



Fluxos de conhecimento em tecnologia da informação na rede urbana do Nordeste: apontamentos metodológicos a partir de interações entre pesquisadores acadêmicos

Ana Cristina de Almeida Fernandes Vitor
Aluizio Cavalcante de Oliveira Lima
Alejandro Caballero Rivero
Fernando Campos Mesquita

Resumo: Estas primeiras décadas do século XXI têm se configurado como tempo histórico dos mais desafiadores, especialmente a partir da chamada revolução digital, cujos efeitos na sociedade e na economia são sentidos globalmente. O presente artigo busca contribuir na construção de procedimento metodológico que possibilite contemplar tais efeitos na identificação da rede urbana brasileira na era digital. Baseando-se no debate teórico recente que busca atualizar a identificação de hierarquias dos sistemas de cidades contemporâneos, e a carência de dados sobre fluxos de conhecimento à escala municipal, propomos a utilização de interações entre pesquisadores, medidas a partir de publicações em coautoria e de grupos interativos, coletados respectivamente na Web of Science e no Diretório de Grupos de Pesquisa do CNPq, com foco nas cidades da região Nordeste. Os resultados confirmam a posição de liderança de duas das três Metrôpoles de nível 1C, o mais alto nível das metrôpoles da região (Recife e Fortaleza), enquanto a terceira metrópole, Salvador, perde posição frente a Natal, Capital Regional de nível A. Por outro lado, as cidades de menor nível de centralidade apresentam em geral uma relativamente elevada interligação com cidades de nível semelhante na rede urbana do Nordeste, sugerindo relações de cooperação intensificadas em razão de proximidade geográfica. Os dados permitem levantar a hipótese de que cidades que contam com estruturas de pesquisa mais consolidadas nas áreas de conhecimento associadas às TICs tendem a exercer centralidade mais abrangente em termos territoriais, e a ocupar posições mais elevadas na rede urbana da era digital, independentemente – em alguma medida – da dimensão de sua população e mesmo de suas estruturas econômicas internas. Isso porque as demandas por transformação digital e outras soluções e produtos de alta performance no campo das tecnologias da informação e afins podem ser fornecidas a distância, sendo um setor de atividade que não se limita a fornecer para a região econômica mais próxima. Os dados coletados como *proxies* para a análise da rede urbana contemporânea parecem oferecer uma estratégia consistente com os objetivos traçados, podendo figurar, futuramente, na construção de um indicador complexo de centralidade territorial da rede urbana nesta chamada era digital.

Palavras-chave: Fluxos de conhecimento; revolução digital; tecnologias de informação e comunicação; metodologia de análise de rede urbana; interações científicas.

Código JEL: O18 Análise regional, urbana e rural; O33 Mudança tecnológica: opções e consequências; Difusão; L86 Internet e serviços de informação; Programas de computador.

**Knowledge Flows in Information Technology within the Urban Network of the Northeast:
Methodological Insights from Interactions Between Academic Researchers**

Abstract: The first decades of the 21st century have proven to be some of the most challenging historical periods, especially with the advent of the so-called digital revolution, whose effects on society and the economy are felt globally. This article aims to contribute to the development of a methodological procedure that allows for the consideration of these effects in the identification of the Brazilian urban network in the digital era. Based on the recent theoretical debate that seeks to update the identification of hierarchies within contemporary city systems and the lack of data on knowledge flows at the municipal level, we propose the use of interactions between researchers, measured through co-authored publications and interactive groups, collected from the Web of Science and the CNPq Research Groups Directory, focusing on cities in the Northeast region. The results confirm the leadership position of two of the three Level 1C Metropolises, the highest level of metropolitan areas in the region (Recife and Fortaleza), while the third metropolis, Salvador, loses ground to Natal, a Regional Capital at Level A. On the other hand, cities with lower levels of centrality generally show a relatively high degree of interconnection with similarly ranked cities in the Northeast urban network, suggesting intensified cooperation due to geographical proximity. The data allow for the hypothesis that cities with more consolidated research structures in areas of knowledge associated with ICTs tend to exert broader territorial centrality and occupy higher positions in the digital era urban network, regardless – to some extent – of the size of their population and even their internal economic structures. This is because the demand for digital transformation and other high-performance solutions and products in the field of information technology and related fields can be provided remotely, making it an activity sector not limited to supplying the nearest economic region. The data collected as proxies for analyzing the contemporary urban network appear to offer a strategy consistent with the outlined objectives and could eventually contribute to the construction of a complex territorial centrality indicator for the urban network in this so-called digital era.

Keywords: Knowledge flows; digital revolution; information and communication technologies; urban network analysis methodology; scientific interactions

1. Introdução

Estas primeiras décadas do século XXI têm se configurado como tempo histórico dos mais desafiadores, expresso na ideia de crises múltiplas. Ocorrendo simultaneamente, crises políticas, ambientais, institucionais e econômicas, via de regra, têm servido à reprodução do capitalismo, como argumentam Monteiro Neto et al (2023), tornando-se “parte integrante da paisagem socioeconômica, seja como motor de transformações e rupturas, seja como elemento de destruição e desmonte”. Entretanto, o grau de incertezas na “paisagem econômica” contemporânea, continuam os autores, apontariam para uma mudança estrutural desencadeada pela agudização das contradições do capitalismo que estariam acentuando crise de hegemonia na economia-mundo, o aquecimento global, a instabilidade política, o descrédito de instituições e da própria democracia liberal, assim como a “computarização” da economia na direção do colapso do projeto de modernidade ocidental (Castells, 2020; World Economic Forum, 2023). Compreensão partilhada por Pochmann (2022, p. 12), segundo o qual estaria em curso a emergência de uma nova era na virada do século XXI, expressa na “reconfigura[ção d]os símbolos culturais, [d]o modelo de comportamento, [d]as organizações sociais e [d]os sistemas de valores”, o que tem acirrado a desintegração do sistema produtivo e social, assim como as desigualdades sociais e regionais.

Causa e efeito desse cenário de incertezas e intensificadas desigualdades regionais, chamamos a atenção no presente artigo para efeitos na rede urbana da aceleração da corrida tecnológica. O extraordinário avanço tecnológico observado desde a chamada revolução da microeletrônica, nos anos 1980 (Fernandes, 2021), consolida o conceito de sociedade da informação e sociedade em rede proposto por Castells (1996), caracterizada pela produção e circulação de grandes volumes de informação mediados por fluxos digitalizados e multidirecionais, que perpassam o espaço geográfico e conectam lugares, organizações e indivíduos, mesmo a distância, inaugurando a chamada era digital (Pochmann, 2022). Efeitos sobre o espaço geográfico são significativos, estimulando estudiosos a repensarem teorias estabelecidas, a exemplo da teoria dos lugares centrais (Christaller, 1966). Com base na observação de 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. O procedimento metodológico proposto por Christaller tem orientado estudos de rede urbana em vários países até recentemente, entre eles a pesquisa REGIC – Região de Influência das Cidades –, desenvolvida pelo IBGE desde 1966.

Com a revolução digital, muitos deslocamentos físicos passaram a ser dispensáveis, tanto para aquisição de bens e serviços, como para trocas de conhecimento necessárias para o desenvolvimento de novos produtos e processos, alterando a própria relação entre as cidades. Reconhecendo a importância dessas alterações, Taylor et al. (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.

Porém, apesar de sua relevância para estudos da rede urbana, captar os fluxos centrais, revelar as dinâmicas emergentes que influenciam a hierarquia urbana, relacionadas às novas tecnologias da informação e comunicação (TICs), não é procedimento trivial, em especial no caso de países tecnologicamente periféricos como o Brasil (Mesquita, Fernandes, Moura, 2024). São conhecidas as particularidades de um país periférico tanto na produção, quanto na apropriação dessas tecnologias, em decorrência de sua inserção na economia global (Fernandes; Souza; Silva; Lima, 2023). Mas os desafios à atualização dos estudos de rede urbana na era digital compreendem também a disponibilidade de variáveis de fluxo à escala do município, tornando o mapeamento desses fluxos um grande desafio metodológico, inclusive à própria REGIC/IBGE.

Publicada pela última vez em 2018, a REGIC/IBGE reconhece a pertinência da teoria dos fluxos centrais (Taylor; Hoyler; Verbruggen, 2010), mas o desafio de incorporar uma métrica que dê conta dos fluxos de conhecimento e informação está ainda distante de ser superado, mesmo para a autoridade estatística brasileira, apesar de suas competências internacionalmente reconhecidas na produção de dados. E como o nível de desagregação dos dados da PINTEC/IBGE, principal pesquisa a medir inovação tecnológica no país, chega apenas até a escala dos estados, por razões de sigilo, as questões que disponibiliza sobre fluxos de conhecimento não podem ser utilizadas pela REGIC. Assim, a versão mais recente da REGIC não alterou significativamente os procedimentos metodológicos. Permanece a aplicação de questionários para mapear deslocamentos físicos relacionados à satisfação de necessidades imediatas (atributos *town-ness*), complementando-os com a identificação de duas dimensões de gestão territorial, entendidas como associadas à natureza *city-ness* das relações urbanas: a gestão pública e a gestão empresarial. A gestão pública refere-se à presença, alcance e nível de complexidade dos serviços oferecidos por instituições governamentais nos centros urbanos, enquanto a gestão empresarial é avaliada com base no número de sedes e filiais de empresas localizadas nesses centros (IBGE, 2020).

Mais recentemente, observa-se esforço para operacionalização de uma terceira dimensão de gestão territorial que envolve preocupações com os fluxos: o comando digital, proposto por Mesquita, Fernandes e Moura (2024). Aliado às demais dimensões, o comando digital seria uma métrica para revelar centros urbanos que, na era digital, exercem uma centralidade de natureza técnica, não contemplada nos procedimentos metodológicos da REGIC 2018. Os autores argumentam que, “na era digital, os fluxos imateriais de conhecimento, informação e valores têm um papel crescente na definição da centralidade urbana, incidindo significativamente sobre as relações sociais e econômicas, e atravessando uma infinidade de setores e dimensões da economia e da sociedade” (Ibid, p. 20). Nesse contexto, reconhecem a importância das TICs na reconfiguração da rede urbana na era digital, mas utilizam dados de fixos (pessoal qualificado empregado em estabelecimentos de serviços de tecnologia da informação e programas de pós-graduação de elevado nível de avaliação nas áreas de conhecimento estreitamente associadas à era digital), não avançando na utilização de variáveis de fluxo.

Nesse contexto, a busca de soluções para transpor a escassez de dados para medir fluxos de conhecimento tem se orientado para fontes alternativas, entre as quais, destacamos bases de artigos científicos, patentes e grupos de pesquisa, que disponibilizam informações sobre interações entre pesquisadores (acadêmicos e empresariais) e suas instituições. Embora consistindo um panorama limitado diante do universo de interações existentes, entendemos que essas informações podem servir como uma *proxy* para identificar as redes de conhecimento que conectam pesquisadores em diferentes cidades no país e no exterior.

Compreendendo a relevância de áreas de conhecimento mais intrinsecamente associadas à revolução digital e concentrando-se na base de artigos científicos disponibilizados na Web of Science (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 exercício focado nas redes da região Nordeste. Parte-se do pressuposto que publicações científicas interinstitucionais, 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", conforme formulado por Taylor et al. (2010). Por "city-ness", os autores referem-se a atributos típicos de grandes cidades, como a oferta de bens e serviços complexos e, especialmente, 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, o que eleva sua centralidade na rede urbana (IBGE, 2020). 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.

A hipótese central é que, embora os atributos *city-ness* se concentrem nas cabeças da rede urbana, as metrópoles e demais grandes cidades, alguns centros intermediários podem estar se destacando no período recente, especialmente após a expansão do sistema universitário federal, onde se concentram as competências de pesquisa no Brasil. Assim, a capacidade dos centros urbanos de gerar e trocar conhecimentos a distância nas áreas relacionadas às TICs pode alterar sua posição na rede urbana em razão da importância dessas tecnologias na economia digital contemporânea, algo ainda não verificável pela metodologia atual da REGIC. Focar o estudo na região Nordeste combina o interesse pela dinâmica específica das redes de conhecimento em uma região periférica com a verificação da hipótese no contexto de uma região sem tradição significativa na produção de conhecimento no país. Nesse sentido, a pesquisa compreende o crescimento da colaboração entre pesquisadores regionais com colegas estrangeiros, traduzida na internacionalização das produções científicas impulsionada pelos programas de pós-graduação criados na região nas últimas décadas, como medida do alcance da influência de alguns centros urbanos nordestinos. Nesse raciocínio, as novas redes de conhecimento ocorrendo para além das fronteiras regionais e nacionais estariam contribuindo para expandir o alcance da região de influência desses centros urbanos.

Além do levantamento bibliométrico, a pesquisa utiliza informações do Diretório de Grupos de Pesquisa do CNPq (DGP/CNPq), que fornece dados sobre interação universidade-instituições, concentrando-se nas áreas de conhecimento de Engenharia Elétrica e Eletrônica, Ciência e Engenharia da Computação e Matemática Computacional revelam fluxos de conhecimento entre os diferentes centros urbanos do Nordeste. Estas áreas foram selecionadas, a título de exercício preliminar, por serem consideradas estratégicas ao desenvolvimento das tecnologias de informação próprias da era digital, consistentes com o conceito de "city-ness". As competências científicas e tecnológicas nestas áreas são essenciais para o desenvolvimento do amplo arco de novas tecnologias que possibilitaram a chamada quarta revolução industrial, desde a difusão da microeletrônica e da internet que vêm se multiplicando com base em conhecimentos complexos, tais como *machine learning*, inteligência artificial, visão computacional e processamento de linguagem natural, os quais têm possibilitado novas tecnologias digitais básicas como a internet móvel e internet das coisas, *big data*, *genetic editing* e um sem número de novas

aplicações em rápido desenvolvimento, que se difundem extensivamente para o conjunto da economia e da sociedade e alimentam um acelerado padrão de mudança tecnológica. Assume-se, assim, que a escolha dessas áreas de conhecimento, nesse exercício preliminar, se justifica por sua relevância para construção de competências estratégicas características da chamada revolução digital.

2. Metodologia

Como mencionado, a base de dados do presente estudo compreende duas fontes, a Web of Science (WoS) e o DGP/CNPq. Os dados obtidos na plataforma Web of Science (WoS) são publicações científicas a partir das quais são identificadas interações originadas de coautorias entre pesquisadores filiados a instituições localizadas nas cinquenta maiores cidades brasileiras. O recorte para as 50 maiores cidades decorreu da dimensão do processamento necessário para cobrir o universo completo dos mais de 5.500 municípios brasileiros, e também do fato de que parte preponderante da ocorrência de publicações está concentrada nas principais cidades da rede urbana, mesmo considerando a expansão recente do sistema universitário brasileiro. 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).

Assim, as cidades foram selecionadas com base em sua frequência e impacto nos resultados obtidos por meio da busca na WoS. As informações coletadas foram organizadas em tabelas que serviram para construir uma matriz simétrica, a partir da qual foram elaborados os mapas apresentados na próxima seção. O período analisado, de 1979 a 2023, abrange desde o início da pesquisa desenvolvida no Brasil nas áreas selecionadas até os registros mais recentes disponíveis, cobrindo, assim, todo o histórico relevante da pesquisa em TICs no país.

Para a coleta de dados, com a colaboração de especialistas nas áreas de conhecimento selecionadas, foram realizadas buscas refinadas na Web of Science utilizando a seguinte estratégia:

(Topic) "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"

A pesquisa por “Topic” abrange os termos da estratégia de busca em títulos, resumos e palavras-chave dos artigos científicos. Além desse filtro, foram aplicados os seguintes:

(Address) Brazil OR Brasil

(Publication Years) 2023 or 2022 or 2021 or 2020 or 2019 or 2018 or 2017 or 2016 or 2015 or 2014 or 2013 or 2012 or 2011 or 2010 or 2009 or 2008 or 2007 or 2006 or 2005 or 2004 or 2003 or 2002 or 2001

or 1999 or 1998 or 1997 or 1996 or 1995 or 1994 or 1993 or 1992 or 1991 or 1990 or 1989 or 1987 or 1986 or 1984 or 1983 or 1981 or 1979

(Document Types) Article or Review Article or Letter or Note or Proceeding paper or Editorial material

O campo “Address” procura precisamente pelo endereço dos autores dos artigos. O campo “Publication Years” define o período da busca por publicações. Foi selecionado, nesse caso, desde a primeira publicação até o ano mais recente possível, levando em consideração que as publicações do ano de 2024, ao tempo do estudo, não haviam sido completamente adicionadas à plataforma. A seleção “Document Types” serve para filtrar o tipo de publicação desejada. Portanto, artigos, artigos de revisão, notas, trabalhos completos em anais de evento e material editorial compõem a tipologia das publicações selecionadas. Sendo o resultado da estratégia de busca tratado no Excel, algumas planilhas utilizadas nos mapas foram construídas no ambiente Google Colab, que lê a linguagem Python. Os mapas de localização e de fluxos, por sua vez, foram elaborados utilizando-se o software ArcGIS.

Quanto aos dados de grupos de pesquisa, obtidos a partir do Censo 2016 do Diretório de Grupos de Pesquisa (DGP/CNPq), foi utilizada base de dados cedida gentilmente pelo Grupo de Pesquisa em Economia da Ciência e da Tecnologia (CEDEPLAR/UFMG). O Censo 2016 do DGP é o mais recente disponível com dados sobre interações, necessários para mapear a distribuição geográfica do fluxo de conhecimento gerado por essas interações, complementando os dados obtidos nas publicações da base Web of Science. Essa base inclui exclusivamente informações sobre grupos interativos. Grupos de pesquisa que não apresentaram interações com outras organizações foram descartados na análise, reforçando o foco da pesquisa em identificar redes de cooperação científica e tecnológica geradas pelos fluxos de conhecimento. Para calcular a taxa de interatividade, medida pela porcentagem de grupos de pesquisa interativos sobre o total de grupos, voltou-se diretamente à base do Censo DGP 2016. Informações sobre os Programas de Pós-Graduação nas áreas de conhecimento selecionadas complementam a análise das principais centralidades encontradas no Nordeste.

Em síntese, os procedimentos utilizados na coleta e análise de dados, com o uso das bases Web of Science e DGP/CNPq, processadas por meio das ferramentas Excel, ArcGIS e Google Colab. Essa abordagem possibilitou a identificação, análise e mapeamento das interações de pesquisa e coautorias de artigos científicos das principais cidades do Nordeste. Dessa forma buscamos identificar as cidades que se destacam no que concerne à intensidade de fluxos de conhecimento que produzem, o que expressa, no nosso entendimento, níveis mais altos de centralidade na rede urbana.

3. Resultados

3.1 O panorama regional

Uma primeira observação a ser feita deve ser dirigida à distribuição regional das publicações, apresentada na Tabela 1, entendendo que elas expressam a competência científica e

tecnológica existente nas 50 maiores cidades do país nas áreas de conhecimento selecionadas. Nesse sentido, pode-se afirmar que a competência brasileira em Ciência e Engenharia de Computação, Engenharia Elétrica e Eletrônica e Matemática Computacional está fortemente concentrada na macrorregião Sudeste. Esta responde por mais da metade (53,3%) das 44.068 publicações coletadas para as 50 maiores cidades brasileiras, muito acima de sua participação no total da população dessas cidades (41,8%).

Tabela 1. Publicações e população total das 50 maiores cidades brasileiras nas áreas de conhecimento selecionadas, e totais das 50 maiores cidades por macrorregião

Cidade	Publicações 1979-2023	%	População 2022	%
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	2,0	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	0,0
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	0,0
São João del Rei	241	0,5	90.225	0,0
Ouro Preto	226	0,5	74.821	0,0
<i>Cidades da Região SE</i>	23.494	53,3	84.840.113	41,8
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
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
<i>Cidades da Região Sul</i>	9.429	21,4	29.937.706	14,7
Recife	2.143	4,9	1.488.920	0,7
Fortaleza	1.330	3,0	2.428.708	1,2
Natal	918	2,1	751.300	0,4
Salvador	874	2,0	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
Aracaju	261	0,6	602.757	0,3
São Luís	227	0,5	1.037.775	0,5
<i>Cidades da Região NE</i>	7.420	16,8	54.658.515	26,9
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
<i>Cidades da Região CO</i>	2.470	5,6	16.289.538	8,0
Belém	736	1,7	1.303.403	0,6
Manaus	519	1,2	2.063.689	1,0
<i>Cidades da Região Norte</i>	1255	2,8	17.354.884	8,5
Total das 50 Cidades	44.068	100,0	203.080.756	100,0

Fonte: Web of Science e Censo Demográfico 2022.

A Tabela 1 permite observar, também, que profunda concentração ocorre no interior da macrorregião. Na região Sudeste, as cidades do Rio de Janeiro, segunda colocada no país e na macrorregião, embora bem abaixo de São Paulo, com 3.787 publicações (8,6% do total de publicações comparados a 3,1% da população) e Belo Horizonte, com 1.989 (4,5% das publicações e 1,1% da população). A participação das cidades mineiras merece registro, considerando a presença de universidades federais em território mineiro muito antes da expansão recente. As publicações das oito cidades presentes na Tabela 1, incluindo Belo horizonte, somam 4.945 trabalhos, equivalentes a 11,2% do total, em comparação ao percentual de 1,2% referente a sua população. Na sequência, seguem-se em ordem decrescente: a macrorregião Sul, com 9.429 publicações (21,4%), total equivalente ao registrado apenas na cidade de São Paulo; o Nordeste, com 7.420 trabalhos (16,8%), o Centro-Oeste (2.470 ou 5,6%) e o Norte, com 1.255 publicações (2,8%).

Sendo o foco do presente artigo centrado na rede urbana do Nordeste, observamos que dez cidades entre as 50 mais relevantes em publicações brasileiras no período: Recife, Fortaleza, Natal, Salvador, João Pessoa, Campina Grande, Teresina, Maceió, Aracaju e São Luís, que juntas respondem por 16,8% do total nacional. Excetuando-se Campina Grande, as demais são capitais estaduais, três das quais denominadas de metrópoles, cidades de terceiro nível conforme a hierarquia da rede urbana da REGIC 2018. Chamamos a atenção para a inversão na relação entre a participação das publicações e da população, no conjunto da macrorregião (16,8% e 26,9%, respectivamente). Fenômeno que a Tabela 1 também evidencia no caso das demais macrorregiões, Centro-Oeste e Norte, onde a pesquisa universitária tem se expandido apenas recentemente.

No caso do Nordeste, merece atenção a liderança de Recife, proporcionada pela criação pioneira na macrorregião de estruturas e competências de pesquisa em todas as áreas de conhecimento (Fernandes et al, 2011) e especialmente nas áreas associadas à computação (Mesquita et al, 2024). Não surpreende que Recife alcance 2.143 publicações, com uma produção correspondente a 4,9% do total das 50 cidades. Seguida por Fortaleza, com 1.330 publicações (3,0%), Natal (2,1%) e Salvador (2,0%). A segunda posição alcançada por Fortaleza chama a atenção, considerando a posição de Salvador na rede urbana (IBGE, 2020).

Focada na macrorregião Nordeste, a Tabela 2 introduz dados dos grupos de pesquisa, que confirmam a liderança do Recife na macrorregião. A cidade responde por 28,9% das publicações do Nordeste e por 20,5% do total de grupos e 25,0% dos grupos interativos nas áreas de engenharia e ciência da computação e afins da macrorregião, segundo o Censo 2016 do DGP/CNPq. A razão entre grupos totais e grupos interativos alcançou 50,0% naquele ano. A segunda posição de Fortaleza em termos de publicações e número total de grupos nas áreas de conhecimento mencionadas inverte-se quando se observa a taxa de interação dos grupos, ultrapassando o Recife (55,6%).

Na sequência, observa-se uma certa novidade: Natal alterna com Salvador a terceira posição. Sendo a maior metrópole do Nordeste, era de se esperar a liderança desta última em todos os parâmetros. Entretanto, a capital potiguar ocupa a terceira posição no caso das publicações (918), indicador de produto, embora Salvador supere Natal no tocante aos grupos de pesquisa totais e interativos (15,2% e 16,4% do total Nordeste, respectivamente). Por outro lado, Natal apresenta uma taxa de interatividade levemente superior à da capital baiana, mostrando um padrão que reflete possível tendência de crescimento da centralidade de Natal, embora a estrutura de

pesquisa nas áreas selecionadas instalada em Salvador ainda seja coerente com o alcance de sua região de influência na macrorregião, historicamente bem superior vis à vis a capital potiguar.

O notável desempenho de Natal permite levantar a hipótese que a incorporação do comando digital à metodologia da REGIC pode captar com maior precisão a centralidade das cidades consistente com as demandas da era digital, o que poderia posicionar Natal de forma ainda mais proeminente em relação a Salvador. Contudo, vale ressaltar que o presente estudo foca exclusivamente a quantidade de publicações e interações universidade-instituições em áreas de conhecimento associadas às competências em computação, indicadores ainda insuficientes para conclusões definitivas sobre a centralidade geral de Natal na rede urbana do Nordeste em comparação com Salvador.

Tabela 2. Cidades com Publicações (1979-2023) no Nordeste e Grupos de Pesquisa Interativos

Cidades	Publicações	%	Total dos grupos de pesquisa	%	Grupos de pesquisa interativos	%	Taxa de Interatividade dos Grupos
Recife	2.143	28,9	58	20,5	29	25,0	50,0
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	25,0
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	6,0	2	1,7	11,8
São Luís	227	3,1	16	5,7	6	5,2	37,5
Total	7.420	100,0	283	100,0	116	100,0	41,0

Fonte: Web of Science; DGP/CNPq, 2016

Lembrando que as interações são medidas por meio das coautorias, observou-se interações também entre autores de instituições do Nordeste e autores de instituições de outros países: Portugal, Inglaterra, Estados Unidos, França, Espanha e Alemanha. Com isso, volta-se a atenção na próxima seção para um detalhamento do desempenho das principais centralidades encontradas, definido por seus principais atributos.

3.2. O desempenho das principais centralidades do Nordeste

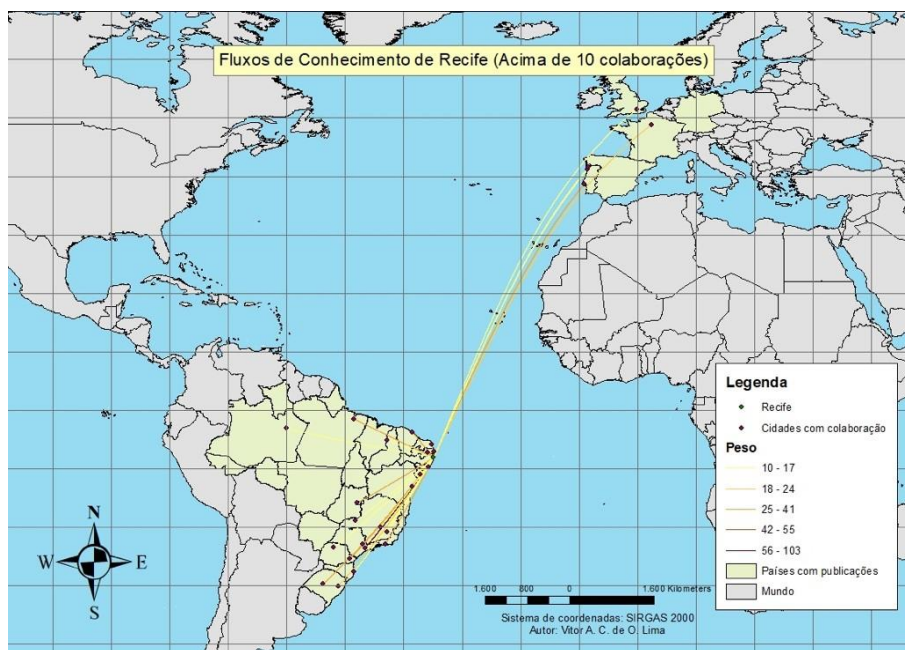
Recife: Produtividade e internacionalização

A posição de Recife, classificada como Metrópole de nível 1C na REGIC 2018, consolida sua liderança na produção científica no Nordeste nas áreas de conhecimento selecionadas, com 2.143 publicações no período analisado (1979-2023). Essa posição de destaque está alinhada com o reconhecimento de seu programa de pós-graduação em Ciências da Computação da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), avaliado com nota 7 pela CAPES, expressando excelência acadêmica. Além disso, instituições como a Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) e a Universidade de Pernambuco (UPE) também contribuem para a pesquisa nas referidas áreas

na região. Com isso, Recife se constitui uma centralidade na difusão de conhecimento no Brasil e globalmente. Parcerias nacionais mais expressivas e constantes da capital pernambucana são com São Paulo (103 colaborações), João Pessoa (78) e Maceió (55), mas destacam-se também colaborações com diversas outras cidades da região: Salvador (47), Natal (41), Fortaleza (38), Campina Grande (35), Aracaju (22) e Teresina (15). Apenas São Luís, com 2 colaborações, apresenta um volume inferior a 10 interações com a capital pernambucana, destacando novamente a centralidade do Recife na articulação dos fluxos de conhecimento na região.

Além da evidente influência de São Paulo e do papel de Recife como polo central do Nordeste em áreas relacionadas às TICs, a metrópole pernambucana também demonstra significativa produtividade em parceria com diversas outras cidades brasileiras, reforçando sua posição estratégica na rede urbana de conhecimento. Notavelmente, outras oito cidades fora do Nordeste registram mais de 15 colaborações com Recife, incluindo o Rio de Janeiro e Belém (37 colaborações cada), Curitiba (35), Brasília e Santa Maria (31 cada), Campinas (30), Porto Alegre (24) e Manaus (15). Esses números refletem a capacidade de Recife de atuar como um centro fundamental de disseminação de conhecimento e inovação em todo o território nacional.

Figura 1. Recife: Fluxos de conhecimento de colaborações em áreas TIC



Fonte: Web of Science. Elaboração própria.

Internacionalmente, Recife mantém significativas conexões com Lisboa (37), Paris (21), Porto (17), Braga (11) e Londres (10). Portugal se destaca como o país com o maior número de interações com Recife, incluindo também parcerias com Coimbra (8) e Aveiro (6). Outras cidades que colaboram com Recife incluem Madrid (6), Cambridge (5), Bonn (4) e Washington (3), evidenciando a amplitude e diversidade das conexões internacionais da capital pernambucana nas áreas relacionadas a TICs.

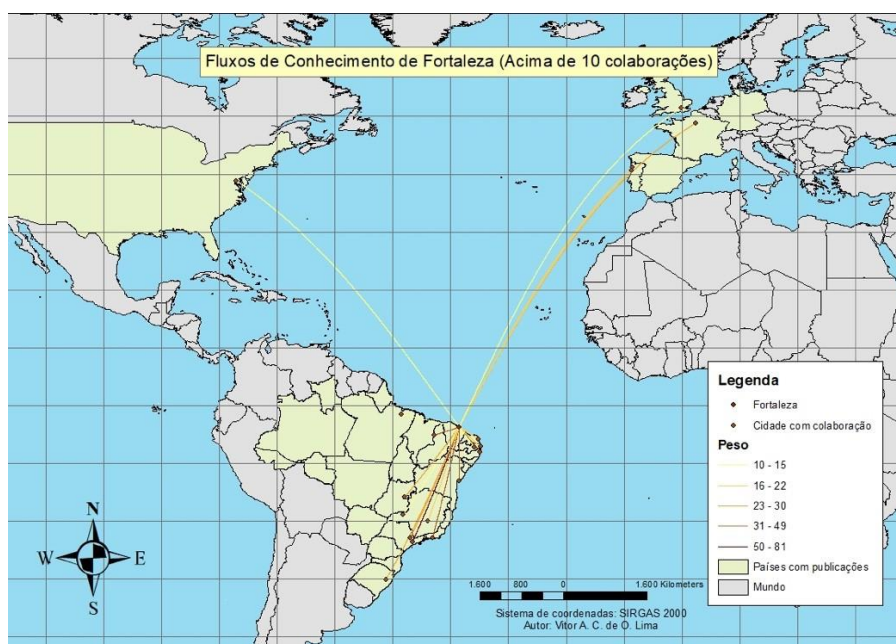
Com respeito a interações coletadas no Censo 2016 do DGP/CNPq, Recife possuía 29 grupos de pesquisa interativos nas áreas de Ciência da Computação e Engenharia Elétrica e Eletrônica. No total, esses grupos registraram 73 colaborações, sendo 40 delas realizadas internamente entre parceiros localizados em Recife, predominando as colaborações com

instituições públicas (46 interações). Na escala nacional, as cidades com maior número de interações com Recife foram Rio de Janeiro (7), Brasília (5) e São Paulo (5). Já no contexto regional, somente Maceió (2) teve múltiplas interações com Recife, enquanto Petrolina, Olinda, Salvador, Natal, João Pessoa e Campina Grande apresentaram apenas uma instituição cada a interagir com grupos de pesquisa recifenses. Somadas, essas colaborações atestam a liderança de Recife no Nordeste, expressa na abrangência de sua área de influência.

Fortaleza: Forte interação universidade-empresa

Fortaleza, também classificada como Metrópole de nível 1C na REGIC 2018, é a maior cidade do Nordeste em termos de população e desempenha um papel central na produção científica da região. Com 1.330 publicações registradas no período analisado, a cidade abriga importantes instituições de ensino superior, entre as quais foram identificadas na estratégia de busca: Universidade Federal do Ceará (UFC), Universidade Estadual do Ceará (UECE), Universidade de Fortaleza (UNIFOR) e Instituto Federal do Ceará (IFCE). A UFC se destaca especialmente pelos programas de pós-graduação em Engenharia de Teleinformática e Ciências da Computação, avaliados, respectivamente, com notas 6 e 5 pela CAPES, embasando a qualidade de sua produção científica e tecnológica nas áreas estudadas.

Figura 2. Fortaleza: Fluxos de conhecimento de colaborações em áreas TIC



Fonte: Web of Science. Elaboração própria.

Fortaleza apresenta ampla rede de colaborações, tanto no contexto nacional quanto internacional. As interações mais significativas ocorrem com São Paulo (81 colaborações), Rio de Janeiro (49) e Teresina (44). Essa dinâmica evidencia o papel estratégico de Fortaleza como centro de produção científica e potencial hub tecnológico na região, o que tem sido reforçado pela infraestrutura de 18 cabos submarinos de fibra ótica que chegam no Brasil por Fortaleza, interligando o país à América do Norte e Central, Europa e África¹.

¹ Mais de 90% do fluxo de dados no Brasil chegam em Fortaleza antes de serem distribuídos para outras regiões,

Na rede urbana nordestina, Fortaleza sustenta interações com todos os municípios identificados pela estratégia de busca. Além da já mencionada Teresina, destacam-se as colaborações com Recife e Salvador (38 interações cada), Natal (22), João Pessoa (20) e Campina Grande (15). As cidades com menos de 10 interações incluem São Luís (7), Maceió (6) e Aracaju (3). Esses dados evidenciam que, apesar de Fortaleza claramente possuir um papel decisivo na articulação regional, suas interações intrarregionais são menos numerosas em comparação com as de Recife, refletindo uma centralidade mais moderada na dinâmica científica do Nordeste. No cenário nacional, além das já mencionadas conexões com São Paulo e Rio de Janeiro, a metrópole cearense mantém colaborações relevantes com outras cidades brasileiras, destacando-se Campinas (30 interações), Brasília (28), Porto Alegre (26) e Belo Horizonte (18). Já no cenário internacional, Fortaleza registra conexões mais frequentes com Paris (30), Porto (21), Aveiro (19), Washington (11) e Londres (10). Outras cidades como Cambridge (6), Madrid (5), Coimbra (3), Braga e Bonn (2 cada), apresentam colaborações de menor expressão.

A capital cearense também se destaca pela forte interação entre universidades e empresas, com 20 grupos de pesquisa contabilizando 75 colaborações, das quais 53 foram realizadas com instituições de mercado, incluindo multinacionais de grande porte como Hewlett-Packard, LG e Prysmian. Destaca-se um grupo específico do Instituto Federal do Ceará (IFCE) que registrou 27 interações, todas com empresas privadas. No total, o DGP/CNPq registra que Fortaleza colaborou com parceiros de 41 cidades, sendo a maioria das colaborações concentrada internamente na capital cearense (18), seguidas por interações com Curitiba (6) e Sorocaba (4). No contexto regional, mantém contatos múltiplos somente com Caucaia e Natal (2 cada), e apenas uma colaboração registrada em Maracanaú e Eusébio, localizadas na Região Metropolitana de Fortaleza, além de Belo Jardim, Farias Brito, Ilhéus, Maceió, Macaíba, Mossoró, Recife, Russas, Teresina, situadas fora de sua região metropolitana.

Natal: Internacionalização e crescimento

Classificada como Capital Regional A pela última REGIC, Natal abriga a Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), que, com seus diversos campi, responsável por importante parcela da geração de conhecimento nas áreas estudadas no Nordeste. A UFRN oferece programas de pós-graduação nas áreas de Engenharia Elétrica e de Computação e de Sistemas e Computação, ambos avaliados com nota 5 pela CAPES. Entre as principais interações científicas da capital potiguar destacam-se, especialmente, aquelas com São Paulo (56 colaborações), Recife (41) e João Pessoa (37). Embora registre um volume total de publicações relativamente menor, com 918 trabalhos, suas colaborações internacionais evidenciam processo de internacionalização de sua produção acadêmica. Entre as principais cidades estrangeiras parceiras, destacam-se Paris (21), Lisboa (13), Porto e Aveiro (12 cada), além de Cambridge (10). Outras localidades, como Madrid (8), Londres (6), Bonn (5), Coimbra e Braga (4 cada) e Washington (3), também contribuíram, ainda que com menor intensidade, para fortalecer essas conexões globais.

Figura 3. Natal: Fluxos de conhecimento de colaborações em áreas TIC

tornando a cidade um dos locais mais conectados por cabos submarinos do mundo (Olhar Digital, 2021).

contraste, a pós-graduação nas áreas selecionadas apresenta existência mais longa na UFRN, com a fundação, em 1983, do Programa de Engenharia Elétrica e de Computação e o de Sistemas e Computação, em 1995, com o doutorado sendo criado em 2008.

Nacionalmente, as principais colaborações da capital baiana concentram-se em São Paulo (88 colaborações), Rio de Janeiro (60), Recife (47), Fortaleza (38) e Belo Horizonte (34). Dentre essas, destaca-se a relevância da interação entre Salvador e Rio de Janeiro, a maior entre todas as cidades nordestinas e a capital fluminense identificadas pela estratégia de busca. Outras cidades relevantes, acima de 10 colaborações, incluem Porto Alegre (21), Campinas (20), Niterói (17), Curitiba e Florianópolis (15 cada), e Brasília (11). No cenário nordestino, apesar das expressivas colaborações com Recife e Fortaleza, Salvador apresenta uma articulação mais tímida. Notavelmente, é a primeira capital nordestina identificada pela estratégia de busca que não mantém interação com todas as demais cidades da região, já que não foram registradas colaborações com Teresina durante o período avaliado. Destacam-se Aracaju (19 colaborações), Natal (18), João Pessoa (11), Maceió (8), Campina Grande (7) e São Luís (1). Internacionalmente, os principais fluxos de conhecimento de Salvador são com as cidades de: Lisboa (15), Porto (11), Washington (10), Paris e Braga (7 cada), Londres (6), Madrid e Cambridge (5 cada), além de Aveiro e Bonn (3 cada). Salvador é a primeira cidade nordestina a não apresentar interações com todas as cidades estrangeiras identificadas pela estratégia de busca, visto que não manteve contato com Coimbra durante todo o período, nas áreas relacionadas às TICs.

Por outro lado, os grupos de pesquisa soteropolitanos apresentaram elevado dinamismo em termos de interações. Um total de 19 grupos registrou 46 interações, das quais 30 envolveram instituições parceiras de natureza pública, com destaque para a PETROBRÁS. A maioria das instituições parceiras localizava-se na própria Salvador (18), seguida pelo Rio de Janeiro (5), Recife (4) e Brasília (3). Além dessas, registraram-se colaborações únicas com São José dos Campos, São Carlos, Bento Gonçalves, Curitiba, Campinas e Florianópolis. No Nordeste, além de Recife, observou-se interações com Feira de Santana e São Luís (2 cada), bem como Aracaju, Ilhéus, Itapetinga, Teresina, Simões Filho e Campina Grande, todas com uma colaboração cada.

João Pessoa e Campina Grande: A importância da Paraíba

Os resultados obtidos no estado da Paraíba são particularmente interessantes. Primeiramente, João Pessoa, com 554 publicações, mantém interação relevante com Recife (78), registrando o maior número de colaborações entre duas cidades nordestinas, além de Campina Grande (56) e São Paulo (54). Curiosamente, é a primeira cidade do Nordeste cuja colaboração com São Paulo não é a mais expressiva. A Universidade Federal da Paraíba (UFPB) tem limitada internacionalização, destacando-se os contatos com Porto e Coimbra (6 colaborações cada), Paris (4), Lisboa e Madrid (3), Braga (2) e uma única colaboração com Bonn. Porém, é evidente o papel de articulação que exerce na rede de conhecimento nordestina. Salvo os contatos significativos com Recife e Campina Grande, as interações com outras cidades como Natal (37), Fortaleza (20), Salvador (11), Maceió (7), Aracaju (6), Teresina (4) e São Luís (3) implicam um comando regional relevante. Somando-se todas as colaborações de João Pessoa com as demais cidades do Nordeste, chega-se a um total de 222 colaborações, número que só não supera a quantidade de colaborações intrarregionais de Recife, a maior centralidade de conhecimento do Nordeste nas áreas estudadas. No âmbito nacional, além do contato com São Paulo, João Pessoa apresenta contatos diretos com Campinas (20), Rio de Janeiro (12), São José dos Campos (11), Curitiba (10), Porto Alegre (8) e

Belo Horizonte (7). A capital paraibana manteve colaboração com outras 16 cidades, embora de menor relevância, sem ultrapassar as 5 colaborações registradas com Brasília e Niterói.

Campina Grande, com 483 publicações, destaca-se por ser a única cidade não capital na região identificada pelo critério de busca utilizado, revelando uma histórica trajetória em CT&I (Ramalho; Fernandes, 2009), que mais recentemente é revigorada com a transformação do campus da Universidade Federal da Paraíba em Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Seu programa de pós-graduação em Engenharia Elétrica exibe a mais elevada avaliação da CAPES (nota 6) entre os programas da área no Nordeste, e a Ciência da Computação, com nota 5, contribui para a criação na cidade de importante centro de desenvolvimento tecnológico nas áreas TIC no Nordeste, contando com uma unidade Embrapii desde 2005, na área de Software e Automação. Assim como em João Pessoa, ressalta-se a interatividade regional de Campina Grande, com 188 colaborações, número superior ao de Salvador (149) e Natal (161). Suas cinco principais conexões são com cidades nordestinas: João Pessoa (56), Recife e Maceió (35 cada), Natal (23), Fortaleza (15), além de Salvador e Aracaju (7 cada), Teresina (6) e São Luís (4). No cenário nacional, as principais colaborações de Campina Grande são com São Paulo (14), Brasília (11), Rio de Janeiro (10) e Curitiba (7). A busca retornou interações com outras 17 cidades, embora nenhuma delas tenha superado as 5 colaborações com Campinas e Manaus. Já no cenário internacional, Campina Grande apresenta um desempenho incipiente, embora com certa amplitude, registrando colaborações internacionais com: Paris (5), Porto (3), Coimbra, Lisboa, Bonn, Londres e Aveiro (2 cada), além de Madrid e Washington (1 cada).

Vale ressaltar que os dados apontam um maior dinamismo interativo dos grupos de pesquisa de Campina Grande em comparação com os de João Pessoa. Na capital paraibana, 8 grupos registraram 15 parcerias, sendo a maioria com instituições públicas (11). As colaborações concentram-se no próprio estado, com parceiros na própria capital João Pessoa (4) e com Campina Grande (2). No Nordeste, os únicos contatos de João Pessoa fora do estado foram com Natal e Belo Jardim, este último por meio das Baterias Moura, ambos registrando apenas uma interação. Fora da região Nordeste, os grupos de João Pessoa estabeleceram parcerias com São Paulo (2), Ijuí, Florianópolis, Chapecó, Petrópolis e São Carlos, cada uma com uma colaboração. Campina Grande, por sua vez, contabilizou 29 interações pelos 11 grupos de pesquisa registrados, apresentando um perfil de colaborações mais diversificado. Destas interações, 12 ocorreram com instituições públicas, 9 com empresas privadas e 8 com associações privadas sem fins lucrativos. A grande maioria das interações concentrou-se na própria Campina Grande (13), seguida por João Pessoa, Recife e Rio de Janeiro (3 interações cada). No cenário regional, a capital paraibana registrou 2 colaborações com Natal, e uma única com Salvador. Fora do Nordeste, destacaram-se parcerias únicas com Cachoeirinha, Curitiba, Brasília e São Paulo.

Teresina, Maceió, Aracaju e São Luís: A Fronteira

Teresina (350 publicações), Maceió (280), Aracaju (261) e São Luís (227) têm uma participação mais modesta na rede urbana definida pelos fluxos de conhecimento nas áreas TICs, consistente com sua entrada mais tardia na produção científica da região Nordeste (Fernandes et al, 2011). Embora apresentem padrões distintos de interação, partilham algumas semelhanças, especialmente no que diz respeito às colaborações internacionais. Com exceção da conexão entre Teresina e Aveiro, com 19 colaborações, todas essas capitais registraram menos de 10 colaborações com qualquer cidade estrangeira. Quando muito concentraram-se quase

exclusivamente em interações com universidades portuguesas, as já tantas vezes mencionadas Lisboa, Porto, Coimbra, Braga e Aveiro. Entre as principais colaborações com cidades não portuguesas, destacam-se as conexões entre Paris e Maceió (6 colaborações), Aracaju e Madrid (3) e Teresina e Washington (2). A predominância das conexões com Portugal é tão evidente que São Luís, por exemplo, apresenta apenas duas colaborações internacionais fora desse eixo, com Paris e Londres (1 cada).

No cenário nacional, as diferenças entre as cidades tornam-se mais evidentes. Teresina mantém interações significativas com Fortaleza (33), São Paulo (27), Recife (15) e Belo Horizonte (11). Seus contatos com São Luís (8), Campina Grande (6), João Pessoa (4), Natal e Aracaju (3 cada) formam uma rede expressiva de cidades nordestinas, onde não se registraram colaborações somente entre Salvador e Maceió durante o período analisado. Esta última, por sua vez, apesar de não ter conexões com Teresina, apresenta um padrão semelhante, com ampla presença de instituições nordestinas, entre as quais se destacam interações com Recife (55), Campina Grande (35), São Paulo e Rio de Janeiro (31 cada), além de Coimbra (9). As conexões com Natal e Salvador (8 cada), João Pessoa (7), Fortaleza (6) e Aracaju (3) reforçam sua presença na região, embora Maceió não tenha registrado contatos com Teresina ou São Luís.

Aracaju apresenta um perfil curioso, pois interage com todas as cidades identificadas no Nordeste, embora seu maior contato seja com São Paulo (28 colaborações), seguido por Recife (22), Salvador (19) e Rio de Janeiro (13). Outras conexões expressivas incluem Campinas, Porto Alegre e Uberlândia, cada uma com 9 interações. Dentro da região Nordeste, Aracaju registra colaborações com Campina Grande (7), Natal e João Pessoa (6 cada), Maceió (4), Fortaleza e Teresina (3 cada) e São Luís (uma única colaboração). São Luís, por sua vez, foi a capital nordestina mais tímida da rede, tanto pelo número reduzido de publicações, quanto pela baixa frequência de suas conexões com outras cidades da região. Suas principais interações ocorreram com cidades do Sudeste: São Paulo (36), Rio de Janeiro (23), Campinas (11) e Belo Horizonte (9). Somente após essas colaborações nacionais mais expressivas é que São Luís estabeleceu contatos com outras cidades do Nordeste, sendo os mais relevantes com Teresina (8) e Fortaleza (7), seguidos por Campina Grande (4), Natal e João Pessoa (3 cada), Recife (2) e Aracaju e Salvador com apenas uma colaboração cada. Não foram registradas interações com Maceió.

Essas cidades apresentam resultados surpreendentes quanto às interações dos grupos de pesquisa de Engenharia Elétrica e Ciência da Computação. São Luís, embora seja a cidade nordestina com o menor número de publicações, registrou 15 interações realizadas por 6 grupos de pesquisa distintos. Número equivalente aos grupos de Maceió, apesar disso, a capital alagoana contabilizou um total menor de interações (10). Já Aracaju e Teresina, com 2 grupos de pesquisa cada, registraram 6 e 4 interações, respectivamente. Esses resultados indicam variações significativas entre os grupos de pesquisa e a produção científica de artigos nessas centralidades.

Os grupos de Teresina destacaram-se por interagir mais com parceiros de Campina Grande (2 interações) do que com instituições da própria capital piauiense. São Luís, por sua vez, concentrou 7 de suas 15 interações internamente e manteve apenas uma parceria com outra cidade nordestina, João Pessoa. Em contraste, Aracaju demonstrou maior inserção regional, duas interações internas e três externas: Salvador, Recife e Feira de Santana. Maceió, com 4 interações internas, registrou apenas uma parceria com outra cidade do Nordeste, Campina Grande,

reforçando, novamente, a notável participação desta cidade do interior paraibano na articulação regional do conhecimento.

5. Conclusões

Com o objetivo de contribuir para o aperfeiçoamento da metodologia de identificação da rede urbana brasileira na era digital, e reconhecendo a escassez de dados de fluxos à escala dos municípios para a elaboração da rede, dados de coautoria de publicações científicas, obtidos na Web of Science, e de grupos de pesquisa no Diretório de Grupos de Pesquisa do CNPq foram utilizados como proxies. Assumimos que as coautorias manifestam trocas diretas de conhecimento entre pesquisadores filiados a instituições de cidades diferentes, no sentido de identificar eventuais alterações na configuração espacial da rede urbana na era digital.

Um panorama geral das interações para as 50 maiores cidades brasileiras mostrou que, a se considerar as interações de conhecimento nas áreas chave para a revolução digital da metrópole São Paulo, o extrato das 50 maiores cidades da rede urbana brasileira apresenta acentuada concentração, maior que a concentração observada na dimensão populacional. Voltando-se o foco da investigação ao detalhamento dos fluxos de conhecimento focado nas cidades do Nordeste, os dados explicitaram a importância de Recife como principal centralidade da produção científica no Nordeste, decorrente do elevado número de publicações, especialmente com instituições no exterior, e de grupos de pesquisa (totais e interativos) nas áreas estudadas. Na sequência, destaca-se Fortaleza em publicações e, mais acentuadamente, em grupos de pesquisa, apresentando a maior taxa de interatividade (55,56%) na região, em parte decorrente de interações com empresas de capital estrangeiro. A cidade com o terceiro maior volume de publicações é Natal, um dos achados a se apontar no presente estudo, visto que sua posição na rede urbana está abaixo no nível de Metrópole 1C, ocupada por Salvador. A capital potiguar se destaca pela crescente internacionalização das coautorias identificadas e pelo papel articulador que mantém na rede urbana de conhecimento do Nordeste, interagindo com todas as outras cidades da região identificadas pela estratégia de busca, o que pode estar evidenciando uma elevação de sua posição na rede urbana no contexto da era digital, isto é, considerando as competências científicas e tecnológicas atualmente exigidas.

Já Salvador, apesar de não apresentar coautorias com Teresina, mantém interações com todas as demais cidades nordestinas no período avaliado. O avanço de Natal sobre Salvador, capital regional sobre metrópole, surpreende, mas alguns fatores poderiam explicar essa observação. Primeiramente, em Natal os cursos de Engenharia Elétrica e Eletrônica e de Ciências da Computação foram criados há mais tempo, produzindo, portanto, efeitos multiplicadores sobre a produção científica e sobre eventuais demandas tecnológicas da base econômica. Deve-se alertar, porém, para o fato de que Salvador supera Natal na quantidade de grupos de pesquisa totais e interativos, de modo que a produtividade desses grupos talvez não esteja plenamente capturada pela Web of Science. João Pessoa e Campina Grande, Capital Regional A e Capital Regional C, respectivamente, respondem pelo quinto e sexto maiores volumes de publicações, confirmando a notoriedade das cidades paraibanas na produção e difusão do conhecimento científico no Nordeste, com interações alcançando o território nacional e cidades no exterior. Ressalta-se a contribuição de Campina Grande, única cidade do interior do Nordeste a figurar nos resultados, confirmando trajetória conhecida na região (Ramalho; Fernandes, 2009).

Das centralidades de menor abrangência, conforme o volume de publicações em coautoria, observou-se que Teresina e Maceió colaboraram com maior intensidade com autores de outras cidades nordestinas, transparecendo, a interação prevalescente com cidades mais próximas, seja em termos de distância geográfica, seja de distância social e institucional (Boschma, 2005) que aproximam pesquisadores orientadores e seus ex-estudantes. A maior quantidade de ocorrências de interação foi com as principais centralidades próximas, no caso de Teresina com Fortaleza, e no caso de Maceió com Recife e Campina Grande. Aracaju e São Luís, em certa medida, acompanham esse padrão, pois apesar de suas relações mais frequentes se encontrarem no Sudeste do país, ambas capitais mantêm suas principais conexões regionais com as principais centralidades geograficamente mais próximas. Como visto anteriormente, salvo a conexão entre Teresina e Aveiro, digna de investigação posterior, todas essas centralidades revelaram redes de coautorias em incipiente internacionalização.

A análise do desempenho de Salvador e Natal permite levantar a hipótese de que cidades que contam com estruturas de pesquisa mais consolidadas nas áreas de conhecimento associadas às TICs tendem a ocupar posições mais elevadas na rede urbana da era digital, independente – em alguma medida – da dimensão de sua população e mesmo de suas estruturas econômicas internas. Isso porque as demandas por transformação digital e outras soluções e produtos de alta performance no campo das tecnologias da informação e afins podem ser fornecidas a distância, sendo um setor de atividade que não se limita a fornecer para a região econômica mais próxima. Os dados coletados como proxies para a análise parecem oferecer uma estratégia consistente com os objetivos traçados, podendo figurar na construção de indicador de centralidade territorial da rede urbana nesta chamada era digital. A análise, porém, carece de aperfeiçoamento tanto no sentido de confirmar a hipótese levantada, como de vir a ser introduzida nos procedimentos metodológicos de edições futuras da REGIC. As bases de dados utilizadas são relevantes para evidenciar os fluxos de conhecimento próprios das relações *city-ness* na era digital, mas são insuficientes. Um conjunto de outras variáveis serão buscadas para a construção de um indicador composto que expresse tais fluxos mais adequadamente. 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 estudadas, 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.

Referências bibliográficas

- CASTELLS, M. The information age: economy, society, and culture. Volume I: The rise of the networked society. Oxford: **Blackwell**, 1996.
- CHRISTALLER, W. Central places in Southern Germany. New Jersey: **Prentice Hall**, 1966.
- EDQUIST, C. Systems of innovation: perspectives and challenges. In: FAGERBERG, J.; MOWERY, D. C.; NELSON, R. R. (ed.). The Oxford handbook of innovation. New York: Oxford University Press, 2005. p. 181-208.
- FERNANDES, A. C. Inovação para o desenvolvimento [regional] inclusivo: sobre estimular imaginação e utopia em tempo de pandemia. In Sara Medeiros e Camila D'Ottaviano (orgs.) **Planejamento Urbano e Regional: Ensino Pesquisa e Extensão**. Rio de Janeiro,

Anpur/Ed. Letra Capital, 2021, pp. 173-229.

FERNANDES, A. C.; STAMFORD DA SILVA, A.; CAMPELLO DE SOUZA, B. Demanda e oferta de tecnologia e conhecimento em região periférica: a interação universidade-empresa no Nordeste brasileiro. In Wilson Suzigan, Eduardo Albuquerque e Sílvia Cário (orgs.) **Em busca da inovação: Interações de Universidades e Institutos de Pesquisas com Empresas no Brasil**. Belo Horizonte, Editora Autêntica, 2011, pp. 341-401.

FERNANDES, A. C. de A.; SOUZA, B. C. de; SILVA, A. S. da; LIMA, J. P. R. 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://doi.org/10.22296/2317-1529.rbeur.202310pt>. Acesso em: 16 jan. 2025.

MESQUITA, F. C.; FERNANDES, A. C.; MOURA, R. 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://doi.org/10.22296/2317-1529.rbeur.202440pt>. Acesso em: 16 jan. 2025.

MONTEIRO NETO, A.; COLOMBO, L.; ROCHA NETO, J. Políticas territoriais em tempos de múltiplas crises: desafios e perspectivas para o Brasil na década de 2020. Brasília: **IPEA**, 2023.

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

RAMALHO, F.; FERNANDES, A. C.; 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**, 11 (1): 105-125, 2009.

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**, [local de publicação: Goiânia], v. 10, n. 1, p. XX-XX, 2025

TAYLOR, P.; HOYLER, M.; VERBRUGGEN, R. External urban relational process: introducing Central Flow Theory to complement Central Place Theory. **Urban Studies**, v. 47, n. 13, p. 2803-2818, 2010.

Email para contato

Ana Cristina de Almeida Fernandes: ana.afernandes@ufpe.br