

ENEI2025 *Fortaleza* IX ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA INDUSTRIAL

"Financiamento e Desenvolvimento Brasileiro:
oportunidades e desafios"



20-23
MAIO DE 2025



LOCAL: sede do BNB, Avenida
Dr. Silas Munguba, 5.700 –
Centro de Treinamento,
Passaré, Fortaleza (CE)

Realização:  Banco do
Nordeste

ABEIN

Associação Brasileira de
Economia Industrial e Inovação

Sistema Regional de Inovação no Amazonas e no Pará: Um estudo a partir da Análise de Redes

Themis Silva de Almeida¹;
Leandro Moraes de Almeida²;
Carlos Eduardo Rodrigues Martins³

Resumo: O trabalho investiga a relação de geração e difusão da inovação e do conhecimento existente em interações bilaterais entre institutos de pesquisa, universidades e empresas no contexto do Sistema Regional de Inovação (SRI) do Amazonas e do Pará. Isso é feito a partir da descrição e análise dessas relações em rede, em que, por meio da identificação dos agentes centrais e suas interações, são aplicadas estatísticas para melhor compreender as potencialidades e dificuldades dos SRIs Amazonense e Paraense. As redes foram elaboradas utilizando o método Social Network Analysis (SNA), com informações reportadas pelo Diretório dos Grupos de Pesquisa (GPs) do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) de 2023. O estudo usa a literatura Neoschumpeteriana como referencial teórico para abordar a inovação, sistemas e seus desdobramentos no desenvolvimento regional. Ademais, o software Gephi (versão 0.10.1) foi utilizado para materializar os grafos de interação e calcular as estatísticas apresentadas no trabalho.

Palavras-chave: Inovação; Sistemas; Universidades; Empresas; Institutos.

Código JEL: D83, O30

Área Temática: Redes de inovação – alianças de P&D, interações universidade-empresa, outras redes

Regional Innovation System in Amazonas and Pará: A Study Based on Network Analysis

Abstract: The study investigates the relationship between the generation and diffusion of innovation and knowledge through bilateral interactions between research institutes, universities, and companies in the context of the Regional Innovation System (RIS) of Amazonas and Pará. This is done through the description and analysis of these relationships in networks, where, by identifying the central agents and their interactions, statistics are applied to better understand the potential and challenges of the Amazonian and Pará RIS. The networks were developed using the Social Network Analysis (SNA) method, based on information reported by the Directory of Research Groups (GPs) from the National Council for Scientific and Technological Development (CNPq) in 2023. The study uses Neoschumpeterian literature as the theoretical framework to address innovation, systems, and their implications for regional development. Furthermore, Gephi software (version 0.10.1) was used to visualize the interaction graphs and calculate the statistics presented in the paper

Keywords: Innovation; Systems; Universities; Corporations; Institutes.

¹ Universidade Federal do Pará. E-mail: themissalmeida@gmail.com

² Universidade Federal do Pará. E-mail: lmoraes@ufpa.br

³ Universidade Federal do Pará. E-mail: kadumartins91@gmail.com

1. Introdução

A economia do conhecimento trouxe desafios aos modelos tradicionais de produção e crescimento, destacando a importância dos territórios para o desempenho econômico. O “lugar” tornou-se protagonista no desenvolvimento, substituindo as recomendações generalizadas por processos de desenvolvimento baseados nas particularidades locais. A literatura sobre Sistemas de Inovação (SI) é relevante para entender as condições específicas dos ambientes, e o Sistema Regional de Inovação (SRI) tem ganhado destaque por promover a aprendizagem interativa entre empresas e instituições locais. A interação entre universidades, institutos de pesquisa e empresas é fundamental para a inovação, já que as empresas precisam buscar constantemente novas informações e parcerias para se manter competitivas.

Posto isso, o presente trabalho procura investigar a capacidade dos Sistemas Regionais de Inovação (SRI) do Amazonas e do Pará em promover a inovação que pode impactar o desenvolvimento regional dessas instituições. Para isso, será realizado um estudo da análise de redes com base na metodologia Social Network Analysis. Essa escolha se deve ao entendimento de que o surgimento da inovação dentro do SRI é um fenômeno complexo e resultado da interação e influência mútua de vários aspectos. Na literatura econômica, outros trabalhos também utilizam essa metodologia para investigar o processo inovativo, como, por exemplo, De Rolt (2017), Porto (2011), Andrade e Almeida (2023), Laursen, K., & Salter, A. (2006) e Tsai, W. (2001).

2. Inovação, competitividade e tipos de conhecimento

Segundo a corrente teórica neoschumpeteriana, a inovação é resultado de um processo sistêmico de transmissão de conhecimento e de "learning by interacting" (aprendizado interativo) entre um conjunto de atores da esfera produtiva, científica, tecnológica, financeira e política, considerando que esses atores estão submetidos a um cenário institucional e cultural comum (LUNDVALL, 1992; NELSON E ROSENBERG, 1993; EDQUIST, 1997; EDQUIST, 2004; FREEMAN, 1995).

A competitividade, por sua vez, pode ser resumida na ideia de que o sucesso no mercado é definido pelo êxito na disputa por diferenciação entre os agentes, e não apenas por meio da competição de preços, como proposto pela vertente neoclássica (POSSAS, 2002). Dessa forma, a unidade produtiva utiliza a interação com outras partes a fim de gerar conhecimento, o qual se torna material para produzir inovação e se destacar no mercado, mantendo uma posição competitiva (POSSAS, 2002). A partir desse ponto, um desafio que se coloca é o de como as organizações conseguem utilizar e criar conhecimento para inovar e as implicações desse processo.

Antes de avançarmos, cabe destacar que existem diferentes tipos de conhecimento que podem ser apropriados por diferentes canais. Na literatura, a classificação mais utilizada é a desenvolvida por Lundvall e Johnson (1994), em que os tipos de conhecimento podem ser classificados nas seguintes categorias: know-what, know-why, know-who e know-how.

Dentro dessa classificação, os dois primeiros tipos de conhecimento são mais fáceis de apropriar, tanto pela simplicidade de sua transmissão quanto pela massificação da informação promovida pela globalização. Os dois últimos tipos de conhecimento, por sua vez, são de difícil apropriação, uma vez que sua transmissão exige proximidade entre os atores e envolve particularidades de complicada reprodução. Esses tipos estão relacionados ao conhecimento tácito, e seu acesso envolve estabelecer interações com grupos especializados para ter contato com sua expertise.

Posto isso, os diferentes tipos de conhecimento necessitam de diferentes modos de aprendizagem (LUNDVALL; JOHNSON, 1994), que, posteriormente, irão resultar em diferentes modos de inovação (JESEN ET AL., 2007).

Acerca da aprendizagem (entendida simplificada aqui como modos diversos de adaptação da empresa ao seu ambiente por meio da aquisição e troca de múltiplos conhecimentos), Johnson e Lundvall (2005) argumentam que os aceleramentos na criação e destruição de conhecimento nas décadas de 1980 e 1990 tiveram consequências para além das empresas, afetando também seu entorno, especialmente no que tange à concentração geográfica das atividades e à sua capacidade de afetar o desenvolvimento dos países, regiões, organizações, instituições etc.

Nesse sentido, os esforços de análise são direcionados não apenas à aprendizagem e à inovação dela resultante, mas também ao papel do espaço onde esses processos ocorrem. Posto isso, o conceito de sistema de inovação surge como forma de compreender essa realidade e dar protagonismo à capacidade do território de influir nesse processo.

3. Sistema de regional de inovação e desenvolvimento econômico

Os teóricos neoschumpeterianos incorporam a dimensão espacial na formação do processo inovativo por meio do conceito de conhecimento tácito. A ideia é que o aprendizado necessário à inovação das firmas tem uma natureza específica, que é mais bem aproveitada pelo contato face a face entre as partes envolvidas (GARCIA, 2017; GILLY; TORRE, 2000; GERTLER, 2003; STORPER; VENABLES, 2004). A constatação desse fato está por trás das explicações sobre a concentração espacial das atividades de inovação, como bem enfatizado no campo da geografia da inovação (GARCIA, 2020).

Nesse ponto, duas questões são colocadas em pauta para a geração da inovação: a interação entre os agentes e a proximidade entre eles. A abordagem teórica que estuda essa combinação é a dos Sistemas de Inovação, que podem ser tanto nacionais quanto regionais, ou seja, os Sistemas Nacionais de Inovação (SNI) e os Sistemas Regionais de Inovação (SRI), respectivamente.

Para além do importante papel como arena da formação do conhecimento, a região também se destaca por ser o espaço ótimo para a difusão e transmissão desse mesmo conhecimento. Estando no meio do caminho entre o nacional e o cluster, a região constitui o espaço de intermediação entre essas duas esferas, possibilitando o intercâmbio de conhecimento entre essas partes e até mesmo com outros SRIs, na busca de trocar e formar novos conhecimentos (ASHEIM; GERTLER, 2003; COOKE, 1992; COOKE; URANGA; ETXEBARRIA, 1998).

Em face disso, a teoria do desenvolvimento regional, buscando acompanhar essa nova realidade, se revigorou no apoio interdisciplinar da vasta literatura da geografia econômica e do Sistema Nacional de Inovação (SNI) (MOULAERT; SEKIA, 2003), a fim de explicar por que, nesse novo cenário, algumas regiões se desenvolvem e outras não, como regiões atrasadas poderiam alcançar o crescimento etc.

Na década de 1990, essa reavaliação teórica gerou seus primeiros frutos, culminando no surgimento da abordagem do Sistema Regional de Inovação (ASHEIM, 1995; ASHEIM E ISAKSEN, 1997; GARCIA et al., 2020; DOLOREUX, 2002), cuja definição se dá à semelhança conceitual do SNI (DOLOREUX E HOMMEN, 2003). Os sistemas de inovação (SRI e SNI) podem ser entendidos como o conjunto de interações entre ações institucionais diversas (quer esse contato seja proposital ou não) em um espaço delimitado, onde a combinação dessas relações resulta em maior progresso tecnológico (LUNDVALL, 1992; NELSON E ROSENBERG, 1993; EDQUIST, 1997; EDQUIST, 2004; FREEMAN, 1995).

Uma das principais utilidades analíticas dos Sistemas de Inovação, além do entendimento sistêmico do processo inovativo, está na contribuição para a compreensão do crescimento econômico de longo prazo, como resultado do aprimoramento coletivo da capacidade tecnológica das firmas e o impulso gerado em direção a um progresso técnico superior, capaz de se traduzir em desenvolvimento para a economia como um todo.

A contribuição neoschumpeteriana dentro desse raciocínio é extensa, abordando questões como o paradigma tecnológico, capacidade tecnológica, transferência de tecnologia, modos de aprendizagem e interação entre empresas e instituições de produção científica. Esses são considerados os elementos-chave na geração de desenvolvimento econômico, que passa a ser visto como resultado de um processo dinâmico e complexo.

A geração de inovação, por sua vez, necessita da troca de conhecimento (know-how, know-who ou outro), determinada pela forma de aprendizado estabelecida nas interações da firma com outros atores do sistema, conformando modos de inovação típicos. Dessa forma, inserir inovações no mercado não pode ser resultado da capacidade interna de uma única firma, mas sim da sua interação com o ambiente. A capacidade do sistema de inovação resultante dessa interação gerar desenvolvimento econômico depende do modo de inovação predominante estabelecido nessas interações e da sua combinação com fatores institucionais.

4. Sistemas Regionais de Inovação no Amazonas e Pará: A Colaboração entre Universidades e Empresas

De acordo com Suzigan e Albuquerque (2009), a importância do contato entre universidades e empresas dentro dos sistemas de inovação se deve ao fato de que o processo inovativo é beneficiado pela interação entre as produções científicas e tecnológicas, sendo as universidades integrantes da estrutura científica e as empresas constituintes da dimensão tecnológica. Os autores ainda explicam que essa interação se torna um ciclo virtuoso autofuncional quando as universidades produzem conhecimento aproveitável para as empresas e estas, por sua vez, fornecem problemas para pesquisa científica.

Posto isso, o contato entre universidade e empresas (U – E) dentro dos sistemas de inovação tem o potencial de beneficiar as partes envolvidas por meio do aprendizado mútuo e, por sua vez, o entorno dessa relação se beneficia do impacto gerado pela inovação decorrente e, por hipótese, se beneficia de desenvolvimento local.

Para as universidades que formam mão de obra altamente qualificada (RUFFONI, MELO, SPRICIGO, 2021; RAPINI, 2007), as vantagens se concentram em oportunidades de aplicar pesquisas, promover extensão por meio da participação dos seus estudantes em projetos de colaboração com empresas que permitam a prática do ensino obtido na universidade através do contato com problemas reais; recursos financeiros e materiais adicionais; prestígio para os pesquisadores; realização da função social; aumento do conhecimento sobre as dificuldades existentes; e incremento de informações para o ensino e a pesquisa (RUFFONI, MELO, SPRICIGO, 2021).

Desse modo, a universidade possui, nessa interação, a oportunidade de exercer suas missões originárias (pesquisa e ensino) e reformular sua imagem perante a sociedade, deixando de ser vista como uma instituição distante ou “universidade encastelada” (RUFFONI, MELO, SPRICIGO, 2021) para se envolver mais com o seu entorno, justificando sua existência (e financiamento, no caso de instituições públicas). Por sua vez, as empresas se beneficiam do contato com as universidades, aproveitando o conhecimento produzido nessas instituições, reduzindo seus custos em pesquisas e serviços de consultoria, além de usufruírem de uma fonte de conhecimento especializado e mão de obra qualificada, entre outros (RAPINI, 2007). Ademais, as empresas utilizam não apenas o conhecimento produzido pelas próprias universidades, mas também o conhecimento da rede à qual essas universidades estão inseridas.

Segundo Garcia et al. (2018, p. 193): “A presença de uma universidade é capaz de gerar importantes efeitos de transbordamento locais, que contribuem para a difusão dos conhecimentos da pesquisa acadêmica da universidade para a inovação industrial”. No entanto, o efeito geral da universidade na região não deve ser considerado como garantido, já que o relacionamento entre universidades e empresas nem sempre ocorre de forma natural e automática. Isso acontece porque o espaço exerce um conjunto diferenciado de possibilidades e limites para a troca e difusão do conhecimento, que devem se combinar com fatores institucionais tão variados quanto, por exemplo, o modelo da universidade e o tipo de empresas com as quais ela se relaciona, para que possa haver uma difusão de conhecimento nos setores industriais (KEMPTON, 2018).

Quando ocorre, a interação universidade-empresa não é a mesma para todas as regiões, e o impacto no desenvolvimento local decorrente não necessariamente será o mesmo. Embora as universidades sejam atores importantes nos SRIs, devido ao seu papel como provedores de conhecimento, sua participação ativa no processo inovativo requer uma reformulação da perspectiva da universidade quanto à sua própria estrutura e funcionamento (CASTRO et al., 2018; KEMPTON, 2018).

No que tange à contribuição das universidades em regiões periféricas, existem dificuldades tanto devido às limitações típicas que essas instituições enfrentam nesses espaços quanto à capacidade reduzida de articulação dos arranjos institucionais e empresariais vigentes (CASTRO et al., 2018; ALMEIDA, L. M.; BASTOS, A. P.; & SANTOS, 2018). Além disso, o empresariado dessa região, em geral, não demanda conhecimentos científicos e se limita a estabelecer com as universidades um contato mínimo, que comumente está relacionado a trabalhos de rotina e consultoria pontuais (SUTZ, apud CASTRO et al., 2018, p. 161). Esse padrão de relacionamento entre universidade e setor produtivo está bem aquém do verificado em regiões centrais, onde existe demanda para pesquisa especializada, e sua natureza é sistemática e institucionalizada (AROCENA & SUTZ, apud CASTRO et al., 2018, p. 161).

Na maioria dos casos, as empresas localizadas na periferia são importadoras de tecnologia e

exportadoras de recursos naturais, ou seja, existe pouca necessidade de produzir conhecimento próprio, e a atividade inovativa, por vezes, se resume à aquisição de equipamentos já implementados em economias mais avançadas. Além disso, na periferia, a inovação geralmente possui caráter informal, com poucas interações espontâneas entre universidades e empresas, que, por vezes, só acontecem mediante incentivo dado pelos governos, que também são os maiores demandantes de mão de obra especializada nessas regiões (KEMPTON, 2018).

Outro fator que ajuda a explicar a baixa interação entre universidade e empresas na região periférica é o surgimento de universidades desvinculadas da indústria, bem como a preferência dessas instituições em direcionar seus esforços para a pesquisa mais vinculada à excelência acadêmica, em vez de à pesquisa aplicada diretamente relacionada com as empresas. No Brasil, em específico, ainda existe uma desigualdade no esforço para a consolidação de bases de pesquisa no país, em que o empenho é maior por parte das universidades do que das empresas (TOLENTINO; RAPINI, 2016). Desse modo, tanto a quantidade insuficiente quanto a natureza frágil da interação entre universidades e empresas nas regiões periféricas contribuem para o pouco efeito na formação de inovação e no desenvolvimento local (ALMEIDA, L. M.; BASTOS, A. P.; & SANTOS, 2018).

Ainda assim, uma das principais características do Sistema Nacional de Inovação (SNI) brasileiro é a alta dissipação dos esforços de interação entre as esferas científica e tecnológica. Isso resulta em uma baixa capacidade de sustentar, a longo prazo, o processo de retroalimentação automática entre essas duas esferas, gerando um obstáculo no ciclo da inovação (SUZIGAN e ALBUQUERQUE, 2009). Mesmo com esses atributos presentes ao longo do território nacional, que decorrem, entre outros fatores, da baixa mobilização de pesquisadores para promover a inovação nos processos produtivos e da falta de iniciativa das empresas em se comprometer com um processo inovador constante, o SNI brasileiro encontra-se em um estágio intermediário de evolução. Isso ocorre porque existem "pontos de interação" locais e estaduais, onde o peso desses dois elementos é menos significativo devido à formação prévia dessas regiões. Como resultado, a inovação nessas áreas tem maior propensão a acontecer (SUZIGAN e ALBUQUERQUE, 2009). Um exemplo disso é o Sistema Regional de Inovação do Amazonas, que, muito por influência do Polo Industrial de Manaus (PIM), tornou-se um desses "pontos de interação" no país (DINIZ et al., 2013).

De acordo com o Plano de CT&I para o Desenvolvimento da Amazônia Legal (PCTI/Amazônia), até 2013, o Amazonas e o Pará concentravam cerca de 44% da população e do PIB regional e representavam 57% e 87% dos programas de mestrado e doutorado existentes na região. Além disso, os dois Estados retinham juntos 48,8% do pessoal técnico da Amazônia, fato que se deve ao PIM, no caso do Amazonas, e à existência de polos minero-metalúrgicos, no caso do Pará.

Em relação às empresas desses Estados, no que diz respeito ao esforço inovativo, produtos, processos e relacionamentos com agentes externos, ambas as regiões apresentam características típicas de ambientes periféricos. No entanto, existem variações nos resultados, influenciadas pela formação histórica e pela construção das competências geográficas de cada uma delas. A começar pela importância atribuída à pesquisa e inovação (P&D), tanto o Estado do Amazonas quanto o do Pará possuem uma trajetória de pouca relevância na formação de uma estrutura interna e externa de P&D. Isso ocorre porque a principal estratégia inovativa adotada nesses espaços é marginal, como, por exemplo, a aquisição de maquinários, o que sugere que essas empresas não costumam buscar agregar competências nem melhorar a competitividade por meio da obtenção de know-how. Com isso, elas se limitam aos conhecimentos codificados, restringindo as possibilidades de desenvolver formas de aprendizado mais sofisticadas, acarretando em dificuldades para absorver novas informações e, posteriormente, aplicá-las em bens e serviços comercializáveis (DINIZ et al, 2013; Andrade e Almeida, 2013.)

Quanto à importância atribuída ao esforço inovativo realizado pelas empresas nessas regiões, algumas diferenças entre os Estados são significativas. O Amazonas contribui com parte de sua produção para impulsionar inovações em produtos no país, por meio da implementação de atividades de P&D. Em contraste, no Pará, não há a mesma ênfase em iniciativas inovadoras, seja para o aprimoramento de processos ou produtos. Essa diferença pode ser explicada pelo PIM, que exerce uma forte influência sobre o perfil mais inovador do Estado, embora a inovação em processos no Amazonas ainda não acompanhe esse movimento (DINIZ et al., 2013; Andrade e Almeida, 2013).

Por fim, a relevância atribuída aos agentes externos, como as universidades, no que diz respeito

à fonte de informação, é predominantemente baixa, o que contribui para o enfraquecimento das relações entre as estruturas científicas e produtivas desses Estados. Isso impacta negativamente a capacidade dos SRIs dessas regiões de gerar inovação através da retroalimentação do ciclo virtuoso entre os ambientes empresarial e científico (SUZIGAN e ALBUQUERQUE, 2009), pois limita os fluxos de conhecimento e compromete os processos de aprendizado. De fato, o esforço inovativo por parte dessas empresas não está orientado pelo processo de troca com o ambiente, mas sim apoiado em incentivos governamentais, como políticas fiscais e outras medidas (DINIZ et al., 2013; Andrade e Almeida, 2013).

5. Colaboração entre Universidades, Institutos de Pesquisa e Empresas nos Estados do Amazonas e Pará

De acordo com o Diretório do Grupo de Pesquisas no Brasil (DGP) do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), a quantidade total de grupos de pesquisa nos estados do Pará e do Amazonas no censo de 2023 é de 1.215 e 752, respectivamente, o que corresponde a apenas 2,8% e 1,8% de todos os grupos do diretório em âmbito nacional. Esses números estão em conformidade com as incipientes estruturas produtiva e tecnológica da Região Norte, em comparação com as regiões mais desenvolvidas do país.

Dentro desse contexto, as relações bilaterais entre institutos de pesquisa e empresas (I-E) ou entre universidades e empresas (U-E) encontradas para os Estados são ambas inexpressivas, tanto pela pouca proporção de empresas participantes como porque a maioria destas limitam suas interações com apenas um único instituto ou universidade e, em boa parte casos, com apenas um único grupo de pesquisa. Para representar esse universo, a Tabela 1 abaixo exemplifica três situações:

1) a proporção dos grupos de pesquisa que se conformam dentro do relacionamento bilateral U-E ou I-E em comparação com a quantidade total de grupos em cada Estado;

2) A quantidade máxima de interações possíveis se cada uma das empresas, universidades e instituições cadastradas (em cada Estado) se relacionassem todas entre si apenas uma única vez segundo a configuração U-E ou I-E, um cenário utópico que está definido neste trabalho como “caso limite”. Isso significa que, nesse ambiente, não seria permitido que dois ou mais grupos de pesquisa de uma mesma instituição se relacionassem simultaneamente com uma mesma empresa (caso o grupo de origem seja cadastrado por uma universidade ou instituto), ou com uma mesma universidade ou instituto (caso o grupo de origem seja cadastrado por uma empresa). Em outras palavras, cada grupo de pesquisa de uma instituição deve se limitar a se relacionar apenas com outras instituições com as quais os grupos de pesquisa da mesma instituição de origem não tenham estabelecido nenhum relacionamento. Embora exista essa limitação, um grupo de pesquisa qualquer não é obrigado a se relacionar com apenas uma única instituição podendo haver múltiplos relacionamentos por parte dele.

3) As quantidades de interações do tipo U-E ou I-E que efetivamente ocorrem em cada Estado.

Tabela 1-Universo de interações de interesse entre grupos de pesquisa para os Estados do Amazonas e do Pará

Universo das interações U-E ou I-E		
Variáveis	Estados	
	Amazonas	Pará
Proporção de grupos com interação Interações U-E ou I-E	5,58%	3,45%
Interações U-E ou I-E possíveis	288	387
Interações U-E ou I-E efetivas	50	69

Fonte: elaboração própria com base nos dados dos grupos de pesquisa CNPq 2023.

A caracterização das relações bilaterais entre universidades, empresas e institutos foi feita segundo a orientação 'origem – destino' da interação registrada, ou seja, a instituição do grupo que fez o cadastro na base de dados em relação à instituição parceira com a qual mantém contato mútuo. Para o Amazonas, os dados do diretório dos grupos de pesquisa de 2023 demonstram que essas relações estão concentradas em 7 instituições, de um total de 25 instituições cadastradas. Segundo a base de dados,

essas sete instituições são compostas por três universidades, três institutos de pesquisa e uma empresa. Já para o estado do Pará, os dados mostram que as interações estão restritas a 8 instituições, de um total de 17 instituições cadastradas, sendo que esses atores são divididos em 5 universidades, 2 institutos e 1 empresa. As demais relações verificadas na base de dados são, principalmente, referentes às interações entre universidades e institutos de pesquisa entre si, além de outras combinações que não constituem interações de interesse para o estudo e, por isso, foram integralmente eliminadas da análise.

Dito isso, as redes que apresentam a real disposição das interações de interesse do Amazonas e do Pará foram construídas apenas com as informações verificadas na variável 'Interações U-E ou I-E efetivas'. Nesse ponto, é preciso destacar que as interações entre os atores 'Universidades', 'Empresas' e 'Institutos' podem ocorrer de duas formas: a primeira forma indica várias relações exclusivas entre atores diferentes, e a segunda, várias relações simultâneas entre os mesmos atores. Ambas as formas estão presentes nas interações tanto do Amazonas quanto do Pará. No entanto, como o foco deste trabalho é descrever as interações entre atores agregados, as interações apresentadas na rede também são vistas de forma macroscópica. Ou seja, apesar de ser possível existir várias interações simultâneas entre dois atores, isso será suprimido na visualização da rede, até mesmo para possibilitar comparações com o caso limite, no qual se pretende averiguar o quão discrepante a estrutura da rede de interações efetivas está da rede potencial.

Dessa maneira, se vários grupos de pesquisa (atores microscópicos) de um mesmo ator macroscópico (Universidade, Empresa ou Instituição) interagirem simultaneamente com outro ator macroscópico, a visualização na rede demonstra apenas uma única interação entre atores, ou seja, mesmo que as redes originais sejam multigrafos elas serão estudadas e representadas como grafos simples. Apesar dessa escolha comprometer a precisão dos resultados em algum nível, a variação nas estatísticas não é expressiva o suficiente para ocorrer perdas significativas nas análises desenvolvidas de forma que as conclusões em um ou outro caso são praticamente as mesmas quando é feita uma aproximação de multigrafos para grafos ponderados e, posteriormente, para grafos simples. A pouca complexidade das interações observadas é outro motivo que corrobora para essa escolha na apresentação dos resultados, deixando a visualização da rede mais limpa e as análises mais fáceis de compreender, dispensando explicações adicionais de subgrafos ponderados, métricas de similaridade entre estruturas diferentes de grafos etc.

Assim sendo, existem menos interações visíveis na rede do que as que de fato existem na base de dados (cerca de 12 conexões suprimidas no caso do Amazonas e 17 conexões suprimidas no caso do Pará), mas isso não se constitui em um empecilho para a análise proposta, já que o importante para os fins deste trabalho é representar principalmente os caminhos da estrutura da rede, ou seja, averiguar as possibilidades de trajeto para os fluxos de interação entre dois agentes quaisquer. Essa circunstância não muda com a supressão de conexões simultâneas, mas apenas com a eliminação de conexões exclusivas. Além disso, grupos de pesquisa cujas interações são representadas como conexões simultâneas compartilham a mesma posição e características dentro da rede e, por isso, terão as mesmas possibilidades de contatos dentro dela, fato que possibilita que essas relações sejam suprimidas e condensadas em uma única interação representativa.

Por fim, a base de dados utilizada neste trabalho possui algumas limitações para representar as interações entre universidades, institutos e empresas em cada estado. Primeiramente, nem todas as interações existentes nesses espaços estão registradas na base de dados, pois nem todas as relações acontecem por meio de grupos de pesquisa. Das que ocorrem por meio dos grupos de pesquisa cadastrados no Diretório do CNPq, o registro de relacionamento não é compulsório para os líderes desses grupos, o que implica uma redução na visibilidade das relações que realmente existem. Por último, o contato entre grupos de pesquisa e instituições está sendo utilizado como variável proxy para o tipo de interação que resulta em inovação, ou seja, esse contato será assumido como troca de conhecimentos (know-what, know-why, know-who e know-how) que contribui para o processo de aprendizado das empresas e a posterior realização da inovação nos Estados. A próxima seção apresenta o método de construção de redes utilizado.

6. Método Social Network Analysis (SNA)

Interações fazem parte de vários acontecimentos e fenômenos do mundo observável, seja no âmbito microscópico, natural ou social (Barabási, 2012; Newman, 2018). Nesse contexto, uma abordagem que tem se mostrado eficaz para estudar essas relações é o método de análise de redes, que utiliza a teoria dos grafos e a álgebra linear para desenvolver suas investigações.

A aplicação desse método em contextos sociais é conhecida na literatura como Social Network Analysis (SNA). A principal vantagem desse método é a capacidade de captar propriedades nos relacionamentos que nem sempre podem ser observadas por meio da descrição e da análise estatística convencional (Wasserman; Faust, 1994).

As representações padrão de redes são aquelas que envolvem grafos, matrizes e conjuntos para simbolizar os agentes (nós) e seus relacionamentos (arestas). Uma rede é, basicamente, uma composição de nós ligados entre si, sendo que essas conexões podem ser aleatórias ou não. Na representação matemática, um conjunto de nós de uma rede pode ser expresso, por exemplo, por $N = \{1, \dots, n\}$, e a interação entre os nós é representada por uma matriz quadrada “ $n \times n$ ” (matriz de adjacência), em que as entradas podem assumir valores binários “0” e “1”, sendo “0” a ausência de conexão e “1” o relacionamento entre os nós (Jackson, 2008).

Dentro do estudo de redes, existem diversas estatísticas que podem ser utilizadas para verificar a estrutura de interação da rede e, com isso, estudar o movimento de fluxos dentro dessa estrutura. A seguir, estão listadas algumas estatísticas e medidas de grafos, cujas descrições foram principalmente baseadas na obra de Cherven (2015), tendo em vista os algoritmos que serão utilizados na análise de rede posteriormente.

- **Centralidade de autovetores ou Eigenvector:** Essa é uma estatística autorreferenciada que busca quantificar a influência de um nó na rede, de acordo com a influência das suas conexões (JACKSON, 2008). Dois nós podem ter o mesmo grau, mas a influência de cada um é proporcional à soma da centralidade dos seus vizinhos, de modo que um nó pode ter alta centralidade seja por ter muitos vizinhos com centralidade modesta, seja por ter alguns vizinhos com centralidade alta (ou ambos). O resultado do cálculo dessa estatística é uma solução para um conjunto simultâneo de equações, que varia de 0 a 1 em um continuum, sendo valores próximos de 1 indicativos de alta centralidade de autovetor (JACKSON, 2008).
- **Centralidade de grau:** Indica a quantidade de conexões de um nó na rede. Mais relações ligadas a um nó indicam maior centralidade desse nó. O resultado é um valor numérico natural (CHERVEN, 2015).
- **Centralidade de intermediação:** Nós que possuem poucas ligações diretas, mas que funcionam como um ponto central entre áreas mais bem conectadas, pontuam alto nessa estatística devido ao papel de servirem como um canal de comunicação na rede, à semelhança de uma ponte conectando duas cidades (CHERVEN, 2015).
- **Comprimento médio do caminho:** Está relacionado com o diâmetro e fornece uma medida da eficiência de comunicação para uma rede, medindo o caminho mais curto possível entre todos os nós da rede. Um número total é calculado para a rede, com números mais baixos indicando que a rede é relativamente mais eficiente, e números médios e altos significando um gráfico relativamente ineficiente para o fluxo de informações. Essa medida não pode ultrapassar o diâmetro em valor (CHERVEN, 2015).
- **Conectividade:** É definida como o grau de robustez de um grafo, e pode ser medida pela divisão entre a quantidade de relações e a quantidade de nós. Redes com baixa conectividade são inerentemente frágeis, pois a remoção de um pequeno número de arestas serve para enfraquecer a rede e pode desconectar alguns atores. Redes pouco conectadas têm resultado menor que 1, e as com alta conectividade têm resultados maiores que 1 (CHERVEN, 2015).
- **Densidade:** A densidade é uma medida de quão estreitamente interconectada uma rede é. O cálculo se baseia na proporção de arestas em relação ao número possível de conexões. Uma rede com alto grau de agrupamento tenderá a ter uma baixa densidade (devido à falta de conexões além dos clusters locais), enquanto as redes que apresentam muita interação de nós entre si terão níveis de densidade mais altos.

O valor de retorno para essa estatística varia entre 1 e 0, com resultados para 1 sendo considerados de alta densidade e valores perto de zero como de baixa densidade (CHERVEN, 2015).

- **Diâmetro:** A conexão de um nó com outro possui distância igual a 1. A distância entre os dois nós mais afastados da rede é chamada de diâmetro da rede e é uma medida que pode ser usada para indicar a complexidade da rede, embora essa nem sempre seja uma associação garantida (CHERVEN, 2015).

- **Excentricidade:** Medida de um nó qualquer até o seu contato mais afastado na rede. Essa ideia se relaciona com o diâmetro, tanto em valor quanto em conceito. Primeiro, porque a distância máxima entre um ator qualquer e o seu contato mais afastado da rede possui valor máximo idêntico ao diâmetro. A excentricidade tem valor entre 1 e o valor do diâmetro, sendo que 1 significa pouca excentricidade e o próprio diâmetro significa alta excentricidade. Quanto menor a excentricidade, melhor para um ator específico difundir suas ideias, mesmo que possua poucas conexões diretas (CHERVEN, 2015).

- **Modularidade:** Avalia o número de agrupamentos distintos dentro de uma rede com base na força de seus relacionamentos. Os nós altamente conectados provavelmente acabam em um grupo comum. O resultado para essa função é um valor que varia entre 0 e 1, com 1 indicando altos níveis de modularidade e 0 baixos níveis (CHERVEN, 2015).

7. Aspectos gerais da rede de interação do Amazonas e do Pará

As instituições que representam os nós da rede do Amazonas e do Pará serão nomeados segundo suas siglas, conforme apresentado nos Quadro 1 e Quadro 2.

Quadro 1- Nomes e Siglas das Instituições, Empresas e Universidades da rede do Amazonas

Nome	Sigla
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária	EMBRAPA
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas	IFAM
Instituto Nacional de Pesquisas da Amazonia	INPA
Instituto de Inovação, Pesquisa, Desenvolvimento Científico e Tecnológico	IPDEC/AM
Universidade do Estado do Amazonas	UEA
Universidade Federal do Amazonas	UFAM
Universidade Nilton Lins	UNINILTON

Fonte: elaboração própria.

Quadro 2- Nomes e Siglas das Instituições, Empresas e Universidades da rede do Amazonas

Nome	Sigla
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária	EMBRAPA
Instituto Evandro Chagas	IEC
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará	IFPA
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte	IFRN
Instituto Tecnológico Vale	ITV
Universidade Estadual do Pará	UEPA
Universidade Federal do Pará	UFPA
Universidade Federal do Oeste do Pará	UFOPA
Universidade Federal do Rural da Amazônia	UFRA
Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará	UNIFESSPA

Fonte: elaboração própria.

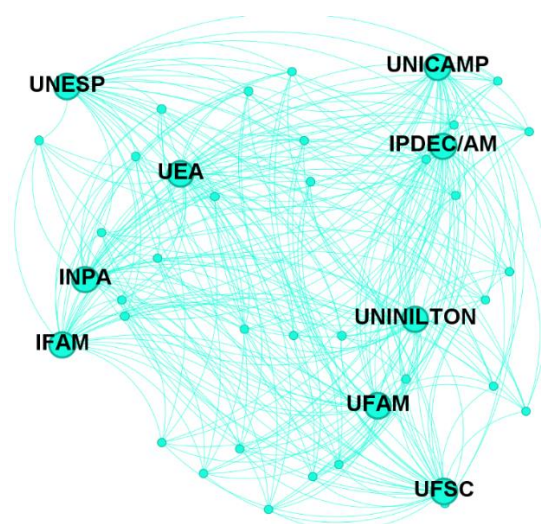
As redes de interação I – E ou E – U para os Estados do Amazonas e do Pará são exploradas em comparação com uma versão ideal do caso limite em que todas as empresas estabelecem conexão com todos os institutos de pesquisa e universidade, alcançando o potencial máximo para o caso ideal em que atores diferentes se relacionam entre si uma única vez. Posteriormente, são analisadas as possibilidades

de difusão e captura de informação e conhecimento que as redes efetivas dos Estados possuem e na capacidade que cada uma dessas configurações teriam de gerar inovação.

Para o Estado do Amazonas, as redes de caso limite e efetiva são apresentadas nas Figura 1 e Figura 2 abaixo, bem como as **Erro! Fonte de referência não encontrada.** e Tabela 3 contendo as estatísticas de rede em cada cenário. Para o Estado do Pará estas representações estão nas Figura 3- Rede de interações do Pará no caso limite Figura 3 e Figura 4, bem como nas Tabela 4 e Tabela 5.

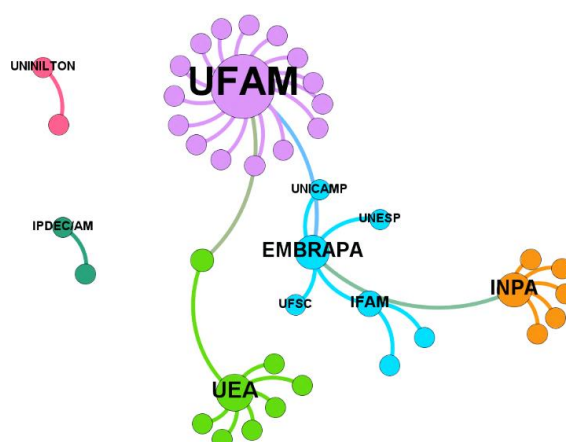
Na representação das redes a seguir optou-se por identificar apenas o nome das instituições e universidades e suprimir o nome das empresas, a exceção da empresa Embrapa, que é uma empresa com posição diferenciada dentro da rede além de ser a única empresa, dentro das relações de interesse U-E ou I-E, que cadastrou seus grupos de pesquisa no diretório de grupos tanto do Amazonas como do Pará. Assim, todos os nós não identificados por rótulos constituem em empresas que algum grupo de pesquisa relatou ter contato. Por fim, a rede do Amazonas é composta por um componente gigante, que concentra a quase totalidade das relações, e dois componentes periféricos que pouco contibuem para a difusão da informação na rede como um todo. O cenário no Pará é semelhante, sendo um componente gigante e um componente periférico.

Figura 1- Rede de interações do Amazonas no caso limite.



Fonte: elaboração própria.

Figura 2- Rede de interações efetivas do Amazonas.



Fonte: elaboração própria.

Tabela 2- Estatísticas da rede para o caso limite do Amazonas.

REDE DO AMAZONAS NO CASO LIMITE	
ESTATÍSTICA	RESULTADO
comprimento médio do caminho	1,649
conectividade	7,02
densidade	0,351
diâmetro da rede	2
modularidade	0

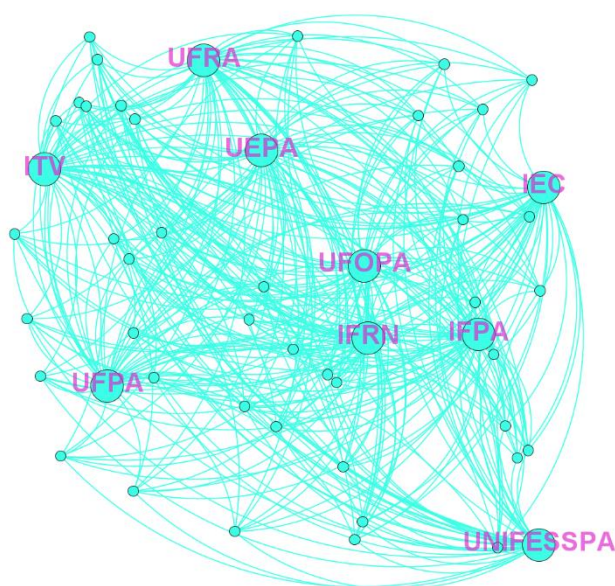
Fonte: elaboração própria.

Tabela 3-Estatísticas da rede para o caso efetivo do Amazonas

REDE DO AMAZONAS NO CASO EFETIVO	
ESTATÍSTICA	RESULTADO
comprimento médio do caminho	3,234
conectividade	0,92
densidade	0,046
diâmetro da rede	6
modularidade	0,649

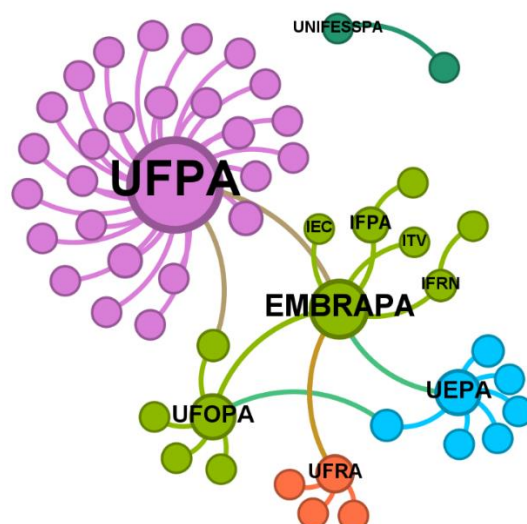
Fonte: elaboração própria.

Figura 3- Rede de interações do Pará no caso limite



Fonte: elaboração própria

Figura 4- Rede de interações efetivas do Pará



Fonte: elaboração própria.

Tabela 4-Estatísticas da rede para o caso limite do Pará

REDE DO PARÁ NO CASO LIMITE	
ESTATÍSTICA	RESULTADO
comprimento médio do caminho	1,708
conectividade	7,44
densidade	0,292
diâmetro da rede	2
modularidade	0

Fonte: elaboração própria

Tabela 5-Estatísticas da rede para o caso efetivo do Pará

REDE DO PARÁ NO CASO EFETIVO	
ESTATÍSTICA	RESULTADO
comprimento médio do caminho	2,909
conectividade	1
densidade	0,039
diâmetro da rede	4
modularidade	0,556

Fonte: elaboração própria

As figuras indicam a rede como um todo, mas também seus grupos integrantes, pela diferenciação de cor (modularidade) e a proporção de conexões dos atores pelo tamanho dos nós (grau). Ou seja, quanto mais relações um nó tem, maior a sua magnitude. Na comparação de cada rede potencial com a rede efetiva de cada estado, e analisando primeiramente o caso do Amazonas, é possível perceber que as relações efetivas estão muito aquém de completar a rede com todas as possibilidades de interação disponíveis, dada a quantidade existente de empresas, universidades e institutos de pesquisa. De fato, a rede efetiva representa apenas 13,19% das combinações da rede potencial no caso limite.

Além disso, a densidade da rede potencial é baixa em relação à rede global dos grupos de pesquisa para o Amazonas (0,351), o que indica que existem poucas conexões, mesmo no caso ideal, entre universidades, institutos e empresas. Esse fato é ainda confirmado pela baixíssima densidade da rede efetiva (0,046), que não completa nem 1% da quantidade de interações globais possíveis. As demais

estatísticas servem para mostrar o quão distante a rede efetiva está do seu potencial, fato que pode ser observado principalmente pela diferença entre as medidas de conectividade, em que a rede potencial supera a efetiva em cerca de 250 conexões a mais. Por ser mais bem conectada, o diâmetro da rede potencial é menor, enquanto a rede efetiva alcança todo o diâmetro. Obviamente, o comprimento médio do caminho também é maior na rede efetiva, e a informação percorre maior distância, dificultando o fluxo da rede. A modularidade nula da rede potencial é uma prova da sua conexão absoluta, em que todos os atores estão conectados igualmente entre si. Já para a rede efetiva, existe mais assimetria do que uniformidade na conexão dos nós.

Os atores que concentram conexões são a UFAM (grau 15), a UEA (grau 6), seguidas do INPA (grau 5) e da Embrapa (grau 4). Todas essas instituições estão presentes dentro do mesmo agrupamento (componente gigante) na rede, concentrando cerca de 90,24% dos nós e 94,74% das interações. Dessa forma, as estatísticas desse componente em si são basicamente as mesmas da rede como um todo, com apenas mudanças sensíveis nos valores, que variam positivamente entre 1% e 17%, aproximadamente, exceto pela modularidade, que se reduz em quase 7% devido à desconsideração dos componentes periféricos no cálculo. De qualquer forma, para o componente gigante, a estatística de densidade é a que mais sofre variação positiva (17%), o que, acompanhado com a redução da modularidade, implica em melhor comunicação entre os atores, se comparada com o resto da rede. Quanto aos componentes periféricos (9,76% dos nós e 5,24% das interações), sua disposição na rede permite uma comunicação eficaz porque é direta, mas isso se deve mais à simplicidade do que à eficiência dessas estruturas.

Por sua vez, para as redes potencial e efetiva do Pará, é possível verificar um comportamento parecido com o que ocorre nas redes do Amazonas. Para esse estado, a rede efetiva completa apenas 13,43% das interações possíveis da rede potencial no caso limite, dada a quantidade existente de empresas, universidades e institutos de pesquisa. Conforme esperado, a densidade da rede potencial também é baixa em relação à rede global dos grupos de pesquisa para o Pará (0,292), e ainda menor se comparada ao caso do Amazonas. Isso se deve ao fato de que a rede global de ciência e tecnologia do Pará é mais robusta que a do Amazonas, possuindo mais institutos e universidades participantes e, por consequência, mais interações possíveis, tornando a rede de caso limite menor em comparação, mesmo que esta possua mais interações absolutas em relação à rede amazonense.

A baixa densidade da rede efetiva paraense (0,039) confirma que existem pouquíssimas relações entre universidades, empresas e institutos no Pará, já que essa estatística está distante do caso potencial, que por si só também é baixa. Quanto às demais métricas, os resultados mostram o vácuo de realização da rede efetiva em comparação com a potencial, assim como no caso do Amazonas. A diferença na medida de conectividade é a mais acentuada, com uma diferença de 6,44 nessa estatística, o que corresponde à falta de 335 interações para que a rede efetiva atinja a potencial. Logicamente, o diâmetro da rede potencial de 2 é menor que o da efetiva devido ao montante de conexões, ou seja, os nós mais afastados da rede efetiva enfrentam maior distância para alcançar todos os atores da rede, cerca do dobro do valor ótimo do caso potencial. Esse fato encontra paralelo na maior medida na rede efetiva, dificultando o fluxo da rede. Assim como no caso do Amazonas, a modularidade para a rede potencial do Pará é nula, porque todas as conexões possíveis se realizam. A rede efetiva, em contraste com esse cenário ótimo, pontua em 0,556 nessa medida, ou seja, a maioria das conexões está concentrada em agrupamentos e não entre eles.

Nessas condições, a rede efetiva paraense conta com dois componentes: um componente gigante e um componente periférico. O primeiro agrupamento (componente gigante) tem participação de 96,15% dos nós e 98,515% das interações da rede, em comparação com 3,85% dos nós e 1,49% das interações do componente periférico. O componente gigante concentra 8 de 9 atores, e todos com as maiores concentrações de conexões, e por isso, suas estatísticas são muito semelhantes às da rede total, com variações positivas entre 2% e 38%, exceto pela modularidade, que teve uma redução de 7,78% devido à supressão do componente periférico no cálculo.

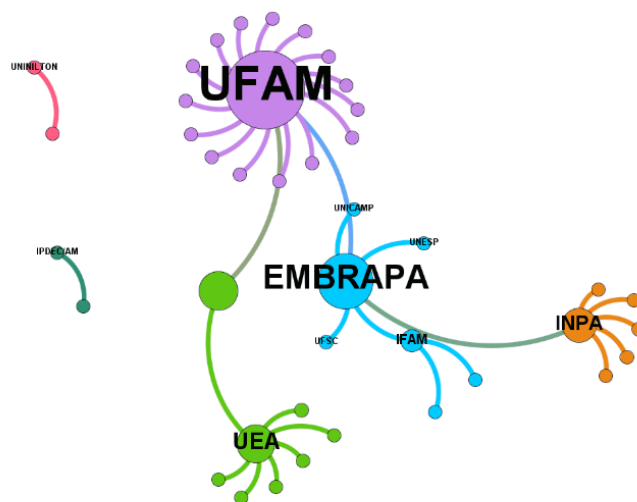
A estatística de densidade é a que mais sofre variação no componente gigante, com uma mudança de 38%, que, juntamente com a redução da modularidade, indica um melhor fluxo de comunicação entre os atores, se comparado com a rede como um todo. Os componentes periféricos correspondem a apenas 3,85% dos nós e 1,49% das interações, sendo sua comunicação eficaz devido à simplicidade de sua estrutura.

As duas redes efetivas são parecidas em tamanho e disposição, sendo a rede do Pará maior e mais bem conectada do que a rede do Amazonas. Portanto, é mais provável que o fluxo de conhecimento entre os atores da rede paraense tenha mais impulso para gerar inovação, considerando apenas essa estrutura, do que a rede amazonense. Além disso, para essas duas redes, mesmo que todos os atores estejam conectados a algum outro participante, a maioria mantém contato apenas com poucos integrantes da rede e, em alguns casos, com apenas um único integrante. Esse último fato denuncia a baixa conectividade no Amazonas e no Pará, de modo que a supressão de poucas relações pode excluir membros da rede. Somado a isso, as interações estão concentradas em poucos atores (redes com alto grau de centralidade), de forma que a saída de um desses atores, juntamente com a baixa conectividade, indicaria a exclusão de muitos atores de uma só vez.

Como consequência, a capacidade de difusão de conhecimento a partir de um ator qualquer para toda a rede fica comprometida drasticamente. Essa estrutura de rede do Amazonas e do Pará pode ser explicada, em parte, pela pouca maturidade das instituições de ciência e tecnologia nesses estados.

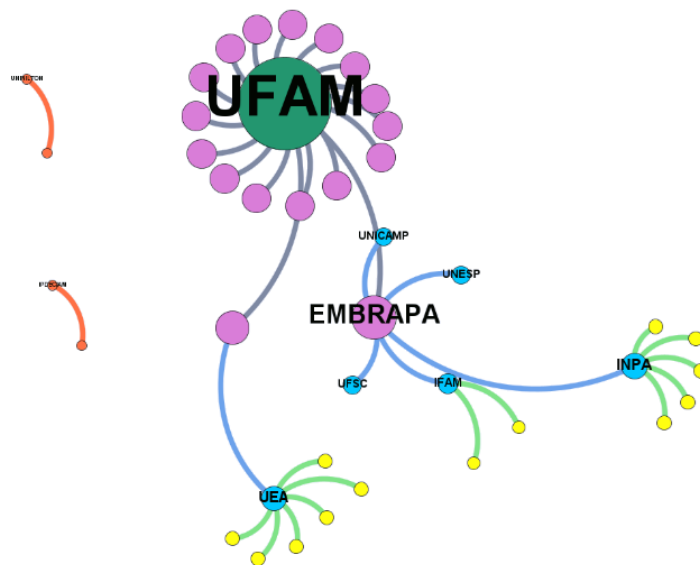
Analisando somente as redes efetivas a partir desse ponto, serão analisadas as estatísticas de centralidade de intermediação, centralidade de autovetor e excentricidade. As figuras 5 e 6 demonstram como essas métricas podem ser visualizadas para a rede do Amazonas. Para as figuras de centralidade de intermediação, as cores representam a modularidade, e o tamanho dos nós reflete a importância daquele ator em ser um canal entre áreas bem conectadas. Para as figuras de centralidade de autovetor e excentricidade, as cores representam a medida de excentricidade, e o tamanho dos nós reflete os intervalos de centralidade de autovetor.

Figura 5- Centralidade de intermediação para a rede do Amazonas



Fonte: elaboração própria

Figura 6- Centralidades de autovetor e excentricidade para a Rede do Amazonas



Fonte: elaboração própria

No caso do Amazonas, é possível perceber que o grau de conexões de cada nó não se associa diretamente à sua centralidade de intermediação. Esse é o caso da empresa em verde, que conecta a UFAM e a UEA, e que possui apenas duas conexões, mas que, caso fossem suprimidas, deixariam essas duas regiões incomunicáveis. A maior centralidade de intermediação se concentra na UFAM (15 interações), seguida da Embrapa (4 interações), da empresa em verde (2 interações), da UEA (6 interações), do INPA (5 interações), do IFAM (3 conexões) e dos demais nós, com uma única conexão. Essa disposição mostra que os atores com maior centralidade de intermediação são aqueles que conectam áreas modulares diferentes, ou os que concentram conexões, ou ambos. Dessa forma, atores que tenham contato direto com esses canais podem captar e difundir informações na rede mais facilmente.

Para a excentricidade no caso do Amazonas, as cores demonstram os cinco níveis de excentricidades encontrados: amarelo (excentricidade 6), azul (excentricidade 5), rosa (excentricidade 4), verde (excentricidade 3) e laranja (excentricidade 1). O autovetor para esses nós não necessariamente coincide com essas excentricidades.

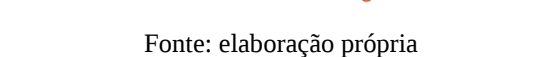
Começando pelos atores em amarelo, a excentricidade coincide com o diâmetro dessa rede, ou seja, estes estão na margem, o que significa que a apropriação ou divulgação de uma informação por esses nós deve percorrer a trajetória máxima para ser realizada. Além disso, a centralidade de autovetor é baixa para esses atores, que possuem conexão única com atores de importância mediana. Ou seja, a capacidade de afetar os fluxos da rede para os atores em amarelo é uma das menores, superando apenas a centralidade de autovetor dos atores em laranja. Esses atores de excentricidade 1 só podem influenciar sua conexão direta e estão alheios à apropriação de informações e tecnologias vindas do componente gigante.

Os atores em azul possuem uma centralidade de autovetor modesta, seja porque suas relações estão em quantidade razoável, seja porque se relacionam diretamente com atores medianamente influentes, ou ambos, como no caso da UEA e do INPA, que são os atores com maior capacidade de influenciar o fluxo da rede para essa faixa de autovetor. A excentricidade 5 desses atores, porém, dificulta o potencial de difusão de conhecimentos próprios para a rede como um todo ou a apropriação de informações quando a origem está nos confins da rede.

Os atores com excentricidade 4 possuem três níveis de centralidade de autovetor. O primeiro tipo são os atores que se relacionam unicamente com a UFAM, ou seja, sua capacidade de influenciar a rede

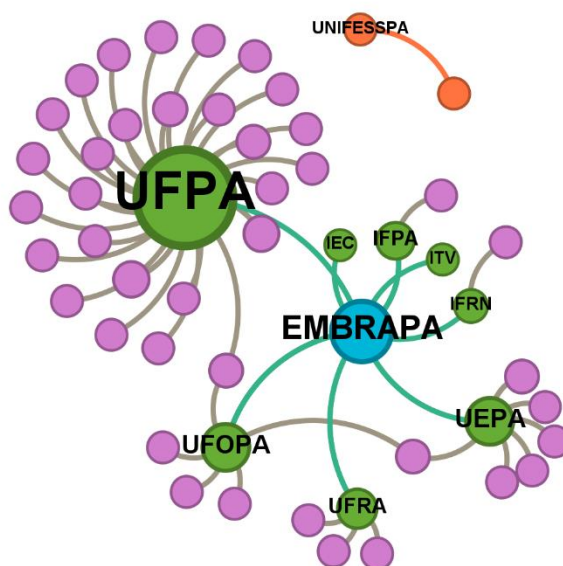
Por último, a UFAM é o ator com maior influência, e sua excentricidade 3 permite alcançar a maioria dos atores mais importantes com facilidade, porque boa parte deles está a dois níveis de excentricidade. A importância desse ator se deve às múltiplas conexões diretas, sendo parte delas com outros nós influentes. Quanto à difusão e apropriação no fluxo da rede, essa é a melhor posição para propagar uma informação e capturar impulsos originados por outros atores. Além disso, atores que estão a três níveis de excentricidade da UFAM, apesar de muitos, são os menos influentes dentro dos três níveis de excentricidade da UFAM, de forma que é mais provável que esses atores sejam mais influenciados pela UFAM do que o contrário.

Figura 7- Centralidade de intermediação para a rede do Pará



Fonte: elaboração própria

Figura 8- Centralidades de autovetor e excentricidade para a Rede do Pará



Fonte: elaboração própria

No caso do Pará, ao analisar as estatísticas de centralidade de intermediação e modularidade, é possível perceber que os atores que mais se destacam como canais de mediação são a UFPA e a Embrapa. A UFPA, por possuir a maior quantidade de interações, é naturalmente um canal de divulgação para a sua vizinhança. A Embrapa, apesar de ter menos conexões (grau 5), encontra-se em uma posição estratégica, pois conecta e serve de caminho para várias regiões diferentes da rede. Dessa forma, a supressão desse ator implicaria na desconexão de outros atores da rede. As empresas em verde e azul, que conectam a UFOPA com a UFPA e a UEPA com a UFOPA, respectivamente, também funcionam como canais de intermediação; no entanto, suas poucas conexões contribuem para a menor relevância na rede. A supressão dessas relações não desconectaria nenhum grupo. Portanto, a UFPA e a Embrapa são fundamentais para a transmissão e divulgação de informações nessa rede.

A excentricidade da rede paraense é dividida em quatro níveis, representados pelas cores rosa (excentricidade 4), azul (excentricidade 2), verde (excentricidade 3) e laranja (excentricidade 1). Os atores em laranja, à semelhança do que ocorre na rede do Amazonas, não possuem vínculo com o componente gigante e, portanto, têm uma influência limitada, sendo relevante apenas para sua conexão direta. Assim, mesmo com a comunicação facilitada pela excentricidade 1, esses atores pontuam com o menor valor na centralidade de autovetor.

Os atores em verde possuem diferentes níveis de centralidade, sendo a UFPA a que se destaca mais entre eles devido à quantidade de conexões diretas e, especialmente, à conexão direta com a Embrapa, que é o segundo ator mais influente após a UFPA. Os demais atores em verde apresentam variações sensíveis na centralidade de autovetor, destacando-se a UEPA, UFOPA e a UFRA, por possuírem uma série de conexões diretas, além da Embrapa. A excentricidade 3 desses atores corresponde a quase toda a extensão do diâmetro da rede, de modo que a difusão e apreensão de informações por esses atores precisam percorrer quase toda a rede para se concretizarem.

A Embrapa é o único nó com excentricidade 2 na rede e ocupa a posição de segundo ator mais bem relacionado, com a segunda maior centralidade de autovetor. Isso ocorre porque a Embrapa se conecta diretamente com todas as instituições (exceto a Unifesspa), o que implica uma grande capacidade de propagação de suas ideias e absorção de informações na rede. Todos os atores do componente gigante precisam alcançar a Embrapa para atingir os confins da rede, e a Embrapa, paralelamente, precisa percorrer menor distância para alcançar esses mesmos pontos.

Por fim, os atores em rosa possuem excentricidade 4 e, portanto, uma informação originada nesses pontos deve percorrer toda a rede para ser divulgada, sendo a mesma condição para a apreensão de informações que se iniciem nos confins da rede. Quanto aos valores de autovetor, as variações são mínimas, o que significa que esses atores não possuem uma influência relativa tão grande na rede quando

comparados aos demais.

8. Conclusão

O trabalho buscou analisar os sistemas regionais de inovação do Amazonas e do Pará por meio das interações bilaterais entre universidades, instituições de pesquisa e empresas nesses estados, a fim de verificar se esses relacionamentos seriam do tipo que impulsionam o desenvolvimento local. Esse objetivo foi atendido por meio da análise de rede das interações, na tentativa de constatar a capacidade de difusão de inovação do sistema. Posteriormente, os resultados foram contrastados com a descrição da revisão da literatura para avaliar a repercussão no desenvolvimento local.

O trabalho verificou que ambas as redes potenciais são ínfimas em comparação com a totalidade das interações globais dos grupos de pesquisa de cada estado. Destas, as interações efetivas são ainda menores, de modo que a possibilidade de inovação gerada pela circulação do conhecimento tácito na rede e a posterior capacidade de inovação decorrente dessa circulação são inibidas principalmente pela pouca quantidade de atores capazes de impulsionar esse movimento. Além disso, esses atores são, na maioria, muito desnivelados entre si, sendo que poucos concentram toda a capacidade de gerar inovação, enquanto a maioria tem um impulso menos eficaz nas redes em que atuam. Tanto no Amazonas quanto no Pará, os atores que mais se destacam como potenciais difusores de conhecimento são as universidades, o que não é ideal para o tipo de desenvolvimento baseado em inovação, em que as empresas, como conjunto, deveriam ser as protagonistas desse processo.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, Eduardo; CARIO, Silvio Antonio Ferraz; SUZIGAN, Wilson. Em busca da inovação: interação universidade-empresa no Brasil. Autêntica, 2017.

ANDRADE, MICHEL CLEITON GUERREIRO DE; ALMEIDA, Leandro Moraes de. REDES DE INTERAÇÃO NO SISTEMA REGIONAL DE INOVAÇÃO DO ESTADO DO PARÁ.. In: Anais do VII Encontro Nacional de Economia Industrial e Inovação (ENEI). Anais...Porto Alegre(RS) ABEIN, 2023. Disponível em: <https://www.even3.com.br/anais/vii-enei/643058-REDES-DE-INTERACAO-NO-SISTEMA-REGIONAL-DE-INOVACAO-DO-ESTADO-DO-PARA>. Acesso em: 21/03/2025

ANDRADE, MICHEL CLEITON GUERREIRO DE; ALMEIDA, Leandro Moraes de. Atores e agentes de difusão da inovação no estado do Pará: caracterização do seu sistema regional de inovação. In: Anais do VII Encontro Nacional de Economia Industrial e Inovação (ENEI). Anais...Porto Alegre(RS) ABEIN, 2023. Disponível em: <https://www.even3.com.br/anais/vii-enei/643058-REDES-DE-INTERACAO-NO-SISTEMA-REGIONAL-DE-INOVACAO-DO-ESTADO-DO-PARA>. Acesso em: 21/03/2025

ASHEIM, B. T. Regional innovasjonssystemer-en sosialt og territorielt forankret teknologi-politikk, I Nordisk Samfunnsgeografisk Tidsskrift nr. 20. 1995.

ASHEIM, Bjørn T.; GERTLER, Meric S. The geography of innovation: regional innovation systems. 2006.

ASHEIM, Bjørn T.; ISAKSEN, Arne. Location, agglomeration and innovation: Towards regional innovation systems in Norway?. **European planning studies**, v. 5, n. 3, p. 299-330, 1997.

CAPES. Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. Disponível em: <https://www.capes.gov.br>. Acesso em: 11 jan. 2025.

CASTRO ET AL. O papel da terceira missão em regiões periféricas: o caso do apoio da Universidade Federal do Pará ao Plano Nacional de Formação dos Professores da Educação Básica (2009-2015). In:

SERRA, Maurício Aguiar; ROLIM, Cássio; BASTOS, Ana Paula (Orgs.). *Universidades e desenvolvimento regional: as bases para a inovação competitiva*. Rio de Janeiro: Ideia D, 2018. p. 291-317.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS – CGEE. *Plano de ciência, tecnologia e inovação para o desenvolvimento da Amazônia Legal*. Brasília: CGEE, 2013. Disponível em: https://www.cgee.org.br/documents/10195/734063/PCTIAmazonia_mio_lo_impressao_Web_9526.pdf/063fc289-7420-429b-ace7-025fcc7b42d7?version=1.5. Acesso em: 09 jan. 2025.

CHERVEN, Ken. *Mastering Gephi network visualization*. Packt Publishing Ltd, 2015.

CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO (CNPQ). Disponível em: <<<http://www.cnpq.gov.br>>>. Vários acessos.

COOKE, Philip. Regional innovation systems, clusters, and the knowledge economy. *Industrial and corporate change*, v. 10, n. 4, p. 945-974, 2001.

COOKE, Philip. Regional innovation systems: competitive regulation in the new Europe. **Geoforum**, v. 23, n. 3, p. 365-382, 1992.

COOKE, Philip; URANGA, Mikel G.; ETXEBARRIA, Goio. Regional systems of innovation: an evolutionary perspective. *Environment and planning A*, v. 30, n. 9, p. 1563-1584, 1998.

DA COSTA, Arthur Phillip Alberth Marques; FARIAS, Hilder André Bezerra; DINIZ, Márcia Jucá Teixeira. Sistema Regional de Inovação: uma análise sobre os estados do Pará e do Amazonas. *Cadernos CEPEC*, v. 9, n. 2, 2021.

DE ALMEIDA, Leandro Moraes; BASTOS, Ana Paula Vidal; DOS SANTOS, Ricardo Bruno Nascimento. Desempenho inovativo na dinâmica da interação universidade e empresa: análise comparativa entre Amazônia Legal e demais regiões do Brasil. Estudos de caso da interação universidade-empresa no Brasil, p. 299, 2018.

DE ROLT, Carlos Roberto; DIAS, Júlio da Silva; PEÑA, Francisco Tiago Garcia. Análise de redes como ferramenta de gestão para empreendimentos interorganizacionais. **Gestão & Produção**, v. 24, n. 2, p. 266-278, 2017

DINIZ, Márcia Jucá Teixeira; DINIZ, Marcelo Bentes; ARAÚJO, Francisco Sérgio Silva. Construção do Sistema Regional de Inovações do Estado do Amazonas a partir do Pólo Industrial de Manaus: histórico e resultados. *ECONOMIA & TECNOLOGIA*, p. 101, 2013.

DOLOREUX, D.; HOMMEN, D. Is the regional innovation system concept at the end of its life cycle. In: *Conference Innovation in Europe: Dynamics, Institutions and Values*, Roskilde University, Denmark, 2003.

DOLOREUX, David. What we should know about regional systems of innovation. *Technology in society*, v. 24, n. 3, p. 243-263, 2002.

EDQUIST, Charles et al. *Systems of innovation: technologies, institutions and organizations*. London: Pinter, 1997.

EDQUIST, Charles. Reflections on the systems of innovation approach. *Science and public policy*, v. 31, n. 6, p. 485-489, 2004.

FREEMAN, Chris. The ‘National System of Innovation’ in historical perspective. *Cambridge Journal of economics*, v. 19, n. 1, p. 5-24, 1995.

GARCIA, R. et al. Efeitos da interação universidade-empresa sobre a inovação e o desenvolvimento regional. In: SERRA, Maurício; ROLIM, Cássio; BASTOS, Ana Paula (Orgs.). *Universidades e desenvolvimento regional: as bases para a inovação competitiva*. Rio de Janeiro: Ideia D, 2018. Cap. 6,

p. 189-214.

GARCIA, R. Geografia da Inovação. In: RAPINI, M. S.; SILVA, L. A. S.; ALBUQUERQUE, E. DA M. (Orgs.). *Economia da ciência, tecnologia e inovação – Fundamentos teóricos e a economia global*. 1. ed. Curitiba: Prismas, 2017. p. 622.

GARCIA, Renato et al. Sistemas Regionais de Inovação: fundamentos conceituais, aplicações empíricas, agenda de pesquisa e implicações de políticas. *IE-UNICAMP, Texto para Discussão*, 2020.

GERTLER, Meric S. A cultural economic geography of production. **K. Anderson, M. Domosh, S. Pile and N. Thrift (eds)**, p. 131-46, 2003.

GERTLER, Meric S. Tacit knowledge and the economic geography of context, or the undefinable tacitness of being (there). *Journal of economic geography*, v. 3, n. 1, p. 75-99, 2003.

GILLY, Jean-Pierre; TORRE, André. Proximity relations. Elements for an analytical framework. *Industrial networks and proximity*, p. 1-16, 2000.

JACKSON, Matthew O. et al. *Social and economic networks*. Princeton: Princeton University Press, 2008.

JENSEN, Morten Berg et al. Forms of knowledge and modes of innovation. In: *The learning economy and the economics of hope*, v. 155, 2007.

JOHNSON, B.; LUNDVALL, Bengt-Ake. Promovendo sistemas de inovação como resposta à economia do aprendizado crescentemente globalizada. In: ARROIO, Ana; CASSIOLATO, José Eduardo; LASTRES, Helena M. M. (Orgs.). *Conhecimento, sistemas de inovação e desenvolvimento*. Rio de Janeiro: Editora UFRJ; Contraponto, 2005. p. 83-130.

JOHNSON, Bjørn Harold. Institutional learning. In: *Institutional Learning*. London: Pinter Publishers, 1992. p. 23-44.

KEMPTON, L. Solução milagrosa ou o ouro dos tolos? O papel das universidades nos sistemas regionais de inovação. In: SERRA, M.; ROLIM, C.; BASTOS, A. P. (Orgs.). *Universidades e desenvolvimento regional: as bases para a inovação competitiva*. Rio de Janeiro: Ideia D, 2018. Cap. 2, p. 53-83.

Laursen, K., & Salter, A. (2006). Open for Innovation: The Role of Openness in Explaining Innovation Performance Among U.K. Manufacturing Firms. *Strategic Management Journal*, 27(2), 131-150.

LUNDVALL, B. A.; JOHNSON, Björn. The learning economy. In: *The Learning Economy and the Economics of Hope*, v. 107, 1994.

LUNDVALL, Bengt-Ake et al. *National systems of innovation: towards a theory of innovation and interactive learning*. Pinter: London, 1992.

MOULAERT, Frank; SEKIA, Farid. Territorial innovation models: a critical survey. *Regional studies*, v. 37, n. 3, p. 289-302, 2003.

NELSON, R.; WINTER, S. *An Evolutionary Theory of Economic Change*, Cambr. 1982.

NELSON, Richard R. (Ed.). *National innovation systems: a comparative analysis*. Oxford: Oxford University Press, 1993.

NELSON, Richard R.; WINTER, Sidney G. *An evolutionary theory of economic change*. harvard university press, 1985.

NEWMAN, Mark. *Networks*. Oxford: Oxford University Press, 2018.

PORTO, Geciane Silveira et al. Rede de interações universidade-empresa no Brasil: uma análise de redes sociais. *Revista de Economia*, v. 37, n. 4, p. 51-84, 2011.

POSSAS, M. L. Concorrência Schumpeteriana. In: KUPFER, David. Economia industrial: fundamentos teóricos e práticos no Brasil. Rio de Janeiro: Elsevier, 2002.

RAPINI, Márcia Siqueira. O Diretório dos Grupos de Pesquisa do CNPq e a interação universidade-empresa no Brasil: uma proposta metodológica de investigação. *Revista de Economia Contemporânea*, Rio de Janeiro, v. 11, p. 99-117, 2007.

REDDING, Stephen; VENABLES, Anthony J. Economic geography and international inequality. *Journal of international Economics*, v. 62, n. 1, p. 53-82, 2004.

RUFFONI, Janaina; DE MELO, Aurélia Adriana; SPRICIGO, Gisele. Universidade: trajetória e papel no progresso tecnológico. *Economia da ciência, tecnologia e inovação: fundamentos teóricos ea economia global*, 2021.

STORPER, Michael; VENABLES, Anthony J. Buzz: face-to-face contact and the urban economy. *Journal of economic geography*, v. 4, n. 4, p. 351-370, 2004.

SUZIGAN, W.; ALBUQUERQUE, E. A interação entre universidade e empresas em perspectiva histórica no Brasil. In: ALBUQUERQUE, E.; CAIRO, M.; SUZIGAN, W. *Em busca da inovação: interação universidade-empresa no Brasil*. Belo Horizonte: Autêntica, 2009. p. 17-44.

TOLENTINO, Camila Maria de Andrade; RAPINI, Márcia Siqueira; "INFRAESTRUTURAS DE C&T NO BRASIL E PADRÕES DE ESPECIALIZAÇÃO COM BASE NO CONHECIMENTO", p. 653-672. In: *Anais do 1º Encontro da Nacional de Economia Industrial e Inovação [Blucher Engineering Proceedings, v.3 n.4]*. São Paulo: Blucher, 2016.

TSAI, W. (2001). Knowledge Transfer in Intraorganizational Networks: Effects of Network Position and Absorptive Capacity on Business Unit Innovation and Performance. *Academy of Management Journal*, 44(5), 996-1004.

WASSERMAN, Stanley; FAUST, Katherine. *Social network analysis: methods and applications*. 1. ed. New York: Cambridge University Press, 1994.