

## XXV ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO - XXV ENANCIB

### GT 7 – Produção e Comunicação da Informação em Ciência, Tecnologia & Inovação

#### CIRCULAÇÃO DE CONHECIMENTO EM TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA REDE URBANA DO NORDESTE DO BRASIL

#### *CIRCULATION OF KNOWLEDGE IN INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES IN THE URBAN NETWORK OF NORTHEAST BRAZIL*

**Ana Cristina Fernandes de Almeida** – Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

**Fernando Campos Mesquita** - Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

**Alejandro Caballero Rivero** – Instituto Nacional da Mata Atlântica (INMA)

#### **Modalidade: Trabalho Completo**

**Resumo:** O artigo analisa os desafios das primeiras décadas do século XXI, marcadas pelos impactos globais da revolução digital, propondo um procedimento metodológico para identificar a rede urbana brasileira na era digital. Diante da escassez de dados sobre fluxos de conhecimento em nível municipal, sugere-se o uso de interações entre pesquisadores — mensuradas por publicações em coautoria (*Web of Science*) e colaboração de grupos de pesquisa (Diretório de Grupos de Pesquisa do CNPq) — como proxies para mapear conexões urbanas, com foco na região Nordeste. Os resultados confirmam a centralidade de Recife e Fortaleza, duas das três metrópoles de nível 1C da região, enquanto Salvador perde posição relativa para Natal, capital regional de nível A. Observa-se também que cidades de menor centralidade tendem a estabelecer vínculos significativos entre si, favorecidas pela proximidade geográfica. O estudo levanta a hipótese de que cidades com estruturas de pesquisa mais consolidadas nas áreas ligadas às Tecnologias da Informação e Comunicação tendem a exercer maior centralidade territorial na rede urbana digital, independentemente do tamanho populacional ou da economia local. Isso se deve à natureza dessas tecnologias, que permitem a prestação de serviços à distância, sem dependência de mercados locais. Os dados indicam que as interações científicas podem ser utilizadas como estratégia metodológica promissora para análise da centralidade urbana na era digital, contribuindo para o desenvolvimento de um indicador complexo que reflita a importância territorial das cidades em um contexto de transformação tecnológica acelerada.

**Palavras-chave:** colaboração científica; era digital; fluxos de conhecimento; metodologia de análise de rede urbana; tecnologias de informação e comunicação.

**Abstract:** This paper analyzes the challenges of the early 21st century, marked by the global impacts of the digital revolution, and proposes a methodological approach to identify Brazil's urban network in the digital era. In response to the lack of municipal-level data on knowledge flows, authors suggest using interactions between researchers—measured through co-authored publications (*Web of Science*) and interactive research groups (CNPq Research Groups Directory)—as proxies for mapping urban connections, focusing on the Northeast region. Results confirm the central roles of Recife and Fortaleza, two of the three level 1C metropolises in the region, while Salvador loses ground to Natal, a level A regional capital. It is also observed that cities with lower levels of centrality tend to establish significant links among themselves, often due to geographic proximity. The study raises the hypothesis that cities with more consolidated research structures in areas related to Information and

Communication Technologies tend to exert broader territorial centrality within the digital urban network, regardless of their population size or local economic structure. This is attributed to the nature of these technologies, which allow for the remote provision of services, beyond the boundaries of nearby economic regions. Data suggests that scientific interactions can be used as a promising methodological strategy for analyzing urban centrality in the digital age, contributing to the development of a complex indicator that reflects the territorial importance of cities in a context of accelerated technological transformation.

**Keywords:** scientific collaboration; digital era; knowledge flows; urban network analysis methodology; information and communication technologies.

## **1 INTRODUÇÃO**

As primeiras décadas do século XXI têm sido marcadas por crises múltiplas — políticas, ambientais, institucionais e econômicas — que, segundo Monteiro Neto *et al.* (2023), tornam-se parte integrante da paisagem socioeconômica contemporânea, funcionando tanto como motores de transformação quanto como mecanismos de destruição. O aumento das incertezas, o aquecimento global, a crise de hegemonia no sistema capitalista e a crescente “computarização” da economia apontam, conforme Castells (2020), para um possível colapso do projeto de modernidade ocidental. Para Pochmann (2022), vivemos a emergência de uma nova era, marcada pela reconfiguração de símbolos culturais, modelos de comportamento e sistemas de valores, com impactos na estrutura produtiva e no aumento das desigualdades sociais e regionais.

Neste cenário, chama-se atenção para os efeitos da aceleração tecnológica sobre a rede urbana. Desde a revolução da microeletrônica nos anos 1980, avançou-se para a chamada era digital, caracterizada por intensos fluxos de informação mediados por tecnologias digitais, conectando pessoas e organizações em diferentes localidades (Castells, 1996; Pochmann, 2022). Essa transformação impacta diretamente o espaço geográfico, exigindo revisão de teorias clássicas, como a dos lugares centrais de Christaller (1966), a qual considera que a oferta de bens e serviços mais complexos e de mais elevado valor tende a se concentrar nas maiores cidades. O autor propôs um método de identificação da hierarquia dos sistemas de cidades a partir dos deslocamentos dos indivíduos para aquisição dos bens e serviços que não são supridos nas suas cidades de origem, correlacionando níveis de complexidade e valor dos bens e serviços com o nível da cidade na rede urbana. Esse procedimento metodológico tem orientado estudos de rede urbana em vários países até

recentemente, entre eles a pesquisa Região de Influência das Cidades (REGIC), desenvolvida pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) desde 1966.

Com a digitalização, muitos deslocamentos físicos tornam-se desnecessários, afetando a própria configuração da rede urbana. Reconhecendo essa mudança, Taylor, Hoyler e Verbruggen (2010) propuseram uma atualização à teoria dos lugares centrais, a qual denominaram teoria dos fluxos centrais. Esta não se propõe a substituir aquela, à medida que deslocamentos locais e em pequena distância para suprir demandas por bens e serviços cotidianos continuam a existir. Entretanto, sabendo-se que na sociedade em rede, os fluxos de informação e conhecimento, mercadorias e informações tornam-se elementos essenciais das relações urbanas, os autores apontam tais fluxos como fatores que passam a condicionar as relações entre as cidades e, conseqüentemente, voltam-se para os impactos sobre a rede urbana ocasionados pelas novas tecnologias digitais na presente quadra histórica.

No contexto dos estudos sobre Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I), o fluxo de conhecimento refere-se à movimentação de conhecimento, informação e expertise entre indivíduos e organizações e através de fronteiras geográficas, abrangendo a criação, a disseminação e a aplicação do conhecimento, e impulsionando a inovação e o desenvolvimento (Arsanti; Rupidara; Bondarouk, 2024). No entanto, captar empiricamente esses fluxos é um grande desafio, especialmente em países periféricos como o Brasil, onde há limitações tanto na produção quanto na apropriação das tecnologias digitais (Mesquita; Fernandes; Moura, 2024). Assim, a principal pesquisa sobre rede urbana no país (REGIC), embora reconheça a importância da teoria dos fluxos centrais, ainda adota uma abordagem baseada em deslocamentos físicos e indicadores de gestão pública e empresarial (IBGE, 2020). Dados sobre fluxos de conhecimento da Pesquisa Industrial de Inovação Tecnológica (PINTEC), por sua vez, são restritos à escala estadual, o que impede sua utilização na REGIC.

Buscando superar essas limitações, estudos recentes sugerem uma terceira dimensão da gestão territorial: o "comando digital" (Mesquita; Fernandes; Moura, 2024). Essa métrica busca identificar centralidades técnicas urbanas na era digital, considerando dados fixos como pessoal qualificado em serviços de Tecnologia da Informação (TI) e programas de pós-graduação bem avaliados. Apesar do avanço, esses estudos ainda não utilizam variáveis de fluxo diretamente.

Diante disso, propõe-se o uso de fontes alternativas de dados, como artigos científicos e grupos de pesquisa, que podem funcionar como indicadores *proxy* para mapear redes de

conhecimento. Os indicadores *proxy* são métricas que não medem diretamente o que se deseja avaliar, mas que fornecem uma estimativa ou representação dessa medida indiretamente, e constituem uma ferramenta útil quando o conceito sendo avaliado é difícil ou impossível de medir diretamente (Trzesniak, 2014), como no caso dos fluxos de conhecimento. Nesse caso, embora artigos científicos em colaboração e grupos de pesquisa colaborativos não captem todo o universo de interações, revelam conexões entre pesquisadores e instituições em diferentes localidades, fornecendo pistas sobre a estruturação da rede urbana baseada em fluxos imateriais.

Compreendendo a relevância de áreas de conhecimento mais intrinsecamente associadas à revolução digital e concentrando-se nos artigos em periódicos indexados na *Web of Science Core Collection (WoS)*, o presente artigo objetiva contribuir na busca de alternativas à identificação dos fluxos de conhecimento para identificar a atual configuração da rede urbana brasileira, a partir de um estudo focado nas redes da região Nordeste. Procura-se responder à questão: Quais redes de interação na produção científica das áreas de Engenharia Elétrica e Eletrônica, Ciência e Engenharia da Computação e Matemática Computacional revelam fluxos de conhecimento entre diferentes centros urbanos do Nordeste?

Parte-se do pressuposto que artigos em colaboração, com ao menos um coautor vinculado a instituições científicas e tecnológicas da região Nordeste, evidenciam fluxos de conhecimento capazes de refletir conexões alinhadas ao conceito de "*city-ness*", i.e., os atributos típicos de grandes cidades, i.e., uma oferta de bens e serviços complexos e a existência de densas redes de interações socioeconômicas expressivas do alcance de sua influência sobre uma ampla região, podendo esta chegar à escala nacional ou mesmo global, e eleva sua centralidade na rede urbana. Em contraste, a noção de "*town-ness*" descreve atributos associados a cidades menores e menos complexas, relativas a necessidades cotidianas de consumo disponibilizadas a uma região contígua (Taylor; Hoyler; Verbruggen, 2010). Logo, a escolha das áreas de conhecimento mencionadas se justifica por sua relevância para construção de competências estratégicas necessárias ao desenvolvimento de atividades inovadoras na era digital, consistentes com o conceito de "*city-ness*".

Parte-se da hipótese de que, embora os atributos de "*city-ness*" estejam concentrados nas metrópoles, alguns centros intermediários do Nordeste podem estar ganhando relevância, especialmente após a expansão das universidades federais. A capacidade de gerar e compartilhar conhecimento à distância, nas áreas ligadas às Tecnologias da Informação e

Comunicação (TICs), pode alterar a posição desses centros na rede urbana, algo ainda não captado pela metodologia atual da REGIC.

O foco na região Nordeste se justifica tanto pela sua posição periférica quanto pelo interesse em verificar se centros urbanos da região vêm ampliando sua influência por meio da colaboração científica. A internacionalização da produção acadêmica, impulsionada pelos Programas de Pós-graduação (PPGs), é um indicador relevante do alcance dessas redes de conhecimento. Assim, a expansão das interações para além das fronteiras regionais e nacionais pode estar contribuindo para ampliar a influência de determinados centros nordestinos na rede urbana brasileira.

## **2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

O estudo baseia-se em duas fontes principais de dados: a WoS e o Diretório de Grupos de Pesquisa do CNPq (DGP/CNPq). Os dados obtidos na plataforma WoS são publicações científicas a partir das quais são identificadas interações de coautoria entre pesquisadores filiados a instituições localizadas nas cinquenta cidades brasileiras com maior produção científica. Essa coleta foi realizada para uma pesquisa mais ampla à qual o presente trabalho se vincula. O recorte para as 50 cidades com maior produção científica decorreu da dimensão do processamento necessário para cobrir o universo completo dos mais de 5.500 municípios brasileiros, e do fato de que parte preponderante da ocorrência de publicações estaria concentrada nas principais cidades da rede urbana brasileira, mesmo considerando a expansão recente do sistema universitário. Como se sabe, o processo de produção de conhecimento é cumulativo e requer estruturas de conhecimento que demandam tempo até começar a produzir resultados (Edquist, 2005).

As 50 cidades com maior produção científica foram selecionadas com base no número de publicações das áreas de Engenharia Elétrica e Eletrônica, Ciência e Engenharia da Computação e Matemática Computacional, produzido por pesquisadores de instituições (universidades, institutos de pesquisa etc.) localizadas em essas cidades. Para coleta da produção científica foi realizada uma busca nas bases de dados da WoS, especificamente no campo "Topic" que abrange os títulos, resumos e palavras-chave dos artigos científicos, e considerando as áreas de Engenharia Elétrica e Eletrônica, Ciência e Engenharia da Computação e Matemática Computacional. Foi utilizada a seguinte estratégia de busca:

**XXV Encontro Nacional de Pesquisa em Ciência da Informação - XXV ENANCIB  
Rio de Janeiro, RJ - 03 a 07 de novembro de 2025**

*(TITLE-ABS-KEY ( "computer science" OR "artificial intelligence" OR "computational theory" OR "computational mathematics" OR "computer graphics" OR "computer-aided design" OR "computer networks" OR "computer communication" OR "computer science applications" OR "computer vision" OR "pattern recognition" OR "hardware" OR "human computer interaction" OR "information systems" OR "signal processing" OR "software" OR "theoretical computer science" OR "control and optimization" OR "media technology" OR "electrical engineering" OR "electronic engineering" OR "computational mechanics" OR "control engineering" OR "systems engineering" ) AND AFFILCOUNTRY (brazil OR brasil)) AND ( LIMIT-TO ( DOCTYPE , "ar" ) OR LIMIT-TO ( DOCTYPE , "cp" ) OR LIMIT-TO ( DOCTYPE , "re" ) OR LIMIT-TO ( DOCTYPE , "ed" ) OR LIMIT-TO ( DOCTYPE , "le" ) OR LIMIT-TO ( DOCTYPE , "no" ) ) AND ( LIMIT-TO ( SRCTYPE , "j" ) OR LIMIT-TO ( SRCTYPE , "p" ) )*

O campo "AFFILCOUNTRY" procura pelo país de afiliação das instituições dos autores (Brasil), enquanto "DOCTYPE" permitiu recuperar unicamente artigos, artigos de revisão, notas, trabalhos completos em anais de evento e material editorial. Posteriormente, foi aplicado um filtro pelo ano de publicação, selecionando desde o ano da primeira publicação (1979) até o ano 2023, considerando que as publicações do ano de 2024, ao tempo do estudo, não haviam sido completamente adicionadas à plataforma e cobrindo, assim, todo o histórico relevante da pesquisa em TICs no país.

Os dados coletados da produção científica foram tratados e processados no software Microsoft Excel 365. Os dados relativos às instituições dos autores permitiram identificar sua localização (cidades). A seguir, os dados foram organizados em uma tabela (Instituições – Cidades – Produção), e importados no software VantagePoint (versão 12.0), permitindo construir uma matriz de coocorrência da produção científica em colaboração (Cidade – Cidade), a partir da qual foram elaborados os mapas apresentados na próxima seção. As planilhas utilizadas nos mapas foram construídas no ambiente Google Colab. Os mapas de localização e de fluxos foram elaborados utilizando o software ArcGIS.

Além da base WoS, a pesquisa também utiliza dados do DGP/CNPq, com ênfase nas interações universidade-instituições nas áreas estratégicas mencionadas. Apesar de o último censo disponível ser de 2016, esses dados ajudam a mapear a distribuição geográfica dos fluxos de conhecimento, complementando as informações bibliométricas. Os dados foram gentilmente cedidos pelo Grupo de Pesquisa em Economia da Ciência e da Tecnologia (CEDEPLAR/UFMG). A análise concentrou-se nos chamados "grupos interativos" — ou seja,

**XXV Encontro Nacional de Pesquisa em Ciência da Informação - XXV ENANCIB**  
**Rio de Janeiro, RJ - 03 a 07 de novembro de 2025**

aqueles com registros de colaboração com outras instituições. Grupos sem vínculos foram excluídos, de forma a manter o foco na identificação de redes efetivas de cooperação científica e tecnológica. A taxa de interatividade foi calculada como a proporção de grupos interativos sobre o total de grupos existentes em cada cidade. Finalmente, a partir da plataforma Sucupira, foram coletados os PPGs das instituições identificadas nas áreas analisadas (quantidade e notas).

### **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A Tabela 1 revela a forte concentração regional da produção científica brasileira em Ciência e Engenharia da Computação, Engenharia Elétrica e Matemática Computacional, principalmente na macrorregião Sudeste, que responde por 53,3% das 44.068 publicações das 50 cidades analisadas — bem acima de sua participação populacional (41,8%). A cidade de São Paulo se destaca com 20,8% das publicações do Sudeste (9.186), frente a apenas 5,6% da população. Essa posição reflete sua condição de Grande MetrÓpole Nacional (REGIC 2018) e seu histórico robusto em pesquisa, especialmente após a fundação da Universidade de São Paulo (USP) em 1934 e o papel central da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp). No total, os centros urbanos paulistas respondem por 31,5% das publicações, contrastando com 7,0% da população das cidades analisadas.

**Tabela 1** - Publicações e população total das 50 cidades brasileiras com maior produção científica nas áreas de conhecimento selecionadas (1979-2023)

<b>Cidades</b>	<b>Publicações</b>	<b>%</b>	<b>População</b>	<b>%</b>
São Paulo	9.186	20,8	11.451.999	5,6
Rio de Janeiro	3.787	8,6	6.211.223	3,1
Campinas	2.927	6,6	1.139.047	0,6
Belo Horizonte	1.989	4,5	2.315.560	1,1
Niterói	866	2	481.749	0,2
São Carlos	807	1,8	254.857	0,1
São José dos Campos	707	1,6	697.054	0,3
Viçosa	602	1,4	76.430	0
Uberlândia	581	1,3	713.224	0,4
Juiz de Fora	523	1,2	540.756	0,3
Lavras	504	1,1	104.761	0,1
Santo André	269	0,6	748.919	0,4
Itajubá	279	0,6	93.073	0
São João del Rei	241	0,5	90.225	0
Ouro Preto	226	0,5	74.821	0
<b>Subtotal Região Sudeste</b>	<b>23.494</b>	<b>53,3</b>	<b>84.840.113</b>	<b>41,8</b>
Porto Alegre	3.062	6,9	1.332.845	0,7
Curitiba	2.267	5,1	1.773.718	0,9
Florianópolis	1.657	3,8	537.211	0,3

**XXV Encontro Nacional de Pesquisa em Ciência da Informação - XXV ENANCIB**  
**Rio de Janeiro, RJ - 03 a 07 de novembro de 2025**

Santa Maria	625	1,4	271.735	0,1
Pelotas	591	1,3	325.685	0,2
Maringá	499	1,1	409.657	0,2
Londrina	310	0,7	555.965	0,3
São Leopoldo	217	0,5	217.409	0,1
Bagé	201	0,5	117.938	0,1
<b>Subtotal Região Sul</b>	<b>9.429</b>	<b>21,4</b>	<b>29.937.706</b>	<b>14,7</b>
Recife	2.143	4,9	1.488.920	0,7
Fortaleza	1.330	3	2.428.708	1,2
Natal	918	2,1	751.300	0,4
Salvador	874	2	2.417.678	1,2
João Pessoa	554	1,3	833.932	0,4
Campina Grande	483	1,1	419.379	0,2
Teresina	350	0,8	866.300	0,4
Maceió	280	0,6	957.916	0,5
<b>Subtotal Região Nordeste</b>	<b>7.420</b>	<b>16,8</b>	<b>54.658.515</b>	<b>26,9</b>
Brasília	1.485	3,4	2.817.381	1,4
Campo Grande	404	0,9	898.100	0,4
Goiânia	581	1,3	1.437.366	0,7
<b>Subtotal Região Centro-Oeste</b>	<b>2.470</b>	<b>5,6</b>	<b>16.289.538</b>	<b>8</b>
Belém	736	1,7	1.303.403	0,6
Manaus	519	1,2	2.063.689	1
<b>Subtotal Região Norte</b>	<b>1255</b>	<b>2,8</b>	<b>17.354.884</b>	<b>8,5</b>
<b>Total Cidades</b>	<b>44.068</b>	<b>100</b>	<b>203.080.756</b>	<b>100</b>

**Fonte:** Elaborado pelos autores a partir dos dados da pesquisa.

Outras cidades relevantes no Sudeste são Rio de Janeiro (3.787 publicações; 8,6%) e Belo Horizonte (1.989; 4,5%), cujos percentuais também superam suas participações populacionais. Destaca-se ainda o desempenho das cidades mineiras, com 4.945 publicações (11,2%) frente a apenas 1,2% da população.

As demais macrorregiões seguem com o Sul (9.429 publicações; 21,4%), Nordeste (7.420; 16,8%), Centro-Oeste (2.470; 5,6%) e Norte (1.255; 2,8%). O Nordeste inclui dez cidades entre as 50 com maior produção científica: Recife, Fortaleza, Natal, Salvador, João Pessoa, Campina Grande, Teresina, Maceió, Aracaju e São Luís. Juntas, respondem por 16,8% das publicações nacionais, apesar de representarem 26,9% da população das cidades analisadas — fenômeno semelhante ao das regiões Norte e Centro-Oeste, onde a pesquisa universitária é mais recente.

Recife lidera no Nordeste, com 2.143 publicações (4,9%), superando Belo Horizonte. Essa liderança decorre de sua estrutura de pesquisa consolidada, sobretudo nas áreas de computação. Fortaleza aparece em segundo, com 1.330 publicações (3,0%), à frente de Salvador (2,0%) e Natal (2,1%). O destaque de Fortaleza surpreende frente à posição histórica de Salvador na rede urbana (REGIC 2018).

**XXV Encontro Nacional de Pesquisa em Ciência da Informação - XXV ENANCIB**  
**Rio de Janeiro, RJ - 03 a 07 de novembro de 2025**

A Tabela 2, focada no Nordeste, confirma a liderança de Recife também nos grupos de pesquisa: 28,9% das publicações, 20,5% dos grupos totais e 25,0% dos grupos interativos nas áreas de engenharia e computação. Em termos de taxa de interação (grupos com colaborações), Fortaleza ultrapassa Recife (55,6% contra 50,0%).

**Tabela 2** - Cidades com maior número de publicações (1979-2023) no Nordeste e Grupos de Pesquisa Interativos

Cidades	Publicações	%	Grupos de pesquisa	%	Grupos de pesquisa interativos	%	Taxa de interatividade dos grupos
Recife	2.143	28,9	58	20,5	29	25	50
Fortaleza	1.330	17,9	36	12,7	20	17,2	55,6
Natal	918	12,4	29	10,2	13	11,2	44,8
Salvador	874	11,8	43	15,2	19	16,4	44,2
João Pessoa	554	7,5	32	11,3	8	6,9	25
Campina Grande	483	6,5	28	9,9	11	9,5	39,3
Teresina	350	4,7	11	3,9	2	1,7	18,2
Maceió	280	3,8	13	4,6	6	5,2	46,2
Aracaju	261	3,5	17	6	2	1,7	11,8
São Luís	227	3,1	16	5,7	6	5,2	37,5
<b>Total</b>	<b>7.420</b>	<b>100</b>	<b>283</b>	<b>100</b>	<b>116</b>	<b>100</b>	<b>41</b>

**Fonte:** Elaborada pelos autores a partir dos dados de pesquisa.

Chama atenção a alternância entre Natal e Salvador na terceira posição. Apesar de Salvador ser a principal metrópole regional, Natal ocupa a terceira posição em publicações (918). Salvador lidera em número de grupos (15,2% do total, 16,4% dos interativos), mas Natal apresenta uma taxa de interatividade ligeiramente superior, sugerindo tendência de crescimento de sua centralidade. Ainda assim, a estrutura de pesquisa de Salvador continua compatível com sua influência regional historicamente consolidada.

O desempenho de Natal levanta a hipótese de que a inclusão do "comando digital" na REGIC pode capturar com mais precisão a centralidade de cidades na era digital. No entanto, como este estudo se limita às publicações e coautorias em áreas específicas, ainda não é possível concluir sobre a centralidade geral de Natal frente a Salvador. Ressalta-se, por fim, a existência de interações internacionais com instituições de países como Portugal, EUA, Inglaterra, França, Espanha e Alemanha, tema que será explorado na próxima seção.

### 3.1 O desempenho das principais centralidades

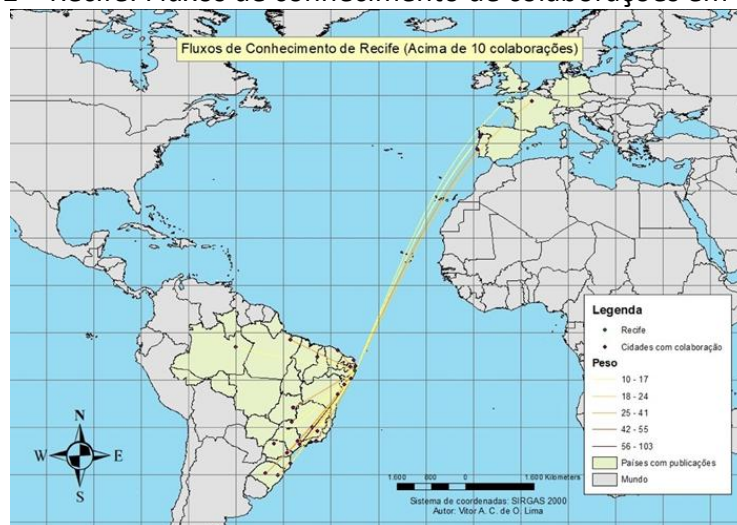
Essa seção detalha o desempenho das principais centralidades com base em seus atributos.

#### 3.1.1 Recife

Classificada como MetrÓpole de nível 1C na REGIC 2018, Recife lidera a produçÓo científica no Nordeste nas áreas de Ciênciada ComputaçÓo e Engenharia Elétrica e Eletrônica, com 2.143 publicaçÓes entre 1979 e 2023. Essa posiçÓo é impulsionada pela excelênciada PPG da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), nota 7 da CoordenaçÓo de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), além das contribuiçÓes da UFRPE e UPE. Recife se consolida como polo regional e nacional de difusÓo de conhecimento e inovaçÓo. A cidade mantém parcerias intensas com centros como Sãopaulo (103 colaboraçÓes), Joãopessoa (78) e MaceiÓ (55), além de Salvador, Natal, Fortaleza, Campina Grande, Aracaju e Teresina. Apenas Sãoluís registrou menos de 10 colaboraçÓes com Recife, evidenciando sua centralidade no Nordeste. Fora da regiãoo, destacam-se interaçÓes com Rio de Janeiro e Belém (37), Curitiba (35), BrasÍlia e Santa Maria (31), Campinas (30), Porto Alegre (24) e Manaus (15).

No cenário internacional, Recife tem colaboraçÓes expressivas com Lisboa (37), Paris (21), Porto (17), Braga (11) e Londres (10), com destaque para Portugal como maior parceiro. Também há interaçÓes com cidades como Coimbra, Aveiro, Madrid, Cambridge e Washington.

**Figura 1** – Recife: Fluxos de conhecimento de colaboraçÓes em áreas TICs



**Fonte:** Elaborado pelos autores a partir dos dados da pesquisa.

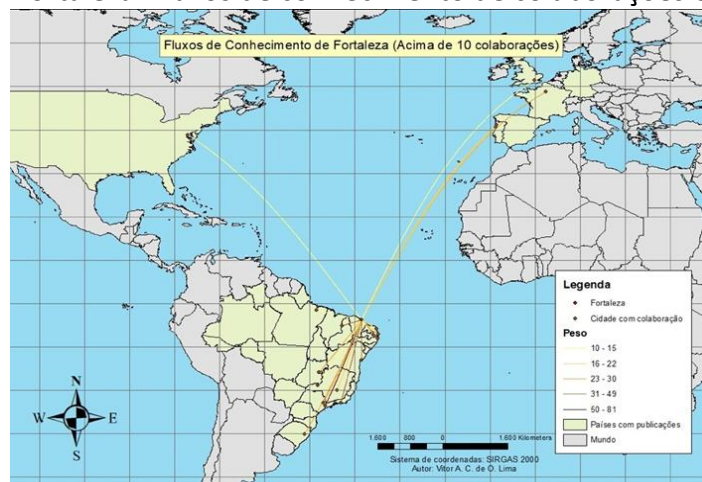
Segundo o Censo 2016 do DGP/CNPq, Recife contava com 29 grupos de pesquisa interativos nas áreas estudadas, com 73 colaborações — 40 delas internas. No Brasil, destacaram-se interações com Rio de Janeiro, Brasília e São Paulo; no Nordeste, Maceió teve duas. Tais dados reforçam a liderança científica de Recife na região.

### 3.1.2 Fortaleza

Fortaleza, classificada como MetrÓpole de nível 1C na REGIC 2018, é a maior cidade do Nordeste em população e exerce papel central na produção científica regional, com 1.330 publicações entre 1979 e 2023. Suas principais instituições de ensino superior incluem Universidade Federal do Ceará (UFC), Universidade Estadual do Ceará (UECE), Universidade de Fortaleza (UNIFOR) e Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE). A UFC se destaca pelos PPGs em Engenharia de Teleinformática (nota 6) e Ciências da Computação (nota 5), conforme avaliação da CAPES.

A cidade mantém ampla rede de colaborações nacionais e internacionais. Destacam-se parcerias com São Paulo (81), Rio de Janeiro (49), Teresina (44), Recife e Salvador (38), Natal (22), João Pessoa (20) e Campina Grande (15). Apesar de seu protagonismo, Fortaleza apresenta volume menor de interações intra regionais que Recife. Nacionalmente, colabora também com Campinas (30), Brasília (28), Porto Alegre (26) e Belo Horizonte (18). Internacionalmente, Paris (30), Porto (21), Aveiro (19), Washington (11) e Londres (10) são os principais parceiros. A infraestrutura de 18 cabos submarinos que conectam Fortaleza a quatro continentes reforça seu potencial como hub tecnológico.

**Figura 2** – Fortaleza: Fluxos de conhecimento de colaborações em áreas TICs



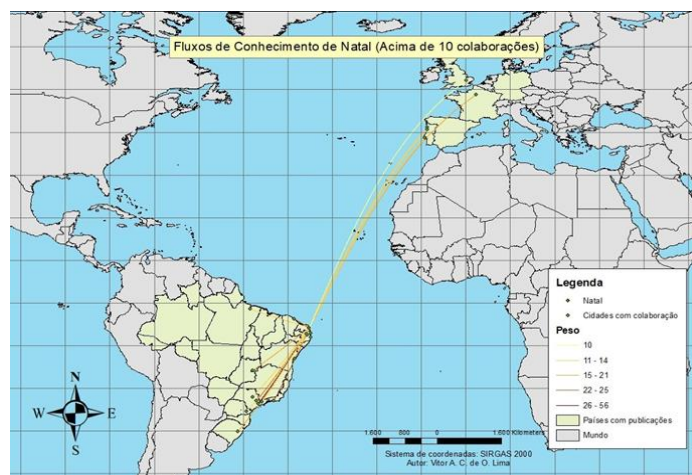
**Fonte:** Elaborado pelos autores a partir dos dados da pesquisa.

A interação com o setor produtivo é relevante: 20 grupos de pesquisa registraram 75 colaborações, sendo 53 com empresas, incluindo multinacionais como HP, LG e Prysmian. Um grupo do IFCE se destacou com 27 interações empresariais. Segundo o DGP/CNPq, Fortaleza colaborou com parceiros de 41 cidades, com predomínio de colaborações locais (18), e conexões com outras cidades brasileiras e nordestinas, reforçando sua posição como centro científico e tecnológico regional e nacional.

### 3.1.3 Natal

Classificada como Capital Regional A pela REGIC, Natal abriga a Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), responsável por significativa produção de conhecimento no Nordeste. A UFRN mantém PPGs em Engenharia Elétrica e de Computação e em Sistemas e Computação, ambos avaliados com nota 5 pela CAPES. A cidade registrou 918 publicações e se destaca pelas colaborações com São Paulo (56), Recife (41) e João Pessoa (37), além de conexões internacionais expressivas com Paris (21), Lisboa (13), Porto e Aveiro (12), Cambridge (10), entre outras.

**Figura 3 – Natal: Fluxos de conhecimento de colaborações em áreas TICs**



**Fonte:** Elaborado pelos autores a partir dos dados da pesquisa.

No Brasil, Natal mantém interações com Rio de Janeiro (25), Campinas (24), Campina Grande (23), Fortaleza (22), Brasília (21), Porto Alegre (19) e Salvador (18). Maceió, Aracaju, Teresina e São Luís apresentam menor número de colaborações. Apesar do menor volume total, Natal supera Salvador em produtividade e internacionalização. Segundo o DGP/CNPq (2016), 13 grupos de pesquisa na cidade realizaram 21 interações, majoritariamente com instituições públicas e locais, refletindo interatividade ainda incipiente.

#### 3.1.4 Salvador

Surpreendentemente, Salvador, núcleo da Metrópole 1C e segunda cidade mais populosa do Nordeste, apresentou produção científica inferior à de Natal nas áreas estudadas, com 874 artigos. A única instituição identificada foi a Universidade Federal da Bahia (UFBA), cujo PPG em Ciência da Computação tem nota 5 pela CAPES. Apesar de ter criado o primeiro departamento de Ciência da Computação do Brasil, a UFBA iniciou tardiamente seus PPGs nas áreas analisadas, o que impacta sua produção.

As principais colaborações nacionais ocorrem com São Paulo (88), Rio de Janeiro (60), Recife (47), Fortaleza (38) e Belo Horizonte (34). A interação com o Rio de Janeiro é a mais intensa entre todas as cidades nordestinas e a capital fluminense. Há também colaborações com Porto Alegre, Campinas, Niterói, Curitiba, Florianópolis e Brasília. No Nordeste, Salvador não se conecta com todas as capitais – Teresina não registra interações no período. Aracaju (19), Natal (18) e João Pessoa (11) são os principais parceiros.

Internacionalmente, destacam-se Lisboa (15), Porto (11), Washington (10), Paris e Braga (7), Londres (6) e outras com menor frequência. Salvador é a primeira cidade analisada que não registra interações com todas as cidades estrangeiras da amostra, como Coimbra.

Apesar da produção científica mais modesta, os grupos de pesquisa da cidade demonstram dinamismo. Dos 19 grupos, 46 interações foram registradas, 30 com instituições públicas, como Petróleo Brasileiro S.A. (PETROBRÁS). A maioria das parcerias está localizada em Salvador (18), seguida por Rio de Janeiro, Recife e Brasília. No Nordeste, destacam-se interações com Feira de Santana, São Luís, Aracaju e Campina Grande.

#### 3.1.5 João Pessoa e Campina Grande

Os resultados da Paraíba são particularmente relevantes. João Pessoa, com 554 publicações, destaca-se pela forte interação com Recife (78) — o maior número de colaborações entre duas cidades nordestinas —, além de Campina Grande (56) e São Paulo (54). É a primeira cidade da região em que São Paulo não lidera as colaborações. A Universidade Federal da Paraíba (UFPB) tem internacionalização limitada, com colaborações com Porto e Coimbra (6), Paris (4), Lisboa e Madrid (3), Braga (2) e Bonn (1). No Nordeste, João Pessoa articula-se com Natal (37), Fortaleza (20), Salvador (11), Maceió (7), Aracaju (6), Teresina (4) e São Luís (3), somando 222 colaborações — atrás apenas de Recife.

**XXV Encontro Nacional de Pesquisa em Ciência da Informação - XXV ENANCIB**  
**Rio de Janeiro, RJ - 03 a 07 de novembro de 2025**

Nacionalmente, a cidade se conecta a Campinas (20), Rio de Janeiro (12), São José dos Campos (11), Curitiba (10), Porto Alegre (8) e Belo Horizonte (7). No total, interage com outras 16 cidades, com destaque para Brasília e Niterói (5 cada).

Campina Grande, com 483 publicações, é a única cidade não capital identificada, refletindo sua longa tradição em CT&I. Destaca-se o PPG em Engenharia Elétrica (nota 6 CAPES) e a Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial (Embrapii) desde 2005. A cidade registra 188 colaborações regionais — mais que Salvador ou Natal. Suas principais conexões são com João Pessoa (56), Recife e Maceió (35), Natal (23) e Fortaleza (15). Também colabora com Salvador, Aracaju, Teresina e São Luís. Nacionalmente, tem interações com São Paulo (14), Brasília (11), Rio de Janeiro (10) e Curitiba (7). No exterior, mantém colaborações modestas com Paris (5), Porto (3), Coimbra, Lisboa, Londres, Bonn, Aveiro (2 cada), e outras cidades.

Os grupos de Campina Grande (11) são mais interativos que os de João Pessoa (8), com 29 colaborações — 12 com instituições públicas, 9 com empresas e 8 com associações. Destacam-se parcerias locais (13), com João Pessoa, Recife e Rio de Janeiro (3 cada). João Pessoa teve 15 interações, majoritariamente com instituições do próprio estado.

#### 3.1.6 Teresina, Maceió, Aracaju e São Luiz: A fronteira

Teresina (350 publicações), Maceió (280), Aracaju (261) e São Luís (227) têm participação mais modesta na rede de conhecimento em TICs no Nordeste, refletindo a entrada tardia na produção científica. Apesar de padrões distintos de interação, compartilham baixa internacionalização, com exceção de Teresina-Aveiro (19 colaborações). No geral, mantêm poucos vínculos além de universidades portuguesas (Lisboa, Porto, Coimbra, Braga, Aveiro). Destacam-se Paris-Maceió (6), Aracaju-Madrid (3), Teresina-Washington (2) e São Luís com Paris e Londres (1 cada).

No cenário nacional, emergem diferenças. Teresina colabora com Fortaleza (33), São Paulo (27), Recife (15) e Belo Horizonte (11), além de manter vínculos com cidades nordestinas como São Luís (8), Campina Grande (6), João Pessoa (4), Natal e Aracaju (3 cada). Maceió não se conecta a Teresina, mas tem ampla presença regional: Recife (55), Campina Grande (35), São Paulo e Rio de Janeiro (31), Natal e Salvador (8), João Pessoa (7), Fortaleza (6), Aracaju (3).

Aracaju interage com todas as cidades nordestinas, sendo São Paulo (28), Recife (22), Salvador (19) e Rio de Janeiro (13) os principais polos. Também colabora com Campinas, Porto Alegre e Uberlândia (9 cada), além de manter interações com Campina Grande (7), Natal e

João Pessoa (6), Maceió (4), Fortaleza e Teresina (3) e São Luís (1). São Luís tem menor inserção regional; suas principais colaborações são com São Paulo (36), Rio de Janeiro (23), Campinas (11) e Belo Horizonte (9). No Nordeste, destaca-se Teresina (8) e Fortaleza (7).

Nos grupos de pesquisa, São Luís (6 grupos) registrou 15 interações, à frente de Maceió (6 grupos, 10 interações), Aracaju (2 grupos, 6) e Teresina (2 grupos, 4). São Luís concentrou 7 interações internas e só se conectou a João Pessoa. Aracaju teve duas interações internas e três com Salvador, Recife e Feira de Santana. Maceió registrou quatro internas e uma com Campina Grande, que se reafirma como polo articulador regional.

#### **4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Com o objetivo de aperfeiçoar a metodologia de identificação da rede urbana brasileira na era digital, este estudo mapeou os fluxos de conhecimento entre pesquisadores das 50 cidades com maior produção científica no país, focando nas áreas de Engenharia Elétrica e Eletrônica, Engenharia e Ciência da Computação e Matemática Computacional — campos relacionados às TICs.

Após o panorama geral, o foco voltou-se para as cidades do Nordeste. Recife destacou-se como a principal centralidade científica regional, devido ao volume de publicações, muitas com instituições estrangeiras, e ao número expressivo de grupos de pesquisa. Em seguida, Fortaleza sobressaiu com alta taxa de interatividade (55,56%), associada em parte a interações com empresas de capital estrangeiro. O terceiro maior volume de publicações foi observado em Natal — um achado relevante, já que sua classificação urbana está abaixo da de Salvador, que ocupa o nível de Metrópole 1C. A capital potiguar apresentou forte internacionalização nas coautorias e interações com todas as demais cidades nordestinas do estudo, sinalizando uma possível ascensão na rede urbana da era digital.

Salvador, embora não tenha interagido com Teresina, manteve colaborações com todas as outras capitais nordestinas. O destaque de Natal em relação a Salvador pode ser explicado pela criação mais antiga dos cursos de TICs na capital potiguar, gerando efeitos sobre a produção científica e demandas tecnológicas. Contudo, Salvador ainda supera Natal em número de grupos de pesquisa, o que sugere que sua produção pode estar sub-representada nas bases analisadas.

João Pessoa e Campina Grande aparecem em seguida no volume de publicações, confirmando a relevância das cidades paraibanas na produção científica. Campina Grande,

única cidade do interior nordestino a figurar nos resultados, reafirma sua trajetória consolidada na região.

Entre as cidades com menor abrangência, Teresina e Maceió apresentaram colaborações mais intensas com cidades próximas, como Fortaleza e Recife, indicando interações influenciadas pela proximidade geográfica, social e institucional. Aracaju e São Luís também seguem esse padrão: embora tenham relações mais fortes com cidades do Sudeste, suas principais conexões regionais são com centralidades geograficamente próximas.

De modo geral, a internacionalização ainda é incipiente nessas cidades, com exceção da conexão Teresina-Aveiro, que merece investigação futura. A análise de Salvador e Natal permite levantar a hipótese de que cidades com estruturas de pesquisa mais consolidadas em TICs tendem a ocupar posições mais relevantes na rede urbana digital, independentemente de seu tamanho populacional ou estrutura econômica local. Como as TICs permitem o fornecimento remoto de soluções, essas cidades podem ganhar centralidade sem depender de sua inserção na economia regional.

A abordagem adotada mostra-se consistente como proxy para indicadores de centralidade na era digital, embora ainda precise de aperfeiçoamento de modo a confirmar a hipótese levantada e vir a figurar como parte dos procedimentos metodológicos das próximas edições da REGIC. Ressalta-se, por fim, que não é objetivo da presente investigação inferir sobre as posições dessas centralidades na atual hierarquia a partir apenas das interações da região Nordeste, mas reforçar a importância dos fluxos de conhecimento como parte essencial da identificação da rede urbana no mundo contemporâneo, por serem portadores de relevantes modificações. O estudo reforça a importância dos fluxos de conhecimento como elemento-chave para a identificação da rede urbana contemporânea.

## **AGRADECIMENTOS**

A participação de Vitor Aluizio Cavalcante de Oliveira Lima na etapa de coleta de dados e na geração dos gráficos apresentados neste estudo foi fundamental e é aqui reconhecida.

## REFERÊNCIAS

ARSANTI, Tutuki Ari; RUPIDARA, Neil; BONDAROUK, Tanya. Managing knowledge flows within open innovation: knowledge sharing and absorption mechanisms in collaborative innovation. **Cogent Business & Management**, v. 11, n. 1, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/23311975.2024.2351832>. Acesso em: 15 jan. 2026.

CASTELLS, Manuel. **The information age: economy, society, and culture**. Volume I: The rise of the networked society. Oxford: Blackwell, 1996.

CHRISTALLER, Walter. **Central places in Southern Germany**. New Jersey: Prentice Hall, 1966.

EDQUIST, Charles. Systems of innovation: perspectives and challenges. *In*: FAGERBERG, Jan; MOWERY, David C.; NELSON, Richard R. (ed.). **The Oxford handbook of innovation**. New York: Oxford University Press, 2005. p. 181-208.

FERNANDES, Ana Cristina de Almeida. Inovação para o desenvolvimento [regional] inclusivo: sobre estimular imaginação e utopia em tempo de pandemia. *In*: MEDEIROS, Sara Raquel Fernandes Queiroz de; D'OTTAVIANO, Camila. (org.) **Planejamento Urbano e Regional: ensino pesquisa e extensão**. Rio de Janeiro, Anpur/Ed. Letra Capital, 2021, p. 173-229.

FERNANDES, Ana Cristina de Almeida; SILVA, Alexandre Stamford da; SOUZA, Bruno Campello de. Demanda e oferta de tecnologia e conhecimento em região periférica: a interação universidade empresa no Nordeste brasileiro. *In*: SUZIGAN, Wilson; ALBUQUERQUE, Eduardo da Motta e; CÁRIO, Sílvio Antônio Ferraz. (org.). **Em busca da inovação: Interações de Universidades e Institutos de Pesquisas com Empresas no Brasil**. Belo Horizonte, Editora Autêntica, 2011, p. 341-401.

FERNANDES, Ana Cristina de Almeida; SOUZA, Bruno Campello de; SILVA, Alexandre Stamford da; LIMA, João Policarpo Rodrigues. Proximidade geográfica ainda importa para inovação? Considerações baseadas na interação universidade-empresa em contexto periférico. **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**, v. 25, n. 1, 2023. Disponível em: <https://rbeur.anpur.org.br/rbeur/article/view/7123>. Acesso em: 15 jan. 2026.

MESQUITA, Fernando Campos; FERNANDES, Ana Cristina de Almeida; MOURA, Rosa. O comando nas tecnologias digitais: uma terceira dimensão dos fluxos centrais na Regic?. **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**, v. 26, n. 1, 2024. Disponível em: <https://rbeur.anpur.org.br/rbeur/article/view/7621>. Acesso em: 15 jan. 2026.

MONTEIRO NETO, Aristides; COLOMBO, Lucileia Aparecida; ROCHA NETO, João Mendes da. **Políticas territoriais em tempos de múltiplas crises: desafios e perspectivas para o Brasil na década de 2020**. Brasília: IPEA, 2023. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/entities/publication/e20a1d96-8188-40f3-9bd8-552e1c07b995>. Acesso em: 15 jan. 2026.

POCHMANN, Márcio. **A grande desistência histórica e o fim da sociedade industrial**. São Paulo: Ideias e Letras, 2022.

**XXV Encontro Nacional de Pesquisa em Ciência da Informação - XXV ENANCIB**  
**Rio de Janeiro, RJ - 03 a 07 de novembro de 2025**

RAMALHO, Fernando; FERNANDES, Ana Cristina de Almeida. Efeitos locais de políticas públicas federais: observações a partir da lei de informática no desenvolvimento do setor de software de Campina Grande, PB. **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**, v. 11, n. 1, p.105-125, 2009. Disponível em:

<https://rbeur.anpur.org.br/rbeur/article/view/213/197>. Acesso em: 15 jan. 2026.

SANTOS, Bernardo França; BARRETO, Daniel Augusto Rodrigues. Redes cooperativas de pesquisa e CT&I no Brasil: uma análise espacial do DGP, 2016 – regiões de aprendizado e de escassez. **Revista Reoeste**, [Goiânia], v. 10, n. 1, p. XX-XX, 2025.

TAYLOR, Peter J.; HOYLER, Michael; VERBRUGGEN, Raf. External urban relational process: introducing Central Flow Theory to complement Central Place Theory. **Urban Studies**, v. 47, n. 13, p. 2803-2818, 2010. Disponível em:

<https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0042098010377367>. Acesso em: 15 jan. 2026.

TRZESNIAK, Piotr. Indicadores quantitativos: como obter, avaliar, criticar e aperfeiçoar.

**NAVUS - Revista de Gestão e Tecnologia**, vol. 4, n. 2, 2014, pp. 5-18. Disponível em:

<https://navus.sc.senac.br/navus/article/view/223/174>. Acesso em: 13 ago. 2025.