offshore (Campos dos Goytacazes), Yorozu Automotiva (Resende), Carl Zeiss Vision Indústria Óptica (Petrópolis).</p> <p><u>Elettricidade e gás (2.020,94; 1.756,38; 3.777,32)</u> – MI Electric (Macaé), CSN Energia (Volta Redonda), Marambaia Energia Renovável (Petrópolis).</p> <p><u>Administ. pública, defesa e seguridade social (2.060,19; 515,33; 2.595,52)</u></p>	<p>Classe 1- Indústrias, eletricidade e gás e administração pública, defesa e seguridade social</p>
<p><u>Agricultura, pecuária, produção florestal, pesca e aquicultura (221,73; 414,17; 635,90)</u> - Cras Brasil, Copapa, Cooperativa Agropecuária de Itaocara (Itaocara), Agroindustrial Suassuna (Teresópolis), Santa Terezinha Agropecuária (Petrópolis).</p> <p><u>Produtos alimentares (864,36; 221,23; 1.085,59)</u> - Conhaque São João da Barra (São João da Barra), Usina Barcelos (Barcelos), Cereais Bramil (Três Rios), Greenday (Morangaba), Doce Xamego Bom Laticínios (Bom Jesus do Itabapoana), Indústria de Bebidas Reflexa (São Gonçalo), Cia. Açucareira Usina Cupim (Campos dos Goytacazes), Comary Indústria de Bebidas (Teresópolis), Petmax – Ind. e Com. de Alimentos (Japuíba), Sabor da Serra Laticínios (Nova Friburgo).</p> <p><u>Máquinas e equipamentos (929,86; 284,50; 1.214,36)</u> – BMC Máquinas e Equipamentos Pesados Engenharia (Itatiaia), Metalúrgica Barra do Pirai (Barra do Pirai), ON2 Soluções Integradas (Macaé), GE Celma (Petrópolis), STAM Metalúrgica (Nova Friburgo).</p> <p><u>Água, esgoto e atividades de gestão de resíduos (1.126,71; 699,44; 1.826,15)</u> – Prolagos (São Pedro da Aldeia), FGPPP (Macaé), Águas do Paraíba (Campos dos Goytacazes), Águas das Agulhas Negras (Resende), BRK Ambiental (Rio das Ostras) .</p> <p><u>Construção (1.704,19; 1.584,65; 3.288,84)</u> - Construtora Avenida (Campos dos Goytacazes), Statled Brasil Construtora (Miguel Pereira), PJA Rodovias e Infraestruturas (Volta Redonda).</p> <p><u>Comércio e reparação de automotivos (3.131,94; 3.572,02; 6.703,96)</u> – Supermercados Royal (Volta Redonda), CEABFLOR (Volta Redonda).</p> <p><u>Transp., armazenagem e correio (1.184,49; 3.155,31; 4.339,80)</u> – CBO Cia. Brasileira de Offshore (Macaé), Porto de Angra dos Reis, Fugro Brasil Serviços Submarinos e Levantamentos (Rio das Ostras), Rodoviário Líder (Campos dos Goytacazes), LTSL Sudeste Encomendas Urgentes (Resende), Friburgo Auto Ônibus (Nova Friburgo).</p> <p><u>Ativids imobiliárias (224,77; 651,29; 876,06)</u> – Redeplan Imóveis (Volta Redonda e Barra Mansa), Bracom Rio (Campos dos Goytacazes), Alambari Empreendimentos e Participações (Resende).</p> <p><u>Ativids científicas, profissionais e técnicas (1.654,94; 3.536,63; 5.191,57)</u> – Alterdata Software (Teresópolis), Gigalink Internet (Nova Friburgo),</p>	<p>Classe 2 – Produtos primários; alimentares; saneamento; construção; comércio e reparação de autos; transporte, armazenagem e correio e educação.</p>

<u>Educação (1.297,99; 206,24; 1.504,23)</u> - Colégio Naval (Angra dos Reis), Academia Militar das Agulhas Negras (Resende), Colégio de Aplicação de Macaé (Macaé), Instituto Federal Fluminense (Santo Antônio de Pádua).	
<u>Alojam. e alimentação (1.196,76; 691,57; 1.888,33)</u> – Tulip Campos (Campos dos Goytacazes), Casa Marambaia Hotel e Restaurante (Petrópolis), <u>Informação e comunic. (1.053,29; 1.860,51; 2.913,80)</u> – Eleva Comunicação Visual (Angra dos Reis), Qualificada Macaense (Macaé), Estilo Comunicação (Barra Mansa), InterTV Serra e Mar (Nova Friburgo). <u>Ativids. financeiras, seguros etc. (773,37; 1.953,21; 2.726,58)</u> – FAB Participações (Volta Redonda), Barcelos Participações (Campos dos Goytacazes), Xerium do Brasil (Petrópolis). <u>Ativids administrativas e servs.complementares (658,39; 2.347,40; 3.005,79)</u> - Orange Business Services (Petrópolis) <u>Saúde humana e serviços sociais (1.442,14; 7,36; 1.449,50)</u> – Clínica de Diálise Volta Redonda (Volta Redonda), Clínica Médica e Estética Daibes Lisboa (Resende), Hospital Serrano (Nova Friburgo). <u>Artes, cultura, esporte e recreação (227,70; 82,98; 310,68)</u> – Tatu Filmes (Volta Redonda), SIG Estúdio e Produção Musical (Niterói), Goytacazes Filmes (Macaé). <u>Outras ativids. de serviços (754,05; 237,28; 991,33)</u> – Sudeste Serviços (Rio das Ostras), SPT Franchising (Volta Redonda),	Classe 3 – Serviços intensivos em capital humano, outros serviços, informação/comunicação, saúde e indústria criativa.
<u>Serviços domésticos (0,003; 0,004; 0,007)</u>	Classe 4 – Serviços domésticos

Fonte: Cálculos dos autores a partir da matriz de insumo-produto do SCN/IBGE. Revista Exame Melhores e Maiores 2024. Econodata: <https://www.econodata.com.br/melhores-empresas/rj/agricultura>
 Obs: o primeiro número entre parênteses é o encadeamento para trás (grau ponderado de entrada); o segundo, para frente (grau ponderado de saída). O terceiro número refere-se ao IHR (grau ponderado total).

2.5. Conclusões

A economia do Rio de Janeiro é marcada por uma grande diversidade setorial, com um forte domínio do setor de serviços e a presença de setores industriais de significativa relevância, os quais, todavia, enfrentam desafios estruturais, como a desindustrialização e a concentração de riqueza na capital. O estudo das relações intersetoriais, das redes de insumo-produto e da dinâmica regional se mostra essencial para entender as particularidades econômicas do estado.

No município do Rio de Janeiro (R1), as classes de modularidade mostram vínculos importantes entre os setores de comércio, alojamento/alimentação, produtos alimentares, produtos primários. Também são relevantes as relações envolvendo os setores de alojamento/alimentação, construção e atividades imobiliárias, bem como os encadeamentos entre comércio/reparação de autos e construção com o setor de atividades financeiras e seguros. A classe de modularidade 2 salientou os serviços intensivos em capital humano e os setores de energia, saneamento, transporte e indústria. A associação entre as dinâmicas dos setores de educação e atividades científicas,

profissionais e técnicas também ficou clara. E o mesmo pode ser dito entre os laços existentes entre quatro setores de serviços intensivos em capital humano (atividades científicas, profissionais e técnicas; atividades administrativas e serviços complementares; educação e, finalmente, administração pública, defesa e seguridade social). Cabe mencionar também que a capital do estado é onde se localizam três importantes empresas estatais que geram externalidades positiva para estes setores: Petrobras, Vale e Eletrobras, com óbvia e estreita conectividade entre a petroleira e a mineradora citadas e o porto do Rio de Janeiro, que atende aos estados do Rio de Janeiro, São Paulo, Minas Gerais, Espírito Santo, Bahia e Goiás, sobretudo. A classe de modularidade 3 do R1 explicita quatro atividades produtivas que também são geradoras de emprego e renda para a cidade: informação e comunicação; saúde humana e serviços sociais; outras atividades de serviços e o setor de arte, cultura, esportes e recreação.

Já na análise do R2, isto é, da economia do chamado “Grande Rio” (Região Metropolitana do Rio de Janeiro), três clusters foram computados, com o primeiro deles destacando seis setores ligados a atividades de serviços (incluindo os de saúde e educação). O segundo, que é o maior do três, pois agrega onze setores, mostra a conectividade significativa entre os setores de serviços intensivos em capital humano, energia, saneamento, construção, transporte e indústria (incluindo as de manufatura e extrativas). O terceiro e último cluster concentra-se em quatro atividades terciárias: outros serviços; comércio, alojamento/alimentação e informação/comunicação.

Apesar de o estado do Rio de Janeiro (R3) ser a segunda economia regional do país, a estrutura produtiva do R3 possui vulnerabilidades associadas à concentração produtiva e à dependência de setores específicos. A classe de modularidade 1 reúne quatro setores, com ênfase na indústria fluminense (indústrias extrativa e de manufatura, eletricidade e gás e administração pública, defesa e seguridade social). A classe 2 soma dez setores: produtos primários, alimentares, saneamento, construção, comércio e reparação de autos, educação e transporte, armazenagem e correio. A classe 3 tem sete setores, com ênfase em serviços. Já a classe 4 é, de longe, a de menor importância, pois só possui o setor de serviços domésticos.

Os resultados da RIP mostram setores-chave com alta capacidade de dispersão de efeitos econômicos, fundamentais para políticas de diversificação econômica e planejamento estratégico regional. Os resultados também sugerem que relações intersetoriais das RIPs são cruciais para compreender a resiliência e os desafios econômicos da região, bem como podem ser úteis para auxiliar as decisões de políticas públicas que promovam crescimento sustentável.

Os resultados deste trabalho evidenciam que o setor de indústria extrativa, que o é mais importante setor da indústria fluminense pelo critério do VAB (Valor Adicionado Bruto), somando

R\$ 70,2 bilhões, está estreitamente relacionado com os setores de comércio e reparação de automotivos, alojamento e alimentação, eletricidade e gás, construção, outras indústrias de manufatura e atividades financeiras e seguros. A indústria extrativa fluminense responde por 44% do VAB nacional, com ênfase para a indústria de extração de óleo e gás, que participa com 79% da produção nacional de petróleo.

REFERÊNCIAS

ALBERT, R.; JEONG, H.; BARABÁSI, A.-L. Error and attack tolerance of complex networks. *Nature*, v. 406, p. 378-382, 2000.

ALBERT, R.; JEONG, H.; BARABÁSI, A.-L. Error and attack tolerance of complex networks. *Nature*, v. 406, p. 378-382, 2000.

ALMEIDA, F.; SILVA, L.; RIBEIRO, A. A economia regional do Rio de Janeiro: Desafios e perspectivas. *Revista de Economia Fluminense*, v. 15, p. 25-40, 2018.

BARABÁSI, A.-L. *Linked: The New Science of Networks*. Cambridge: Perseus Publishing, 2002.

BARABÁSI, A.-L.; ALBERT, R. Emergence of scaling in random networks. *Science*, v. 286, n. 5439, p. 509-512, 1999.

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL (BNDES). Investimentos em infraestrutura no Brasil: tendências e desafios. Rio de Janeiro: BNDES, 2022.

BOFFA, J. P.; SANTOS, P. P.; BORGATTI, S. P. Power-law distributions and the role of hubs in complex networks. *Journal of Economic Dynamics and Control*, v. 36, p. 2364-2376, 2012.

CASTRO, C. N.; BARROS, G. S. C. Análise dos desafios do investimento em infraestrutura no Brasil. Brasília: IPEA, 2020.

CASTRO, A. F.; PONTES, G. M.; ALMEIDA, S. R. As relações intersetoriais na economia do Rio de Janeiro: Uma análise da matriz insumo-produto. *Revista Brasileira de Economia Regional*, v. 12, p. 45-58, 2020.

CAVALCANTE, R. S.; PEREIRA, J. P.; SANTOS, L. P. O setor agropecuário no Rio de Janeiro: Desafios e oportunidades. *Revista de Desenvolvimento Agrário*, v. 22, p. 67-79, 2017.

FAGIOLO, F.; REICHHART, D.; SCHIAVO, S. The evolution of the structure of the Italian inter-industrial network. *Computational Economics*, v. 32, p. 357-389, 2008.

FELIPE, S.; MARTINS, R.; SILVA, L. O impacto do setor de serviços na economia do Rio de Janeiro. *Estudos Econômicos do Rio de Janeiro*, v. 18, p. 112-130, 2019.

FERREIRA, P.; LIMA, D.; ALMEIDA, J. O declínio industrial no Rio de Janeiro: Uma análise do processo de desindustrialização. *Revista de Economia Industrial*, v. 30, p. 80-97, 2014.

FIRJAN – Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro. Desenvolvimento Regional e Competitividade: Indicadores Econômicos do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: FIRJAN, 2023. Disponível em: <https://www.firjan.com.br>. Acesso em: 11 nov. 2024.

GARLASCHELLI, D.; FERRER, R.; ROBERTS, J.; AMARAL, L. A. N. *The scale-free nature of the world trade web*. *Nature*, v. 423, p. 267-268, 2005.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Contas Regionais do Brasil 2022. Rio de Janeiro: IBGE, 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 13 set. 2024.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Contas Regionais do Brasil 2023. Rio de Janeiro: IBGE, 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 10 nov. 2024.

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil 2022. Brasília: IPEA, 2023. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br>. Acesso em: 11 nov. 2024.

KIM, Y.; KIM, K.; LEE, Y. *Centrality Measures for an Input-Output Table: An Application to the Korean National Economy*. *Journal of Economic Structures*, v. 4, n. 8, p. 1-14, 2019.

LEITE, A. F.; SOUSA, M. A.; TAVARES, R. A. A agropecuária do Rio de Janeiro: Características e desafios. *Revista de Economia e Agroindústria*, v. 25, p. 109-121, 2019.

NEWMAN, M. E. J. Assortative mixing in networks. *Physical Review Letters*, v. 89, n. 20, p. 208701, 2002.

NEWMAN, M. E. J. The structure and function of complex networks. *SIAM Review*, v. 45, n. 2, p. 167-256, 2003.

NEWMAN, M. E. J. *The Structure and Function of Complex Networks*. *SIAM Review*, v. 45, p. 167-256, 2003.

PEREIRA, R. Desafios para a indústria fluminense no contexto nacional. *Revista de Desenvolvimento Econômico*, v. 23, p. 38-45, 2016.

PIRES, M.; GOMES, R.; LIMA, E. A dinâmica das cadeias produtivas no Rio de Janeiro: Análise por matrizes insumo-produto. *Revista Brasileira de Estudos Regionais*, v. 16, p. 78-92, 2017.

SEBRAE – Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. Panorama Setorial 2023: Indústria, Serviços e Agropecuária. Brasília: SEBRAE, 2023. Disponível em: <https://www.sebrae.com.br>. Acesso em: 10 nov. 2024.

TAVARES, M. R.; MOURA, L.; ANDRADE, F. O setor industrial do Rio de Janeiro: Uma análise das tendências e desafios. *Revista Brasileira de Economia Regional*, v. 27, p. 150-162, 2015.

TORRENS, P. *Spatial Economic Networks and the Analysis of Economic Dynamics. Geographical Analysis*, v. 36, p. 57-79, 2004.

WATTS, D. J.; STROGATZ, S. H. Collective dynamics of 'small-world' networks. *Nature*, v. 393, p. 440-442, 1998.