UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ARTES, CIÊNCIAS E HUMANIDADES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MODELAGEM DE SISTEMAS
COMPLEXOS

LAM CHONG HANG LEE

**Análise da produção de patentes utilizando redes complexas: estudo de caso
das patentes de inventores brasileiros na USPTO**

São Paulo

2019

LAM CHONG HANG LEE

**Análise da produção de patentes utilizando redes complexas: estudo de caso
das patentes de inventores brasileiros na USPTO**

Versão corrigida

Dissertação apresentada à Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências pelo Programa de Pós-graduação em Modelagem de Sistemas Complexos.

Versão corrigida contendo as alterações solicitadas pela comissão julgadora em 18 de fevereiro de 2019. A versão original encontra-se em acervo reservado na Biblioteca da EACH/USP e na Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da USP (BDTD), de acordo com a Resolução CoPGr 6018, de 13 de outubro de 2011.

Área de concentração: Sistemas Complexos

Orientador: Prof. Dr. Esteban Fernandez Tuesta

São Paulo

2019

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

CATALOGAÇÃO-NA-PUBLICAÇÃO

(Universidade de São Paulo. Escola de Artes, Ciências e Humanidades. Biblioteca)
CRB-8 4936

Lam, Chong Hang Lee

Análise da produção de patentes utilizando redes complexas:
estudo de caso das patentes de inventores brasileiros na USPTO /
Lam Chong Hang Lee ; orientador, Esteban Fernandez Tuesta. –
2019.

119 f : il.

Dissertação (Mestrado em Ciências) - Programa de Pós-
Graduação em Modelagem de Sistemas Complexos, Escola de
Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo.
Versão corrigida

1. Inovações tecnológicas - Brasil - 1976-2018. 2. Patente
de invenção - Brasil - Produção - 1976-2018 - Modelos. 3.
Redes complexas. I. Fernandez Tuesta, Esteban, orient. II.
Título.

CDD 22.ed.– 507.20981011

Dissertação de autoria de Lam Chong Hang Lee, sob o título **Análise da produção de patentes utilizando redes complexas**: estudo de caso das patentes de inventores brasileiros na USPTO, apresentada à Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Ciências pelo Programa de Pós-graduação em Modelagem de Sistemas Complexos, na área de concentração Sistemas Complexos, aprovada em 18 de fevereiro de 2019 pela comissão julgadora constituída pelos doutores:

Prof. Dr. Esteban Fernandez Tuesta

Instituição: EACH - USP

Presidente

Prof. Dr. Marcelo de Souza Lauretto

Instituição: EACH - USP

Prof. Dr. Luciano Antonio Digiampietri

Instituição: EACH - USP

Profa. Dra. Eva Yamila da Silva Catela

Instituição: PPGEco - UFSC

Resumo

LAM, Chong Hang Lee. **Análise da produção de patentes utilizando redes complexas**: estudo de caso das patentes de inventores brasileiros na USPTO. 2019. 119 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019.

A questão de como uma economia baseada em inovação emerge é um tema já anteriormente discutido. Do ponto de vista lógico, existem fortes razões para acreditar que os países têm maior probabilidade de inovar em setores tecnologicamente relacionados àqueles que atualmente já inovam. Entender os mecanismos por trás da criação e transferência de tecnologias exige que se pense não apenas em uma dimensão quantitativa, mas também nas mudanças qualitativas por trás de todo esse processo. Para se manterem competitivos no longo prazo, os países dependem de sua capacidade de criar e desenvolver setores industriais para compensar o declínio e a descontinuação de outras partes de suas economias. Contudo, ainda são carentes as pesquisas orientadas para o estudo de como as regiões se diversificam nas inovações ao longo do tempo, o que não surpreende tendo em vista que esses processos envolvem a compreensão de diferentes setores da tecnologia ligadas a diferentes regiões. Os sistemas de patentes possuem dados que podem ser utilizados para identificar dinâmicas e fenômenos ligados às atividades inovadoras. Este estudo apresenta um modelo para análise e identificação de capacidades em inovação e examina o caso específico do Brasil utilizando dados de patentes de inventores brasileiros depositados no *United States Patent and Trademark Office* (USPTO) durante o período de 1976 a 2018. Os dados foram organizados em uma matriz de proximidade entre os setores da indústria e utilizamos a teoria das redes complexas para a construção de uma plataforma por meio do qual os países podem ser avaliados. Os resultados trouxeram evidências de que o modelo é coerente para o fim proposto ao evidenciar as conexões e o contexto de dados e não apenas os elementos em si.

Palavras-chaves: Inovações tecnológicas - Brasil - 1976-2018. Patente de invenção - Brasil - Produção - 1976-2018 - Modelos. Redes complexas.

Abstract

LAM, Chong Hang Lee. **Analysis of patent production using complex networks:** a case study of Brazilian inventors' patents in the USPTO. 2019. 119 p. Dissertation (Master of Science) – School of Arts, Sciences and Humanities, University of São Paulo, São Paulo, 2019.

The question of how an economy based on innovation emerges is a topic that has been discussed before. Logically, there is strong reason to believe that countries are more likely to innovate in sectors technologically related to those that are already innovating. Understanding the mechanisms behind the creation and transfer of technologies requires thinking not only of a quantitative dimension, but also of the qualitative changes behind this whole process. To remain competitive in the long run, countries depend on their ability to create and develop industrial sectors to compensate for the decline and destruction of other parts of their economies. However, there is still a lack of research oriented to the study of how the regions diversify in innovations over time, which is not surprising considering that these processes involve the understanding of different sectors of technology linked to different regions. Patent systems have data that can be used to identify dynamics and phenomena linked to innovative activities. This study presents a model for analysis and identification of capabilities in innovation and examines the specific case of Brazil using data from patents of Brazilian inventors deposited in the United States Patent and Trademark Office (USPTO) during the period from 1976 to 2018. The data were organized into a matrix of proximity between industry sectors and we used the theory of complex networks to construct a platform through which countries can be evaluated. The results provided evidence that the model is coherent to the proposed end by highlighting the connections and the data context and not just the elements themselves.

Keywords: Technological innovations - Brazil - 1976-2018. Utility Patent - Brazil - Production - 1976-2018 - Models. Complex networks.

Lista de figuras

Figura 1 – Exemplo de rede real: rede de colaboração entre países no Scientometrics	26
Figura 2 – Exemplo de grafo não-direcionado	27
Figura 3 – Exemplo de grafo direcionado	27
Figura 4 – Estrutura, distribuição de graus e matriz de adjacência de uma rede aleatória	29
Figura 5 – Estrutura, distribuição de graus e matriz de adjacência de uma rede <i>small world</i>	31
Figura 6 – Estrutura, distribuição de graus e matriz de adjacência de uma rede livre de escalas	32
Figura 7 – Representação da rede bipartida	37
Figura 8 – Distribuição de frequências das quantidade de patentes por país (bins=30)	49
Figura 9 – Distribuição de patentes. Em (a) vários segmentos da distribuição foram analisados e em (b) multiplicamos os eixos dos gráficos por diferentes fatores, sem observar mudanças significativas na distribuição	50
Figura 10 – Distribuição de patentes por país, em escala log-log	52
Figura 11 – Comparação entre o tamanho da população e o número de patentes de um país, total e por milhão de habitantes	61
Figura 12 – Comparação entre o <i>Global Innovation Index</i> da WIPO e o número de patentes de um país, total e por milhão de habitantes	63
Figura 13 – Classificação dos países de acordo com a quantidade de patentes por milhão de habitantes	63
Figura 14 – Diversidade e Ubiquidade. Neste exemplo, o país C_2 possui a maior diversidade, pois contribui para mais setores diferentes. O setor I_1 , por sua vez, é o que possui maior ubiquidade, pois recebe contribuições de mais países diferentes.	65
Figura 15 – Matrix ϕ de proximidade em a) ordem alfabética, e em b) ordem dos valores de ϕ (do maior para o menor)	70
Figura 16 – Participação dos setores tecnológicos por segmentos da matriz ϕ de proximidades	71
Figura 17 – Distribuição de frequências (acumulada) para valores de ϕ	71

Figura 18 – Grafo com todos os nós e todas as ligações obtidas da matriz de proximidade ϕ	72
Figura 19 – Rede utilizando dados da Árvore Geradora Máxima (<i>Maximum Spanning Tree</i> , MST)	73
Figura 20 – MST e todas as ligações com $\phi \geq 0.55$	74
Figura 21 – Visualização da rede de inovações em patentes utilizando algoritmo de <i>layout</i> dirigido por força	76
Figura 22 – Distribuição de nós da rede, em a) escala normal e em b) escala log-log	77
Figura 23 – Destaque para as sete maiores comunidades analisadas	83
Figura 24 – Espaço de inovações em patentes (EIP)	84
Figura 25 – Evolução das patentes de brasileiros na USPTO	86
Figura 26 – Comparação G20: a) contribuição total dos países do G20 na última década, b) o mesmo gráfico na forma de ranking enfatizando a posição relativa da classificação dos países, c) média do IPMH para os países do G20, para os período de (1976-2018)	87
Figura 27 – EIP Brasil - Destaque para nós onde $RCA \geq 1$	89
Figura 28 – Evolução do EIP Brasil - 1980 a 2018 (cumulativo)	94
Figura 29 – Exemplo do EIP para diferentes faixas do IDH	96

Lista de tabelas

Tabela 1 – Estrutura hierárquica dos códigos IPC - Exemplo	25
Tabela 2 – Territórios e respectivos países aos quais estão vinculados	36
Tabela 4 – Medidas resumo das quantidades de patentes por país	49
Tabela 6 – Valores observados para Assimetria, em escala normal	60
Tabela 7 – Correlação de <i>Pearson</i> e R^2 entre a produção de patentes e variáveis de desenvolvimento, todos em escala log-log e $p\text{-value} < 0,01$	62
Tabela 8 – Classificação de países, por escala exponencial, para a representação no mapa na Figura 13	63
Tabela 9 – Ranking com os 40 países de maior diversidade	66
Tabela 10 – Ranking com os 40 setores mais ubíquos	68
Tabela 11 – Os 40 países que mais exploram setores pouco ubíquos	69
Tabela 12 – observações (links) por valores de ϕ	71
Tabela 13 – Estatísticas descritivas de rede	75
Tabela 14 – Comparativo: coeficiente de <i>clustering</i> em redes reais	77
Tabela 15 – Principais setores tecnológicos observados em cada comunidade	78
Tabela 16 – Distribuição de nós pelas comunidades	85
Tabela 17 – Macro setores tecnológicos com ALTA competência brasileira em patentes	91
Tabela 18 – Macro setores tecnológicos com MÉDIA competência brasileira em patentes	92
Tabela 19 – Macro setores tecnológicos com BAIXA competência brasileira em patentes	92
Tabela 20 – Macro setores tecnológicos com NENHUMA competência brasileira em patentes	93

Lista de abreviaturas e siglas

ARIPO	<i>African Regional Intellectual Property Organization</i> (Organização Regional de Propriedade Intelectual Africana)
CPC	Cooperative Patent Classification (Classificação Cooperativa de Patentes)
EPO	<i>European Patent Office</i> (Escritório Europeu de Patentes)
EIP	Espaço de Inovação em Patentes
GCI	<i>Global Competitiveness Index</i> (Índice de Competitividade Global)
GCR	<i>Global Competitiveness Report</i> (Relatório de Competitividade Global)
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
INPI	Instituto Nacional da Propriedade Industrial
IPC	<i>International Patent Classification</i> (Classificação Internacional de Patentes)
IPEA	<i>International Preliminary Examining Authority</i> (Autoridade Examinadora Preliminar Internacional)
IPMH	Índice de Patentes por Milhão de Habitantes
ISA	<i>International Searching Authority</i> (Autoridade Internacional de Pesquisa)
MST	<i>Maximum Spanning Tree</i> (Árvore Geradora Máxima)
OAPI	Organização Africana da Propriedade Intelectual (Cooperação e Desenvolvimento Econômico)

PCT	<i>Patent Cooperation Treaty</i> (Tratado de Cooperação em Matéria de Patentes)
PETROBRAS	Petróleo Brasileiro S.A.
PIB	Produto Interno Bruto
RCA	<i>Revealed Comparative Advantage Index</i> (Índice de Vantagem Comparativa Revelada)
RNB	Renda Nacional Bruta
RO	<i>Receiving Office</i> (Escritório de Recebimento)
USPTO	<i>United States Patent and Trademark Office</i> (Escritório de Patentes e Marcas dos Estados Unidos)
WIPO	<i>World Intellectual Property Organization</i> (Organização Mundial da Propriedade Intelectual)
WEF	<i>World Economic Forum</i> (Fórum Econômico Mundial)

Lista de símbolos

α	Utilizado para denotar o expoente de uma lei de potência
c	Utilizado para denotar um país
D	Utilizado para denotar a densidade da rede
E	Utilizado para denotar a quantidade de arestas de um grafo
Σ	Somatório
$\in$	Pertence
G	Utilizado para denotar um grafo
i	Geralmente utilizado para denotar um setor tecnológico/da indústria
k	Utilizado para denotar o grau de um nó
$\bar{k}$	Utilizado para denotar o grau médio da rede
$\ln$	Logaritmo natural
M	Utilizado para denotar uma matriz de adjacência
N	Utilizado para denotar a quantidade de nós de um grafo
p	Utilizado para denotar a probabilidade
ρ	Correlação de <i>Pearson</i>
Q	Índice de modularidade, utilizado para particionamento de grafos
ϕ	Medida de proximidade entre setores tecnológico/da indústria
$\propto$	Proporcional a
$+\infty$	Infinito e positivo
$\rightarrow$	Tende para

Sumário

1	Introdução	14
1.1	<i>Organização do trabalho</i>	17
2	Revisão da Literatura	18
2.1	<i>Desenvolvimento de países, competitividade e inovação</i>	18
2.2	<i>Sistema de patentes</i>	22
2.3	<i>Redes Complexas</i>	25
2.3.1	Redes aleatórias	28
2.3.2	Redes <i>small world</i>	29
2.3.3	Redes livres de escalas	31
3	Procedimentos metodológicos	33
4	Resultados	42
4.1	<i>Análise preliminar dos dados</i>	42
4.1.1	Características da distribuição	50
4.1.2	Regiões de origem dos depositantes	52
4.2	<i>Vantagem comparativa revelada em patentes</i>	64
4.3	<i>Diversidade e Ubiquidade</i>	65
4.4	<i>Matriz de proximidade entre setores da indústria</i>	70
4.5	<i>Rede complexa para o espaço de inovações em patentes</i>	72
4.6	<i>Anatomia da rede de inovações em patentes</i>	75
4.7	<i>Análise das patentes dos depositantes brasileiros</i>	86
5	Conclusões	98
	Referências¹	100
	Apêndice A – Correlações entre a contribuição ao sistema de patentes pelos países e os indicadores de desenvolvimento	109

¹ De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6023.

Anexo A – Código de países e territórios na USPTO	111
---	-----

1 Introdução

Uma série de mudanças têm ocorrido no cenário econômico global ao longo dos últimos anos, diante das quais os países foram levados a considerar políticas e investimentos de forma a responder à altura das exigências de um mercado de transformações cada vez mais rápidas. O surgimento de novas tecnologias tem provocado mudanças nos paradigmas dos mercados, dos negócios e das relações comerciais, alterando os sistemas de valores e dando assim maior ênfase às ideias que trazem consigo avanços tecnológicos e aplicações comerciais (EICHIN, 2010). Nesse contexto, termos como inovações, invenções, proteção intelectual, capacidades e competências adquirem a cada dia maior relevância. Com a globalização do comércio, as empresas também entraram em um processo de competitividade na integração entre bens e serviços, no local das atividades econômicas e nos fatores de produção. Nesse sentido, Porto e Rocha (2018) estudaram de que forma o processo de globalização tem impactado as regiões onde as empresas se situam, e como, a depender da estrutura e especialização, essas regiões respondem.

Na dimensão social, visto que a inovação influencia o *status* e o padrão de vida dos indivíduos de uma cidade, cada vez mais observamos trabalhos como o *The Hamilton Project* (SHAMBAUGH; NUNN; PORTMAN, 2017) que realizou uma análise do processo de inovação e a sua relação para a melhora no nível de prosperidade de uma nação. Nele os autores observaram que, para melhorar o padrão de vida, é necessário melhorar o capital físico e humano, o progresso tecnológico (que pode requerer um investimento substancial) e dispor de instituições sólidas. Os autores igualmente esclarecem que as patentes e o sistema de patentes são necessários para remover as ineficiências que impedem a inovação.

Os determinantes da geração, transmissão e difusão da inovação tecnológica têm sido estudados do ponto de vista teórico e empírico em uma grande literatura (HIDALGO *et al.*, 2007; MANKIW N GREGORY, 1992; MATSUYAMA, 1992; LUCAS JR, 1988; HIRSCHMAN, 1958; ROSENSTEIN-RODAN, 1943). Apesar disso, a compreensão atual dos dispositivos para a criação e transferência de tecnologia ainda é inadequada, em parte devido à falta de indicadores detalhados de mudança tecnológica (COLOMBO; FRANZONI; VEUGELERS, 2015; COCCIA, 2015).

Sistemas de patentes possuem dados que podem ser utilizados para identificar dinâmicas e fenômenos ligados às atividades inovadoras. As patentes são ativos intangíveis,

resultado de atividades de pesquisa e desenvolvimento de instituições (EICHIN, 2010). Analisar as patentes de um país pode revelar quais capacidades tecnológicas ele detém, os setores em que é líder, os países parceiros, quais conhecimentos e tecnologias são proprietárias e quais são as perspectivas na criação de novos produtos (BHATTACHARYA, 2007). A base de dados usada neste estudo é o resultado da compilação das informações disponíveis no banco de dados público do Escritório de Patentes e Marcas dos Estados Unidos (*United States Patent and Trademark Office*, USPTO), que possui informações de patentes disponíveis para o período de 1976 a 2018. Muitos estudos tem sido realizados sobre os dados contidos nesse repositório. A exemplo de utilização com patentes brasileiras, Eichin (2010) estudou as patentes desenvolvidas pela Petrobras (Petróleo Brasileiro S.A.), realizando uma análise daquelas que às citaram de modo a identificar as de maior impacto e quais as relações existentes entre elas. Ribeiro *et al.* (2009), por sua vez, construíram as matrizes de ciência e tecnologia utilizando o mesmo repositório.

O presente estudo apresenta um modelo para análise e identificação de capacidades em inovação e analisa o caso específico brasileiro. Este trabalho é motivado pela ideia de gerar medidas de capacidade em inovação e competitividade dos países como já anteriormente realizado em Gao e Zhou (2018), Jefferson *et al.* (2018), Barberá-Tomás, Jiménez-Sáez e Castelló-Molina (2011), Sternitzke, Bartkowski e Schramm (2008), Hidalgo *et al.* (2007), Corrocher, Malerba e Montobbio (2003) e Malerba (2002).

Esta pesquisa apresenta uma ferramenta para a consecução do seguinte objetivo: examinar as competências do corpo de inventores brasileiros na inovação em diferentes setores da indústria utilizando dados de patentes, sem pretender descrever a total variedade de produção em inovação tecnológica do país, mas analisa-se comparativamente o Brasil em relação a outros países - em quais setores é competente em termos de produção em inovação, em quais não é e em quais setores da indústria atingiu algum grau de maturidade, e a utilização da ferramenta para sugerir possíveis caminhos para a inovação brasileira. É amplamente reconhecido que a mudança tecnológica e a inovação são os principais impulsionadores do crescimento econômico e estão no centro do processo competitivo (CAINELLI; EVANGELISTA; SAVONA, 2004). No entanto, podemos observar que a questão de como um país pode aumentar sua competência em inovação encontra várias direções. O modelo proposto neste estudo pode ajudar a fornecer uma lente complementar para os debates nesse campo.

Assim como em Hidalgo et al. (2007), pressupõe-se que a capacidade de um país de inovar em um setor depende de sua capacidade de inovar em outros setores - em vista da similaridade dos processos produtivos, insumos e capital humano necessários - e assim desenvolvemos uma medida de proximidade. Os dados foram organizados em uma matriz de proximidade entre os setores da indústria e utilizamos a teoria das redes complexas para analisar o conjunto de relações. Duas suposições foram estabelecidas na condução da pesquisa: primeiro, apesar da enorme diferença entre os países, eles podem ser comparados (SIRILLI, 1997), mesmo entre aqueles países geográfica, cultural e economicamente distantes uns dos outros; segundo, apesar das enormes diferenças encontradas, ainda é útil uma análise em nível de país.

Os países em desenvolvimento com grande extensão territorial, como o Brasil, a China ou a Índia, possuem regiões que podem apresentar diferentes capacidades tecnológicas. E mesmo países com altos níveis de desenvolvimento tecnológico podem apresentar *clusters* tecnológicos somente em alguns centros, como demonstrado por Cantwell e Iammarino (2003). No entanto, estudos de inovação em nível de nações são defendidos por vários autores (EDQUIST, 2013; LUNDVALL *et al.*, 2002; FREEMAN, 1995; NELSON; ROSENBERG, 1993; LUNDVALL, 1992) e já foram aplicados com sucesso em pesquisas específicas com países em desenvolvimento (LALL; PIETROBELLI, 2002; CASSIOLATO; LASTRES, 1999; SUTZ, 1997; HOBDAI, 1995).

A compreensão das habilidades no campo inovador de um país permite estratégias de investimento e desenvolvimento mais confiantes, pois se baseiam no entendimento de por que um país prospera, para onde está indo e o que realmente está acontecendo com os negócios e a inovação em diferentes níveis. Destacamos especificamente a importância deste estudo para os formuladores de políticas, planejadores e profissionais de desenvolvimento econômico que, compreendendo melhor seu ecossistema de inovação, auxiliam a priorizar políticas e investimentos, bem como a moldar a mensagem para investidores e empregadores.

1.1 Organização do trabalho

Este trabalho está estruturado da seguinte forma. O capítulo 2 revisa a literatura. A seção 2.1. recupera os trabalhos recentes que relacionam a inovação à competitividade e ao desenvolvimento no nível de país; a seção 2.2. apresenta uma breve descrição das patentes, sua forma de registro e classificação; e finalmente a seção 2.3. discute os conceitos de redes complexas, suas características e propriedades. No capítulo 3, os procedimentos metodológicos seguidos para extrair as informações de patentes, calcular as métricas usadas neste estudo e construir a ferramenta para se analisar as relações existentes entre os objetos analisados são descritos em profundidade. No Capítulos 4, apresentamos os resultados com a descrição do ambiente de inovação em patentes de inventores brasileiros e utilizamos os dados obtidos para fornecer evidências empíricas sobre possíveis caminhos para a competitividade no cenário brasileiro. No Capítulo 5 apresentamos nossas conclusões e considerações finais.

2 Revisão da Literatura

2.1 Desenvolvimento de países, competitividade e inovação

O tema do desenvolvimento econômico de países subdesenvolvidos foi substancialmente abordado por Rosenstein-Rodan (1943) e Albert Hirschman (1958), que se tornaram os maiores contribuintes para a literatura da Administração do Desenvolvimento, e mesmo revolucionários por contestarem linhas de pensamento preponderantes da época ao redefinirem as estratégias para promoção do desenvolvimento econômico dos países.

Rosenstein-Rodan (1943) defendia a ideia de que os países atrasados precisavam de um grande incentivo inicial (“*Big Push*”) na forma de investimento industrial, com o objetivo de superar o atraso e iniciar uma fase de crescimento equilibrado e auto-sustentável. O modelo *Big Push* pressupunha que o desenvolvimento poderia ser alcançado quando várias indústrias fossem simultaneamente expandidas, gerando renda em diversos setores para que a demanda por qualquer produto fosse suficiente de tal forma que pudesse sustentar seu respectivo setor da indústria.

Hirschman (1958) contestou doutrinas fundamentais de desenvolvimento da época, entre elas a abordagem de Rosenstein-Rodan (1943), visto os modelos existentes não consideravam as características peculiares dos países subdesenvolvidos ao formular os planos de desenvolvimento. Para o autor, as teorias vigentes ignoravam o papel de investimento como impulsionador de mais investimentos, ou seja, que investimentos em determinada área da economia pudessem impulsionar ou facilitar investimentos posteriores em outras áreas da economia. Hirschman (1958), ao referir-se aos modelos como o *Big Push*, cunhou o termo “modelo de crescimento equilibrado” em razão da necessidade desses modelos de investimentos exagerados e planejamento altamente detalhado. Ele apresentou posteriormente a proposta de um “modelo de crescimento desequilibrado” onde os investimentos eram realizados segundo as necessidades e possibilidades financeiras e tecnologias de cada país, sendo implementado em etapas.

O desenvolvimento, portanto, deveria ser visto como uma sequência de investimentos, e não como uma enorme matriz de investimentos simultâneos. Tendo em vista que os países subdesenvolvidos não possuem muitos recursos para investir em todos os setores importantes ao mesmo tempo, eles deveriam se focar em um conjunto de setores limitados e complementares. Adicionalmente, Hirschman (1958) salientou também a ideia

de *encadeamento*, que amplia o entendimento do crescimento desequilibrado. Se um país faz uso de um bem, ele pode ser estimulado a desenvolver o setor necessário para produzi-lo. Hirschman (1958) chama isso de “encadeamento para trás”, pois trata da formação da indústria de fornecedores, de elos que antecedem os setores já estabelecidos. Do contrário, se o país já produz um produto que pode ser utilizado como insumo ou estimulante para outro bem, o desenvolvimento de uma indústria para este novo bem é chamado de “encadeamento para frente”. Os setores chaves seriam, portanto, aqueles que permitem múltiplas formas de encadeamento. Logo, as decisões de crescimentos devem considerar, também, que investimentos levam a investimentos adicionais.

Mais tarde, Hildago et al. (2007) recuperam os trabalhos de Rosenstein-Rodan e Hirschman, com o objetivo de construir um modelo baseado em exportações para analisar se o tipo de produto que um país exporta é importante para o desempenho econômico subsequente. Os autores defendem que a industrialização cria benefícios indiretos que alimentam o crescimento subsequente, mas que no entanto faltam modelos formais.

Para Hildago et al. (2007), duas outras abordagens foram usadas pela literatura para explicar a forma como os países se especializam. Em uma primeira abordagem, foca-se na diferença existente entre os fatores produtivos (capital humano, infraestrutura, instituições, etc.) em cada país. Dessa forma, países pobres se especializaram em mão de obra não qualificada e em terra, enquanto países desenvolvidos se especializaram em bens de complexa infraestrutura, instituições, capital humano e físico. O segundo enfoque dá ênfase para as diferenças tecnológicas, mas faltam modelos para explicar suas causas e dinâmicas.

Quanto à dimensão de competitividade, houve intenso debate da pesquisa acadêmica no final dos anos 1980 e início dos anos 1990, com as contribuições mais relevantes a partir de Krugman (1994) e Porter (1990). Longe de existir um consenso entre os pesquisadores, não se pretende esgotar o conceito ou o significado da competitividade no contexto do desenvolvimento, mas fornecemos aqui as principais linhas de pesquisa que se conectam a este estudo de modo a proporcionar subsídios necessários para a construção de um quadro de referência.

A abordagem de Krugman (1994) é um bom ponto de partida para as abordagens tradicionais de competitividade de países. Krugman estabelece duas perspectivas para se definir a competitividade: por meio de uma abordagem de custos e outra abordagem que considera a capacidade de produção e posterior comercialização/exportação. A primeira

definição analisa a competitividade como o nível de custo unitário de um local, que impulsiona a capacidade das empresas de competir com sucesso nos mercados globais. A segunda definição analisa a competitividade como o nível de produtividade de um local e é motivada por uma preocupação com a capacidade inerente de uma localidade de criar valor com base nos fatores de produção que ela tem à sua disposição.

As abordagens tradicionais de competitividade dos países evidenciam que elas procedem de uma perspectiva de custos e de abertura de economias, cuja métrica mais frequentemente utilizada em todos os casos é a participação de mercado. A existência de diversas contradições na aplicação dessas perspectivas foram apontadas por Fetherston et al. (1977), Kaldor (1978) e Kellman (1983). A competitividade nos custos pode refletir fatores conjunturais que criam vantagens temporárias, podendo estar relacionadas às flutuações cambiais, oscilações da demanda, baixos salários ou mercados segmentados, fatores que não garantem a sobrevivência de uma economia no longo prazo, ainda mais em um ambiente de constantes mudanças. Para sustentar a competitividade, essas economias também teriam que se tornar mais inovadoras.

Fagerberg (1988) desenvolveu um modelo de competitividade internacional que considera o crescimento como uma resultante de aplicações em tecnologia, preço e capacidade de entrega. A pesquisa de Fagerberg (1988) evidenciou que a competitividade tecnológica e a capacidade de competir na entrega são fatores que mais influenciam nas diferenças na competitividade internacional, com destaque para os investimentos na criação de novas capacidades de produção e na exploração do potencial oferecido pelos processos de difusão e crescimento da competitividade tecnológica nacional.

Possivelmente nenhum trabalho anterior chegou a ser tão influente quanto o de Schumpeter, e certamente o próprio conceito de inovação foi uma de suas contribuições mais distintas. Schumpeter (1943) apresentou o conceito da economia do fluxo circular, semelhante a um sistema fechado e que, em condição de equilíbrio, as trocas ocorreriam dentro de um ciclo econômico sem sobressaltos. Os ofertantes buscariam produzir segundo as informações que obtém de experiências anteriores com a demanda, e uma vez estabelecidos os preços, demandantes e ofertantes se ajustariam naturalmente. O sistema admitiria crescimento econômico, em função de aperfeiçoamento no processo de trabalho e de mudanças tecnológicas, porém quaisquer melhorias nos processos, na qualidade do produto ou no preço não implicaria em barreiras para os concorrentes, visto que a concorrência é alta e a base tecnológica é conhecida. Dada a natureza de equilíbrio do sistema, Schumpeter

(1943) entende que alterações econômicas mais significativas não podem surgir a partir da economia do fluxo circular.

Entretanto, o economista destacou a importância das inovações nesse processo e sugere que o crescimento econômico existe quando as inovações ocorrem em níveis superiores ao incremento sutil observado no fluxo circular. Dessa forma, o crescimento econômico se configuraria como períodos de ruptura em função da introdução de novos produtos e novos processos. É fundamental observar que Schumpeter não conduz a ideia de que as inovações surgem no lado da demanda - embora esta seja responsável pela sua difusão -, mas sim do lado da oferta, que principia a transição econômica ao introduzir uma novidade, realizando combinações de materiais e processos.

Segundo Schumpeter (1934), o processo de mudança estrutural a partir de uma inovação pode ser de cinco tipos:

- a) Introdução de novos produtos.
- b) Introdução de novos métodos de produção ou de comercialização.
- c) Abertura de novos mercados.
- d) Desenvolvimento ou aquisição de novas fontes de matérias-primas ou outros insumos (como produtos semi-acabados/semimanufaturados).
- e) Novas estruturas de mercado em uma indústria, como a criação ou destruição de monopólios.

Para Schumpeter (1934), os meios de produção indispensáveis para a produção de novas combinações já se encontram presentes, não estando necessariamente ociosos, mas empregados em outras atividades do fluxo circular. Isto é, as instituições, pessoas e insumos necessários para o desenvolvimento das inovações devem ser recombinações, a partir de onde já se encontram alocados, empregando-os em novas atividades que vão promover o desenvolvimento econômico.

É necessário ressaltar que a importância da inovação para a competitividade não se opõe ao importante papel da concorrência como estímulo à inovação, mas recuperamos o discurso de Rosenberg (1969) ao descrever a competição como apenas um estímulo dentre outros. A própria abordagem da inovação não está isenta de ser contestada, como exemplificou Chandler Jr. (1990, apud TEECE, 1993) ao analisar as fusões e aquisições ocorridas no final do século XIX nos Estados Unidos, e salientar que a capacidade de inovar de uma empresa está condicionada à sua capacidade de adequar-se ao novo produto ou novo pro-

cesso e, igualmente, à sua capacidade de construir um mercado para esse produto/processo. A ausência de políticas que auxiliassem indústrias que passavam por um processo de ajuste levou à falência de muitos negócios na Argentina (CHUDNOVSKY; LÓPEZ; PORTA, 1993), e às mudanças de estratégias para importação no Chile (PIETROBELLI, 1994).

Finalmente, observamos que, ainda nessa linha, o Fórum Econômico Mundial (*World Economic Forum*, WEF) considera, em seu Índice de Competitividade Global (*Global Competitiveness Index*, GCI), uma componente de inovação. Entre os países relacionados no Relatório de Competitividade Global 2017-2018 (*Global Competitiveness Report*, GCR), aqueles considerados pela publicação como detentores de estratégias de crescimentos econômico orientados para a inovação apresentam maior competitividade e crescimento econômico sustentável (WEF, 2017).

2.2 Sistema de patentes

As patentes são indicadores-chave da inovação tecnológica e da competitividade de um país (WU; LIU, 2006), sendo uma excelente ferramenta para entender o desenvolvimento de uma economia baseada no conhecimento. Embora os indicadores de patentes tenham algumas limitações (ALBUQUERQUE; BAESSA; SILVA, 2005), eles continuam sendo um recurso amplamente explorado para analisar o progresso da inovação tecnológica, e cujos dados têm sido utilizados por um número crescente de pesquisadores em todo o mundo para medir mudanças e transformações tecnológicas em setores específicos como em Leydesdorff e Meyer (2010), Guan e He (2007), Zeebroeck, Potterie e Han (2006), Ganguli (2004), Kung e Lin (2003), Lacasa, Grupp e Schmoch (2003), Ramani e Looze (2002a), Ramani e Looze (2002b), Meyer (2002), Griliches (1998), Braun, Glänzel e Grupp (1995b), Braun, Glänzel e Grupp (1995a), Archibugi e Pianta (1992), Archibugi (1992), Pavitt e Patel (1988), Basberg (1984), Schmookler (1972), Comanor e Scherer (1969), Schmookler (1966) e Schmookler (1962).

A Organização Mundial da Propriedade Intelectual (*World Intellectual Property Organization*, WIPO) estabelece algumas condições que devem ser cumpridas para obter uma patente, embora reconheça que não é possível limitar a lista de requisitos nem mesmo universalizá-la para aplicação em todos os países (WIPO, 2019). Primeiro, a invenção deve mostrar um elemento de novidade, isto é, alguma característica nova que não é conhecida

no corpo de conhecimento existente em seu campo técnico (WIPO, 2019). Esse corpo de conhecimento existente é chamado de *prior-art* (ou “arte-prévia”). Os escritórios de patentes em diferentes jurisdições solicitam que os inventores depositem provas documentais de ciência e tecnologia que suportem o trabalho - e o grau de detalhamento dessas provas varia para cada jurisdição (JEFFERSON *et al.*, 2018).

Em segundo lugar, a invenção deve envolver uma “etapa inventiva” e “não-óbvia”, o que significa que ela não pode ser obviamente deduzida por uma pessoa com habilidades comuns na área técnica. Terceiro, a invenção pode ser usada concretamente para fins industriais ou comerciais, e não ser apenas uma teoria. Quarto, o assunto deve ser aceito como “patenteável” por lei. Em muitos países, teorias científicas, criações estéticas, métodos matemáticos, variedades vegetais ou animais, descobertas de substâncias naturais, métodos comerciais, métodos de tratamento médico (em oposição a produtos médicos) ou programas de computador geralmente não são patenteáveis (WIPO, 2019). E, finalmente, a invenção deve ser divulgada de uma maneira suficientemente clara e completa para permitir que ela seja replicada por uma pessoa com um nível de habilidade comum no campo técnico.

Os direitos sob a forma de patentes dão aos seus proprietários o reconhecimento pela sua criatividade e a possibilidade de recompensa material por suas invenções. Eles não só beneficiam o inventor, mas também a sociedade, uma vez que a publicação obrigatória de patentes facilita a disseminação de novos conhecimentos e acelera as atividades de inovação, evitando o retrabalho no campo inovativo. Mas certamente, a questão de tornar públicas as informações técnicas sobre patentes pode levar ao surgimento de *free-riders*, o que tende a desencorajar os inventores de tornarem públicas suas invenções (MASKUS, 1998), mantendo-as em segredo, especialmente aquelas de algum valor comercial. Os aspectos sociais dos sistemas de patentes são discutidos também em Afonso (2013), Boldrin e Levine (2013), Kremer (1998), Wright (1983), Kitch (1977) e Hirshleifer (1971). Contudo, a proteção concedida para exploração com limite de tempo visa corrigir esse problema, dando aos inovadores a capacidade de receber retornos apropriados em suas atividades criativas.

Dada a natureza territorial da proteção de patente, quando os solicitantes desejam proteger suas invenções em diferentes países, um requerimento deve ser apresentado em cada escritório de patente onde a proteção é solicitada (MARTÍNEZ, 2010). Como resultado, o primeiro registro de patentes é seguido por uma série de registros subsequentes e, juntos, formam uma família de patentes. Formalmente, o Manual de Estatísticas de Patentes

da Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OECD, 2009) define as famílias de patentes como o conjunto de patentes que foram solicitadas em diferentes países e que estão relacionadas entre si.

O processo de patenteamento é caro e a apresentação em muitas jurisdições aumenta demasiadamente os custos. Para se ter uma ideia, um estudo do *United States General Accounting Office* (2002) estimou que o custo do patenteamento nos Estados Unidos era de cerca de US\$ 10.000, e o registro em dez jurisdições diferentes poderia ser obtido a um custo de US\$ 160.000 a US\$ 330.000.

O Tratado de Cooperação em Matéria de Patentes (*Patent Cooperation Treaty*, PCT), administrado pela WIPO, facilitou a apresentação de pedidos de patentes em todo o mundo. O tratado passou a vigorar em 24 de janeiro de 1978, com 18 países signatários (WIPO, 2018b) e no final de 2018, o número de países havia aumentado para 152. Ao contrário do método anterior de apresentação, um único pedido via PCT pode ser depositado em quaisquer um dos Escritórios de Recebimento (*Receiving Office*, RO) do mundo e em um único idioma, sendo posteriormente conduzida uma pesquisa por uma Autoridade Internacional de Pesquisa (*International Searching Authority*, ISA), que emite uma opinião por escrito sobre a patenteabilidade da solicitação. Se houver necessidade, o requerimento poderá ainda ser submetido a uma Autoridade Examinadora Preliminar Internacional (*International Preliminary Examining Authority*, IPEA) e, finalmente, o pedido é então encaminhado para as jurisdições locais para análise de questões relacionadas às peculiaridades de cada região (por exemplo, legislação nacional).

Quase todos os órgãos emissores de patentes têm alguma forma de classificar as invenções (HARRIS; ARENS; SRINIVASAN, 2010). Essas classificações permitem que os documentos de patentes sejam facilmente recuperados e identificados para simplificar as pesquisas acerca do *prior-art* e ajudar a evitar possíveis ambiguidades que possam estar presentes em outros campos de pesquisa de palavras-chave. Assim, um sistema de classificação como o sistema de Classificação Internacional de Patentes (*International Patent Classification*, IPC), torna mais eficiente a busca do *prior-art* nas coleções de vários escritórios internacionais de patentes.

O Acordo de Estrasburgo, de 1971, estabeleceu o IPC sob a WIPO e dividiu a tecnologia em oito seções distintas (HARRIS; ARENS; SRINIVASAN, 2010). O principal objetivo desse acordo foi superar as dificuldades causadas pelo uso de sistemas nacionais de classificação de patentes, e de forma unificada pode-se atribuir um ou mais dentre

71.000 códigos IPCs que indicam o campo ou os campos técnicos a qual a patente se refere. Esses códigos são organizados em uma estrutura hierárquica, semelhante a uma árvore, com cinco componentes distintos (conforme exemplo na **Tabela 1**).

O nível hierárquico mais alto contém as oito seções do IPC correspondentes a campos técnicos muito amplos, rotulados de A a H. Por exemplo, a Seção A abrange as “Necessidades humanas”. Então as seções são subdivididas em classes. A oitava edição do IPC contém 120 classes. A classe A21, por exemplo, abrange “Cozedura ao forno; Equipamentos para preparo de massas”. Classes são subdivididas em mais de 600 subclasses. A subclasse A21C, por exemplo, abrange “Máquinas ou equipamento para fazer ou beneficiar massas”.

Tabela 1 – Estrutura hierárquica dos códigos IPC - Exemplo

Nível	Símbolo	Descrição
Seção	A	Necessidades humanas
Classe	A21	Cozedura ao forno; Equipamentos para preparo de massas
Subclasse	A21C	Máquinas ou equipamento para fazer ou beneficiar massas
Grupo	A21C1	Máquinas para misturar ou sovar na preparação das massas
Subgrupo	A21C1/06	Com instrumentos para misturar ou sovar, horizontalmente

Fonte: adaptado de WIPO (2018a)

Além do IPC, a maioria dos escritórios de patentes utiliza também a Classificação Cooperativa de patentes (*Cooperative Patent Classification, CPC*) resultado de um trabalho conjunto entre a USPTO e o Escritório Europeu de Patentes (*European Patent Office, EPO*) baseado no IPC, sendo apenas mais detalhado. Enquanto a IPC possui em torno de 70 mil grupos, a CPC possui em torno de 200 mil grupos (GOLDSCHLAG; LYBBERT; ZOLAS, 2016).

2.3 Redes Complexas

Uma rede pode ser entendida como um conjunto de elementos interconectados (NEWMAN, 2003) e são comumente utilizadas como abstrações das variadas relações presentes na natureza (BARABÁSI, 2003). Os sistemas na forma de redes são onipresentes em nosso mundo e podem ser encontrados nas relações sociais, na internet, nos sistemas neurais, nas redes genéticas, nas linhas de transporte aéreo e em inúmeros outros exemplos (NEWMAN, 2010; STEEN, 2010; BARABÁSI, 2002). A **Figura 1** mostra a representação

de um exemplo real da rede de co-autoria de países, em pesquisas cientométricas, obtidas a partir do estudo das publicações no periódico científico *Scientometrics*.

Figura 1 – Exemplo de rede real: rede de colaboração entre países no *Scientometrics*

Fonte: Erfanmanesh, Rohani e Abrizah (2012)

Podemos considerar que o problema conhecido como pontes de Königsberg é um marco inicial da teoria de redes (GRIBKOVSKAIA; HALSKAU; LAPORTE, 2006). Leonhard Euler usou um esquema em grafo - um objeto matemático que consiste em um conjunto de nós (N) conectados por arestas (E) - para representar o conjunto de pontes da pequena cidade de Königsberg, na Prússia, situada em ambos os lados do rio Pregel. Desde então, a chamada Teoria dos Grafos, uma área da matemática discreta que estuda essas estruturas, é a principal linguagem para descrever as propriedades das redes (NEWMAN, 2001; WATTS; STROGATZ, 1998).

Formalmente, uma rede pode ser definida pelo grafo $G(N, E)$, onde N representa o conjunto de nós e E o conjunto de arestas. Sendo i e $j \in N$ e para cada $(i, j) \in E$, dizemos que os nós i e j estão conectados (ou são adjacentes). Os grafos podem ser do tipo não-direcionados, não importando de qual nó a aresta parte. De maneira contrária, os grafos do tipo direcionados são definidos de tal modo que ao observar uma aresta é possível identificar um nó de partida i e um nó de chegada j .

Apesar de um grafo poder ser representado graficamente, é comum representá-lo usando uma matriz de adjacência X , onde cada entrada x_{ij} da matriz representa a conexão

entre o par (i, j) da seguinte forma: $x_{ij} = 1$ implica que o par (i, j) está conectado e $x_{ij} = 0$ implica que o par (i, j) não está conectado. As **Figuras 2** e **3** ilustram, respectivamente, exemplos de grafos não-direcionados e direcionados, tanto na forma gráfica quanto na forma de matriz de adjacência.

Figura 2 – Exemplo de grafo não-direcionado

Fonte: adaptado de Ferreira (2013)

Figura 3 – Exemplo de grafo direcionado

Fonte: adaptado de Ferreira (2013)

A topologia das conexões existentes em uma rede pode variar de completamente regular, com todos os nós possuindo a mesma quantidade de conexões, a completamente aleatória, com as conexões dos nós seguindo uma distribuição aleatória. Contudo muitas redes biológicas, tecnológicas e sociais estão em algum lugar entre esses dois extremos. Os sistemas na forma de redes têm seu comportamento afetado pela maneira como seus elementos se conectam, o que torna a topologia da rede uma importante propriedade (NEWMAN, 2010). Recentemente, o foco tem sido o estudo das redes e a sua construção dentro do referencial teórico dos sistemas complexos (BOCCALETTI *et al.*, 2006; DOROGOVTSSEV; MENDES, 2002; BARABÁSI; ALBERT, 1999).

2.3.1 Redes aleatórias

O grau (k) de um nó representa o número de conexões que ele realiza. Essa medida pode representar, por exemplo, o número de amigos que um indivíduo possui. Por definição, o número de vizinhos que um nós tem pode variar de 0 a $|N| - 1$ se não permitirmos múltiplas conexões entre dois nós. O número total de ligações ($|E|$) na rede pode ser obtida por meio da soma dos graus (k) dos nós e dividindo-se o resultado por dois, para se corrigir a contagem dupla:

$$|E| = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n k_i \quad (1)$$

O grau médio dos nós de uma rede pode ser obtida dividindo a quantidade de ligações E pela quantidade de nós N da rede. Alternativamente, para um grafo $G = (N, E)$, podemos obter o grau médio dos nós por meio da equação:

$$\bar{k} = \frac{2|E|}{|N|} \quad (2)$$

Nos casos de grafos não-direcionados, ou

$$\bar{k} = \frac{|E|}{|N|} \quad (3)$$

Nos casos de grafos direcionados.

Sua densidade, ou quantas conexões existem em relação a quantos nós existem, fornece informações importantes sobre a rede, já que a maioria das redes na natureza é consideravelmente dispersa, com poucas conexões, quando comparada, por exemplo, ao limite superior teórico (isto é, onde cada nós alcança o grau máximo com $k_{max} = N - 1$ (BARABÁSI, 2016):

$$D = \frac{2|E|}{|N|(|N| - 1)} \quad (4)$$

Geralmente, uma das estatística mais importante para resumir um grafo é sua distribuição de graus, ou seja, a probabilidade de um grafo selecionado aleatoriamente

ter um certo grau k . A distribuição de graus é determinante em muitas propriedades importantes, como a distância média que um nó tem de outro:

$$\sum_{k=1}^{\infty} p(k) = 1 \quad (5)$$

Erdos e Rényi (1960) foram os primeiros pesquisadores a realizar um estudo sistemático de redes aleatórias, isto é, com distribuição aleatória de graus (**Figura 4**). As redes aleatórias desenvolvidas por Erdos e Rényi (1960) exibem grafos com N vértices e E arestas, a partir dos quais cada aresta se conecta com probabilidade igual a p a qualquer vértice de $G(N, E)$. O processo pode ser descrito por uma distribuição binomial com $N \rightarrow +\infty$:

$$p(k) = \binom{N-1}{k} E^k (1-E)^{N-1-k} \quad (6)$$

Onde $p(k)$ é a probabilidade de um nó qualquer possuir grau k .

Tais redes estão longe dos modelos representativos de redes reais, mas foram trabalhos importantíssimo que permitiram o desenvolvimento de estudos posteriores.

Figura 4 – Estrutura, distribuição de graus e matriz de adjacência de uma rede aleatória

Fonte: adaptado de Stobb *et al.* (2012)

2.3.2 Redes *small world*

Podemos definir a distância geodésica entre dois nós como o caminho mais curto através das conexões da rede. O diâmetro da rede, por sua vez, é a distância geodésica mais longa existente em todo o grafo. A propriedade de *small world* está relacionada com a observação de um fenômeno em que a maioria dos pares de nós em uma rede parece estar

conectada por um pequeno número de ligações (NEWMAN, 2003), isto é, por pequenas distâncias geodésicas.

Duncan J. Watts e Steven Strogatz observaram que em muitas redes do mundo real a distância média entre os nós permanecia surpreendentemente pequena, mesmo quando a rede se tornava muito grande (WATTS; STROGATZ, 1998). O fenômeno, contudo, era anteriormente conhecido sobretudo nas ciências sociais e pode ser ilustrado no famoso experimento de Stanley Milgram (1967). O estudo original de Milgram, na década de 1960, consistiu no envio de 96 pacotes para indivíduos escolhidos aleatoriamente em Omaha, Nebraska, E.U.A.. Os participantes foram instruídos a tentar fazer o pacote chegar em uma pessoa específica, em Boston, EUA. A ideia era que cada um desses 96 indivíduos pudesse escolher, entre seus conhecidos, a pessoa com maior probabilidade de conhecer o indivíduo alvo em Boston. As pessoas para as quais eles enviaram os pacotes precisariam passá-las seguindo as mesmas instruções até que o pacote chegasse ao destino pretendido. Dos 96 pacotes, 18 foram recepcionados no destino, e o número médio de viagens desses 18 pacotes foi de 5,9 viagens. Isso deu origem ao conhecido experimento dos “seis graus de separação”.

Apesar de algumas redes aleatórias poderem ser capazes de reproduzir o fenômeno de *small world*, especificamente essas redes geralmente falham na representação de outras propriedades existentes nas redes reais como o alto coeficiente de *clustering*. A propriedade de *clustering*, também conhecida como agrupamento ou transitividade, representa a propensão de dois nós adjacentes possuírem um vizinho em comum (NEWMAN, 2009). Em algumas redes, podemos notar que se o vértice *A* estiver conectado ao vértice *B*, e se o vértice *B* estiver conectado ao vértice *C*, então há uma grande probabilidade de que o vértice *A* também esteja conectado ao vértice *C*. Em uma rede social, seria equivalente a dizer que o amigo de meu amigo provavelmente também é meu amigo (NEWMAN, 2003).

O cálculo do coeficiente de *clustering* global considera a análise de todos os trios (conjuntos de três nós) da rede. Um trio pode ser do tipo aberto (conectados por apenas duas ligações) ou fechado (conectado por três ligações). Assim, o coeficiente de *clustering* global de uma rede pode ser determinado pelo número total de trios fechados sobre o número total de trios (abertos ou fechados).

$$C = \frac{\text{Total de trios fechados}}{\text{Total de trios}} \quad (7)$$

Watts e Strongatz (1998) propuseram um modelo de construção de rede (**Figura 5**) para demonstrar como o efeito de *small world* pode coexistir com outras características comumente observadas das redes sociais, como um alto coeficiente de *clustering* (ALBERT; BARABÁSI, 2002).

Figura 5 – Estrutura, distribuição de graus e matriz de adjacência de uma rede *small world*

Fonte: adaptado de Stobb *et al.* (2012)

2.3.3 Redes livres de escalas

Posteriormente, Barabási e Albert (1999) ao comparar redes aleatórias e redes reais, identificaram outro curioso fenômeno. A análise de parte da topologia da Internet evidenciou que grande parte dos nós dessa rede possuíam pouquíssimas ligações, mas em contrapartida, poucos nós (chamados de *hubs*) possuíam de centenas a milhões de conexões. Matematicamente, a distribuição de graus dessas redes reais seguiam uma lei de potência na forma de

$$p(k) = C \cdot k^{-\alpha} \quad (8)$$

As redes que apresentam essa propriedade passaram a ser conhecidas como redes livres de escalas (**Figura 6**). Diferentemente do *small world*, o fenômeno agora observado não poderia ser simplesmente gerado pelos então conhecidos mecanismos das redes aleatórias. Os modelos de Erdos-Renyi e Watts-Strongatz (1960) não eram capazes de reproduzir o efeito da lei de potência na distribuição dos graus. Os estudos conduzidos por Barabási e Albert (1999) levaram os pesquisadores a questionar sobre quais os mecanismo seriam responsáveis pelo surgimento das redes livres de escalas.

Figura 6 – Estrutura, distribuição de graus e matriz de adjacência de uma rede livre de escalas

Fonte: adaptado de Stobb *et al.* (2012)

O modelo proposto por Barabási e Albert (1999) sugeria que dois mecanismos muito simples seriam responsáveis pela ocorrência dessas redes:

- Crescimento da rede: redes reais, em contraste com os modelos de redes anteriormente discutidos, são sistemas abertos com adição contínua de nós.
- Ligação preferencial: redes reais, em contraste com os modelos de redes anteriormente discutidos, exibem conexões preferenciais por nós que possuam mais conexões. A probabilidade $p(k_i)$ de um novo nó j realizar uma conexão com o nó i depende do grau k_i :

$$p(k_i) = \frac{k_i}{\sum_j k_j} \quad (9)$$

3 Procedimentos metodológicos

Este estudo utilizou informações de patentes disponíveis na USPTO. As informações sobre o país dos depositantes permitiram identificar quais patentes receberam a contribuição de inventores brasileiros. O conjunto de dados disponível fornece informações sobre as patentes depositadas de 1º de janeiro de 1976 a 31 de outubro de 2018.

No Brasil, o Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI) é o escritório oficial para receber pedidos de patentes. No entanto, o INPI não é um dos principais destinos do mundo quando se trata de patentes internacionais - aquelas requeridas por meio do sistema PCT. Nem mesmo as instituições brasileiras, quando na proteção de invenções com potencial econômico relevante, realizam depósitos no escritório nacional, preferindo destinos como a USPTO (EICHIN, 2010). Como este estudo busca analisar comparativamente o Brasil em relação a outros países, foi necessário obter informações de patentes de outras fontes com dados suficientes para permitir a comparabilidade. Dessa forma, tendo em vista que apenas em 2017 mais de 50.000 pedidos foram depositados no escritório de patentes dos Estados Unidos (WIPO, 2018b), justifica-se a utilização dos dados da USPTO para este estudo.

A **primeira etapa** consistiu portanto na preparação do banco de dados com o desenvolvimento de um programa¹ para pesquisar e baixar todas as patentes da USPTO no período descrito. A rotina desenvolvida coletou os seguintes campos para cada patente: número da patente na USPTO, título da patente, países dos inventores, data do requerimento, data da emissão e código de classificação IPC/CPC (nos níveis de classe e de subclasse).

Uma vez que as patentes coletadas possuem sua classificação definida pelo código IPC/CPC, as áreas da indústria foram consideradas como aquelas classificações até o quarto nível (subclasse) do código IPC/CPC. A delimitação para o nível da subclasse é justificada por dois motivos. Primeiro, à medida que nos movemos para os últimos níveis (grupo e subgrupo), o número de divisões se torna muito amplo, de modo que, para alguns países, encontramos mais classificações diferentes do que quantidade de patentes. Segundo, as informações armazenadas nos níveis de grupo e subgrupo compreendem um

¹ Foram utilizados *Python* versão 3.7.0, *Request library* versão 2.19.1, *Beautiful Soup library* versão 4.4.0 e *Spyder Idle* versão 3.2.8.

nível muito alto de detalhamento, o que torna muito difícil classificar a novidade em um setor industrial sem analisar níveis acima na classificação.

A **segunda etapa** envolveu a análise da conformidade das informações, com todas as adaptações necessárias para corrigir e organizar os nomes dos países, ajustar os códigos de classificações e as verificações necessárias para erros e problemas.

Foi observada a existência de vínculo de inventores a ilhas não independentes (Ilhas Cocos, Ilhas Cayman, Ilhas Falkland, etc), colônias ou expansões territoriais (Groenlândia, Macau, Guianas Francesas, etc.) e países que não existem mais em razão de divisão ou incorporação a outras nações (U.R.S.S., Iugoslávia, Rodésia, etc.). Além disso, inventores que faziam parte do corpo funcional de pesquisadores ligados às organizações de patentes (WIPO, EPO, etc) recebiam uma codificação especial de território.

Não foi possível deixar de notar que considerando as informações da forma como foram apresentadas poderíamos chegar a resultados inusitados. Por exemplo, se porventura um dos habitantes de uma pequena ilha tivesse registrado uma patente, observaríamos para aquele território um índice muito alto de patentes por milhão de habitantes.

Procedemos então à identificação dos países com os quais cada território não independente estaria vinculado e consideramos ambos, território e país, como uma única unidade territorial. Assim, as patentes de Macau foram somadas às da China, as patentes da Polinésia Francesa foram somadas às da França, as patentes da Groenlândia foram somadas às da Dinamarca, e assim por diante.

Para os países que não mais existem utilizamos como regra considerar o maior país, em termos de população, que se originou posteriormente, visto que o antigo país pode ter se fragmentado também em dois ou mais países. Assim, as patentes da antiga U.R.S.S. foram somadas às da Rússia, as patentes da Alemanha Oriental foram somadas às da Alemanha, as patentes da Rodésia foram somadas às do Zimbabué, e assim por diante.

No total, realizamos essa operação para 37 territórios, cuja relação se encontra na **Tabela 2**. Finalmente, seis codificações foram desconsideradas - isto é, não foram contabilizadas para nenhum fim - neste estudo, em razão de ou estarem relacionadas às pesquisadores ligados às organizações de patentes ou da impossibilidade de vinculação dos territórios a algum país. São eles:

- AP: Organização Regional de Propriedade Intelectual Africana (ARIPO)
- EP: Escritório Europeu de Patentes (EPO)

- OA: Organização Africana da Propriedade Intelectual (OAPI)
- WO: Organização Mundial da Propriedade Intelectual (WIPO);
- EH: Saara Ocidental
- VA: Cidade do Vaticano

Como as patentes podem ser classificadas também como Patentes de Utilidade, Patentes de Design ou Patentes de Plantas, o número da patente permitiu obter a informação do seu tipo:

- As Patentes de Utilidade podem ser identificadas como uma sequência de seis, sete ou oito dígitos no número de identificação (exemplo: 12345678);
- As patentes de design podem ser identificadas como uma sequência de sete dígitos após um “D” (exemplo: D1234567);
- Patentes de plantas podem ser identificadas como uma sequência de seis dígitos após um duplo “P” (exemplo: PP123456).

O sítio da USPTO (2015) explica as diferenças entre esses tipos: as Patentes de Utilidade podem ser concedidas a qualquer um que invente ou descubra um processo novo e útil, máquina, artigo de manufatura ou composição de matéria, ou ainda quaisquer melhorias novas e úteis a partir deles; as Patentes de Design podem ser concedidas a qualquer pessoa que invente um design novo e original para um item de fabricação; e Patentes de Plantas podem ser concedidas a qualquer pessoa que invente ou descubra e assexuadamente reproduza qualquer variedade distinta e nova de planta.

Uma vez que o interesse desse trabalho foi analisar apenas as patentes que resultam de atividades inovadoras mais diretamente ligadas à indústria, apenas as Patentes de Utilidade foram usadas nesta investigação.

Na **terceira etapa**, com as informações tratadas realizamos as primeiras estatísticas descritivas no conjunto de dados para analisar as características da distribuição. As informações de contribuição em patentes dos países foram normalizadas dividindo-se a produção total pela população dos países, e assim definimos neste trabalho o índice de patentes por milhão de habitantes (IPMH):

$$IPMH = \frac{\text{total de patentes}}{\text{população total}} \times 1000000 \quad (10)$$

Tabela 2 – Territórios e respectivos países aos quais estão vinculados

Território	Vinculado ao país
República Democrática Alemã	Alemanha
Ilha Norfolk	Austrália
Ilhas Cocos	Austrália
Macau	China
Taiwan	China
Gronelândia	Dinamarca
ilhas Faroe	Dinamarca
Ilhas Marianas do Norte	E.U.A.
U.S.S.R.	Federação Russa
Guadalupe	França
Guiana Francesa	França
Martinica	França
Nova Caledônia	França
Polinésia Francesa	França
Ilha Bouvet	Noruega
Ilhas Cook	Nova Zelândia
Antilhas holandesas	Países Baixos
Aruba	Países Baixos
Bonaire, Santo Eustáquio e Saba	Países Baixos
Curaçao	Países Baixos
Sint Maarten (parte holandesa)	Países Baixos
Anguila	Reino Unido
Bermudas	Reino Unido
Geórgia do Sul e Ilhas Sandwich do Sul	Reino Unido
Gibraltar	Reino Unido
Guernsey	Reino Unido
Ilha de Man	Reino Unido
Ilhas Cayman	Reino Unido
Ilhas Malvinas	Reino Unido
Ilhas Turks e Caicos	Reino Unido
Ilhas Virgens Britânicas	Reino Unido
Jersey	Reino Unido
Montserrat	Reino Unido
Santa Helena, Ascensão e Tristão da Cunha	Reino Unido
Checoslováquia	República Checa
Jugoslávia	Sérvia
Rodésia	Zimbábue

Fonte: Elaborada pelo autor

Ainda nessa fase, comparamos a contribuição em patentes dos países com os principais indicadores de desenvolvimento: Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), Expectativa de vida ao nascer, anos de escolaridade esperados, média de anos de escola-

ridade e a Renda Nacional Bruta (RNB) per capita coletados na base de dados de 2017 disponibilizadas pelo Banco Mundial das Nações Unidas (WORLD BANK GROUP, 2018), além de um indicador de inovação, o *Global Innovation Index* desenvolvido pela WIPO (DUTTA *et al.*, 2018).

Como cada patente possui um conjunto de inventores e está relacionada a uma ou mais áreas da indústria, através da classificação do IPC/CPC, a construção de uma rede bipartida ligando países e setores industriais (**Figura 7**) foi providenciada na **quarta etapa**. Assim como em Gao e Zhou (2018), o peso de cada ligação foi definido como o número de inventores em um país que contribuíram para uma patente naquela indústria.

Figura 7 – Representação da rede bipartida

Fonte: Elaborada pelo autor

A partir da rede bipartida, foi necessário identificar quais países têm contribuições notórias e em quais áreas da indústria, e para esse fim foi utilizada uma adaptação no Índice de Vantagem Comparativa Revelada (*Revealed Comparative Advantage Index*, RCA), de Balassa (1965), o qual formalmente expressamos por

$$RCA_{c,i} = \frac{X_{ic}}{X_c} / \frac{X_i}{X} \quad (11)$$

Onde,

$RCA_{c,i}$ = Índice de Vantagem Comparativa Revelada, de um país c em um setor i ;

X_{ic} = quantidade de inventores do país c que possuem contribuição em patentes no setor i ;

X_c = quantidade de inventores do país c que possuem contribuição em patentes;

X_i = quantidade de inventores, de todos os países considerados neste estudo, que possuem contribuição em patentes no setor i ;

X = quantidade de inventores, de todos os países considerados neste estudo, que possuem contribuição em patentes.

Assim, na **quinta etapa** transformamos a rede bipartida em uma matriz de adjacência $M_{c,i}$, onde $M_{c,i} = 1$ se o país tiver o $RCA_{[c,i]} \geq 1$ e 0 caso contrário. Essa matriz evidenciará em quais setores i um país c possui vantagem relativa.

Para a **sexta etapa**, assim como em Hidalgo (2007), calculamos a diversidade e ubiquidade, somando-se as linhas e as colunas da matriz M_{ci} . A diversidade está relacionada à capacidade de um país de realizar competitivamente atividades em várias áreas da indústria e a ubiquidade diz respeito à observação de um setor tecnológico sendo explorado por vários países. Diversidade e ubiquidade são indicadores adicionais para avaliar o desempenho na colaboração patentes e a suas análises conjunta fornecem pistas importantes para avaliar o grau de sofisticação da inovação dos países.

$$Diversidade = \sum_i M_{ci} \quad (12)$$

$$Ubiquidade = \sum_c M_{ci} \quad (13)$$

Na **sétima etapa**, uma medida de proximidade entre os setores foi construída para formalizar a ideia intuitiva de que a capacidade de um país de inovar em um setor depende de sua capacidade de inovar em outros. Essa ideia foi traduzida na forma de uma relação quantitativa, como visto em Hidalgo (2007). Usando o RCA como uma indicação de um país contribuindo efetivamente para a inovação em uma indústria, definimos a proximidade entre os setores i e j como:

$$\phi_{i,j} = \min[P(RCA_{ci}|RCA_{cj}), P(RCA_{cj}|RCA_{ci})] \quad (14)$$

onde $p(RCA_{ci}|RCA_{cj})$ é a função de densidade da probabilidade condicional de contribuir efetivamente para a inovações no setor i por um país que já contribui efetivamente para as inovações no setor j . Nessa definição, considera-se o mínimo entre as duas funções de densidade da probabilidades condicionais, pois caso uma região seja a única a produzir inovação em um determinado setor, verificamos que a função de densidade da probabilidade condicional de inovar em qualquer outro setor seria igual a 1. O inverso não é verdadeiro e, usando o mínimo, evitamos esse problema.

Os dados foram armazenados em uma matriz de proximidades (matriz ϕ) que trouxe pistas sobre a forma como ocorre a transição entre os setores da indústria. Nessa etapa então providenciamos também a análise de segmentos, isto é, analisamos diferentes faixas de valores da matriz ϕ para melhor compreensão dos fenômenos observados.

A **nona etapa**, consistiu em utilizar os dados da matriz de proximidade para gerar uma Árvore Geradora Máxima (*Maximum Spanning Tree*, MST). Uma árvore geradora de um grafo com N nós é um subgrafo contendo todos os nós e somente $N - 1$ ligações, conectando todos esses nós (PEMMARAJU; SKIENA, 2003). Um grafo qualquer pode possuir mais de uma árvore geradora. Uma vez que as ligações de um grafo podem ter pesos - e no caso deste estudo os pesos das ligações são equivalentes aos valores observados para ϕ - a MST será a árvore geradora com os maiores valores para ϕ .

Considerando cada nó a representação de um setor da indústria (utilizando-se a informação da subclasse IPC/CPC) procedemos com a aplicação de uma adaptação do algoritmo de Kruskal (1956)², que pode ser descrito da seguinte forma:

- a) Classificamos cada uma das ligações da matriz ϕ em ordem decrescente de peso;
- b) Adicionamos a primeira conexão ao grafo. O grafo inicial terá, portanto, uma ligação e dois nós: os dois setores tecnológicos mais próximos;
- c) adicionamos a próxima maior ligação se e somente se a nova conexão trouxer um novo nó ao grafo;
- d) adicionamos mais ligações até que todos os nós sejam incluídos ao grafo.

A estrutura básica da MST, embora já auxilie na visualização, pode ser melhorada para destacar as distâncias, a fim de ressaltar os agrupamentos e a complementaridade entre os nós. Utilizamos algoritmos conhecidos como *layouts* de grafos direcionados por força (*Force-Directed Layout*) (MCGUFFIN, 2012). Na seção específica dos resultados serão fornecidos mais detalhes acerca do produto esperado da aplicação desses algoritmos, tendo em vista que se ganha em muito na compreensão ao acompanhar visualmente a construção, etapa por etapa, da rede.

Dado que a topologia influi no comportamento da rede e ela servirá como plataforma onde os países serão comparados, é preciso antes conhecer as características dessa plataforma. Portanto, na **décima etapa**, com a rede de proximidade entre os setores

² Originalmente, o Algoritmo de Kruskal busca uma Árvore Geradora Mínima, e não Máxima, como foi utilizada neste trabalho.

construída providenciamos o cálculo das estatísticas descritivas de rede, aplicando nessa etapa as equações fornecidas na seção de revisão da literatura de redes complexas, mais especificamente: o grau médio do nó (equação [2], página 28) para grafos não-direcionados, a densidade da rede (equação [4], página 28) e o coeficiente de *clustering* (equação [7], página 30), além de realizarmos uma análise da distribuição dos nós da rede. Calculamos também a distância geodésica média e o diâmetro da rede, como descrito na seção 2.3.2.

O cálculo da modularidade permitirá conhecer a forma como os setores se “agrupam” e pode fornecer *insights* acerca de macro-setores tecnológicos e como transitar através deles. A modularidade pode ser utilizada de duas maneiras para se realizar um processo de fatiamento da rede (NEWMAN, 2018): por meio do particionamento da rede ou por meio da detecção de comunidades. Ambas as técnicas requerem capacidade computacional para determinar o ponto ótimo de corte da rede. A diferença fundamental entre essas técnicas é que o número e o tamanho dos grupos resultantes é previamente especificado pelo pesquisador no particionamento da rede, enquanto que na detecção de comunidades essas informações não são definidas. A rotina desenvolvida pelo pesquisador deve encontrar automaticamente, portanto, no caso da detecção de comunidades, a quantidade adequada de fatias geradas e seus respectivos tamanhos.

Neste estudo optamos pela segunda abordagem tenho em vista ser ela a mais adequada quando se desconhece a estrutura da rede (Newman, 2018). Para determinar a qualidade das comunidades geradas, utilizamos portanto o conceito de modularidade desenvolvida por Newman (2018):

$$Q = \sum_i e_{ii} - \left(\sum_j e_{ij} \right)^2 \quad (15)$$

Onde Q é o índice de modularidade, e_{ii} é a fração de ligações dentro de uma mesma comunidade e e_{ij} a fração de ligações para outras comunidades - com e_{ii} e e_{ij} calculadas a partir da matriz ϕ . Utilizamos o método de Louvain (2008), implementado no software Gephi (BASTIAN; HEYMANN; JACOMY, 2009), versão 0.9.2, para realizar os cálculos computacionais de detecção de comunidades. As informações de comunidades foram então adicionadas à rede final para gerar o Espaço de Inovações em Patentes (EIP): uma rede complexa contendo todos os setores da indústria (representando cada subclasse do IPC/CPC), conectadas segundo a probabilidade de um país possuir vantagem comparativa

em um nó dado que já possui vantagem comparativa em outro nós da rede, e coloridas de modo a evidenciar a comunidade em que estão inseridas.

Finalmente na **décima primeira etapa** utilizamos o EIP para examinar o ambiente de competências em patentes analisando especificamente as patentes depositadas por brasileiros. Tendo em vista que este trabalho se concentra na construção da ferramenta, e carece-nos de conhecimentos mais profundos do significado de alguns setores tecnológicos, utilizamos o auxílio de uma tabela de concordância tecnológica. As patentes em uma determinada área de tecnologia podem se originar em uma ampla gama de setores. De forma inversa, mas semelhantemente, inventores que trabalham em empresas de determinado setor podem depositar patentes em diversos campos tecnológicos. Assim, estudos sobre atividades de patenteamento ligadas às atividades econômicas produtivas precisam ser compatíveis com as classificações setoriais da indústria. Dessa forma, as tabelas de concordância tecnológica são construídas para resumir uma série de classificação de patentes (seus códigos IPC/CPC) em áreas da indústrias. Neste trabalho utilizamos a IPC V8 NACE REV 2, elaborado pelo Gabinete de Estatísticas da União Europeia (European Statistical Office, EUROSTAT) que realiza a avaliação para códigos IPC na versão 8, com os códigos NACE (utilizado para classificação industrial) na versão 2 (LOOY; VEREYEN; SCHMOCH, 2014).

4 Resultados

4.1 Análise preliminar dos dados

O programa desenvolvido para este trabalho coletou informações de patentes disponíveis no banco de dados do USPTO de 1º de janeiro de 1976 a 31 de outubro de 2018. Foi possível a obtenção de informações de 6.153.598 patentes do tipo utilidade. Utilizando a relação de códigos de países fornecida pelo USPTO (Anexo A), foi possível identificar o país dos inventores para cerca de 4,5 milhões de patentes. Para a outra parcela de patentes as informações do local de origem se encontravam ausentes. Como descrevemos na seção de procedimentos metodológicos, as informações de territórios (por exemplo ilhas e expansões no exterior) foram agregadas aos respectivos países aos quais estavam vinculados, obtendo assim informações para 192 países soberanos.

Desses 192 países, nove não apresentaram contribuições de patentes durante o período em análise: Burundi, Guiné-Bissau, Lesoto, Mauritânia, Moçambique, Somália, São Tomé e Príncipe, Timor-Leste e São Vicente e Granadinas. A contribuição total de patentes de cada país pode ser vista na **Tabela 3**.

Tabela 3 – Quantidade de patentes por país

Ranking	País	Patentes
1	Estados Unidos da América	1.563.815
2	Japão	1.163.524
3	Alemanha	414.281
4	Coreia do Sul	214.224
5	França	167.832
6	Canadá	148.497
7	Reino Unido	123.648
8	China, República Popular da	92.325
9	Suíça	75.483
10	Itália	68.094
11	Países Baixos	62.223
12	Suécia	57.857

Continua na próxima página

Tabela 3 – Quantidade de patentes por país – continuação

Ranking	País	Patentes
13	Israel	51.173
14	Índia	39.850
15	Austrália	39.483
16	Bélgica	31.767
17	Finlândia	28.219
18	Áustria	26.549
19	Dinamarca	20.287
20	Cingapura	15.817
21	Espanha	15.345
22	Federação Russa	13.697
23	Noruega	11.430
24	Irlanda	9.285
25	China, Hong Kong S, A, R,	8.114
26	Brasil	5.999
27	Nova Zelândia	5.715
28	África do Sul	5.265
29	México	4.602
30	Hungria	4.520
31	Malásia	4.364
32	República Checa	4.016
33	Arábia Saudita	3.517
34	Polônia	3.097
35	Argentina	2.138
36	Luxemburgo	1.927
37	Grécia	1.651
38	Peru	1.591
39	Tailândia	1.544
40	Ucrânia	1.194
41	Filipinas	1.162

Continua na próxima página

Tabela 3 – Quantidade de patentes por país – continuação

Ranking	País	Patentes
42	Romania	1.162
43	Portugal	1.083
44	Bulgária	1.076
45	Liechtenstein	1.035
46	Venezuela	929
47	Chile	874
48	Islândia	786
49	Eslovênia	750
50	Egito	697
51	Emirados Árabes	666
52	Kuwait	589
53	Sérvia	549
54	Eslováquia	525
55	Colômbia	520
56	Irã	487
57	Indonésia	468
58	Croácia	431
59	Estônia	423
60	Mônaco	391
61	Costa Rica	320
62	Seychelles	283
63	Bahamas	275
64	Belarus	265
65	Paquistão	252
66	Lituânia	242
67	Jordânia	224
68	Líbano	213
69	Vietnã	211
70	Chipre	192

Continua na próxima página

Tabela 3 – Quantidade de patentes por país – continuação

Ranking	País	Patentes
71	Quênia	191
72	Coreia do Norte	185
73	Peru	183
74	Cuba	168
75	Letônia	167
76	Uruguai	160
77	Marrocos	151
78	Catar	143
79	Panamá	132
80	Sri Lanka	131
81	Armênia	130
82	Jamaica	123
83	Geórgia, República da	110
84	Malta	101
85	Trinidad e Tobago	97
86	Tunísia	95
87	Equador	94
88	Nigéria	80
89	República Dominicana	75
90	Cazaquistão	73
91	Bangladesh	68
92	Bósnia e Herzegovina	61
93	Guatemala	60
94	Omã	53
95	Mongólia	49
96	Bahrain	48
97	Moldávia, República da	48
98	Azerbaijão	46
99	Níger	45

Continua na próxima página

Tabela 3 – Quantidade de patentes por país – continuação

Ranking	País	Patentes
100	Bolívia	43
101	Camarões	43
102	Namíbia	43
103	Barbados	42
104	Zimbábue	42
105	Mali	41
106	Argélia	39
107	Andorra	38
108	Síria	37
109	Honduras	36
110	São Cristóvão e Nevis	32
111	Gabão	31
112	Brunei	28
113	Uzbequistão	27
114	Antígua e Barbuda	25
115	El Salvador	24
116	Suazilândia	22
117	Etiópia	21
118	Gana	21
119	Burkina Faso	20
120	Paraguai	19
121	Serra Leoa	19
122	Iraque	18
123	Madagáscar	16
124	Montenegro	16
125	Nicarágua	16
126	Tanzânia	16
127	Macedônia (antiga República Iugoslava)	15
128	Senegal	15

Continua na próxima página

Tabela 3 – Quantidade de patentes por país – continuação

Ranking	País	Patentes
129	Iémen	15
130	Haiti	13
131	Nepal	13
132	Tuvalu	13
133	Uganda	13
134	Albânia	12
135	Camboja	12
136	Ilhas Marshall	12
137	Maurício	12
138	Belize	11
139	Líbia	11
140	Angola	10
141	Chade	10
142	Djibouti	10
143	San Marino	10
144	Fiji	8
145	Sudão	8
146	Guiana	7
147	Quirguistão	7
148	Libéria	7
149	Samoa	7
150	Costa do Marfim	6
151	Myanmar	6
152	Nova Guiné	6
153	Suriname	6
154	Afeganistão	5
155	Congo	5
156	Dominica	5
157	Gâmbia	5

Continua na próxima página

Tabela 3 – Quantidade de patentes por país – continuação

Ranking	País	Patentes
158	Guiné	5
159	Laos	5
160	Zâmbia	5
161	República Centro-Africana	4
162	Eritréia	4
163	Granada	4
164	Malawi	4
165	Ilhas Salomão	4
166	Tonga	3
167	Botsuana	2
168	Cabo Verde	2
169	Nauru	2
170	Ruanda	2
171	Tajiquistão	2
172	Togo	2
173	Turcomenistão	2
174	Vanuatu (novas Hébridas)	2
175	Benin	1
176	Butão	1
177	Comores	1
178	República Democrática do Congo	1
179	Guiné Equatorial	1
180	Kiribati	1
181	Maldivas	1
182	Palau	1
183	Santa Lúcia	1
184	Burundi	0
185	Guiné-Bissau	0
186	Lesoto	0

Continua na próxima página

Tabela 3 – Quantidade de patentes por país – continuação

Ranking	País	Patentes
187	Mauritânia	0
188	Moçambique	0
189	São Tomé e Príncipe	0
190	Somália	0
191	São Vicente e Granadinas	0
192	Timor-Leste	0

Fonte: Elaborada pelo autor

As estatísticas descritivas foram geradas para o conjunto e estão resumidas na **Tabela 4**. Os valores para média, mediana e desvio padrão são 23.621,04, 48 e 144.916,54 patentes, respectivamente. Valores elevados foram observados para curtose (86,88) e assimetria (9,05). Na **Figura 8**, os dados foram impressos em um histograma (bins = 30). Uma discussão mais aprofundada dos valores observados pode ser acompanhada nas seções seguintes.

Tabela 4 – Medidas resumo das quantidades de patentes por país

Medida	Valor
Média	23,621.04
Erro Padrão	10,458.45
Mediana	48
Moda	0
Desvio Padrão	144,916.54
Variância	21,000,802,578.11
Curtose	86.88
Assimetria	9.05
Amplitude	1,563,815
Mínimo	0
25%	8
50%	48
75%	759
Máximo	1,563,815
Soma	4,535,239
Contagem	192

Fonte: Elaborada pelo autor

Figura 8 – Distribuição de frequências das quantidades de patentes por país (bins=30)

Fonte: Elaborada pelo autor

4.1.1 Características da distribuição

Notamos a princípio que os dados observados não se ajustam em uma distribuição gaussiana. Não foram encontrados valores típicos para a média, e os valores observados para curtose e assimetria foram muito altos. No entanto, a distribuição das patentes analisadas aparentemente se ajusta em uma lei de potência, ou seja, a uma distribuição exponencial. na forma de

$$y = Cx^{-\alpha} \quad (16)$$

onde y e x são duas variáveis, C é uma constante e α é o expoente da escala. Podemos ver na **Figura 9a** que poucos países contribuem muito para o sistema de patentes, e conforme diminuimos os valores na escala de patentes totais, o número de países observados aumenta exponencialmente.

Figura 9 – Distribuição de patentes. Em (a) vários segmentos da distribuição foram analisados e em (b) multiplicamos os eixos dos gráficos por diferentes fatores, sem observar mudanças significativas na distribuição

Fonte: Elaborada pelo autor

Com o passar do tempo, os países tendem a aumentar o seu repositório de patentes, o que afeta os valores das médias em diferentes anos. Mas os comportamentos na forma de uma lei de potência evidenciam que a probabilidade relativa entre pequenas e grandes contribuições em patentes é aproximadamente a mesma, não importando qual seja a escolha da escala analisada. A existência de leis de potência em nossas observações é um indicativo de interessantes processos complexos subjacentes no sistema em discussão.

Para reforçar esta tese, testamos duas propriedades fundamentais. Primeiro, a lei do potência é invariante às mudanças de escalas. Suponha-se que na equação [16] alteremos a escala da variável multiplicando-a por um fator z (como se alterássemos a escala de um mapa de metros para quilômetros). A variável x torna-se zx e o novo valor da variável y será:

$$zy = Cx^{-\alpha} = z^{-\alpha}Cx^{-\alpha} = z^{-\alpha}y \propto y$$

Podemos notar que a regularidade de qualquer lei de potência implica ausência de uma escala típica, cuja geometria é portanto fractal. Os fractais podem aparecer por várias razões: por dinâmica caótica, processos de crescimento, evolução, etc. Como destacado nas **Figuras 9a e 9b**, vários segmentos da distribuição foram analisados e multiplicamos os eixos dos gráficos por vários fatores, sem observar mudanças significativas na distribuição.

Segundo Clauset, Shalizi e Newman (2009), a lei de potência é expressa por uma linha reta em um gráfico logarítmico. É possível demonstrar matematicamente por:

$$\begin{aligned} y &= Cx^{-\alpha} \\ \ln(y) &= \ln(Cx^{-\alpha}) \\ \ln(y) &= \ln(C) + \ln(x^{-\alpha}) \\ \ln(y) &= \ln(C) - \alpha \cdot \ln(x) \end{aligned}$$

Que é a mesma forma da equação da linha:

$$Y = b + c.X \tag{17}$$

Onde,

$$Y = \ln(y), b = \ln(C), c = -\alpha, \text{ e } X = \ln(x)$$

O ajuste dos dados para a linha usando o método dos mínimos quadrados pode ser obtido com:

$$c = \frac{n.Sxy - SxSy}{n.Sx^2 - S^2x} \quad \text{e} \quad b = \frac{Sx^2Sy - SxSxy}{n.Sx^2 - S^2x} \tag{18}$$

Onde,

$$Sx := \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad Sy := \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \quad Sx^2 := \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i^2 \quad Sxy := \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i y_i$$

A **Figura 10**, representa o gráfico log-log da distribuição de patentes dos países. Para satisfazer a função $y = Cx^{-\alpha}$, encontramos a constante de proporcionalidade = 18,97 e expoente = -3,34. Possivelmente devido às poucas observações, um ruído é observado nas caudas da distribuição. Newman (2005) sugere algumas formas de correção, como simplesmente descartar os dados na cauda da curva, mas muitas vezes há informações úteis nesses dados.

Figura 10 – Distribuição de patentes por país, em escala log-log

Fonte: Elaborada pelo autor

As leis de potência são uma assinatura da existência de muitas propriedades observadas em sistemas complexos e, conseqüentemente, de muitas propriedades matemáticas especiais que podem ser resultados de processos endógenos interessantes, como ciclos de *feedback*, auto-organização, efeitos de rede, etc.

4.1.2 Regiões de origem dos depositantes

Os países cujos inventores produziram o maior número de patentes do tipo utilidade, em números absolutos, durante o período analisado estão listados em ordem decrescente na **Tabela 3**. Os Estados Unidos lideram a lista, seguidos pelo Japão, Alemanha, Coreia do Sul e França. Apenas os cinco primeiros contribuíram para mais da metade de todas as patentes analisadas na USPTO. Os dez primeiros lugares são dominados por países

da América do Norte (E.U.A. e Canadá), Ásia (Japão, Coreia do Sul e China) e Europa (Alemanha, França, Reino Unido, Suíça e Itália). O país mais bem colocado da Oceania, a Austrália, está em 15º lugar, seguido pela Nova Zelândia, em 27º. A América do Sul tem seu melhor representante na 26ª posição, com o Brasil, seguido pela Argentina, na 35ª posição. Na faixa dos 40 maiores países de patentes, apenas um país é da África, a África do Sul, na 28ª posição. Nenhum país da América Central ocupa as primeiras 40 posições.

Tendo em vista as diferenças no tamanho da população entre os países, e para alcançar uma melhor comparabilidade, a equação [10] (página 35) foi aplicada para se obter um índice de produção por milhão de habitantes (IPMH). A **Tabela 5**, com os valores para IPMH em decrescente, revela uma mudança no ranking dos países.

Tabela 5 – Patentes por milhão de habitantes

Ranking	País	Patentes
1	Liechtenstein	27.292,86
2	Mônaco	10.104,66
3	Japão	9.177,08
4	Suíça	8.916,00
5	Israel	5.873,58
6	Suécia	5.746,77
7	Finlândia	5.120,20
8	Alemanha	5.009,75
9	Estados Unidos da América	4.801,11
10	Coreia do Sul	4.162,42
11	Canadá	4.045,35
12	Países Baixos	3.631,79
13	Dinamarca	3.516,19
14	Luxemburgo	3.214,62
15	Áustria	3.013,78
16	Seychelles	2.952,75
17	Cingapura	2.818,30
18	Bélgica	2.793,42
19	França	2.500,53

Continua na próxima página

Tabela 5 – Patentes por milhão de habitantes – continuação

Ranking	País	Pat. / 1 M habit.
20	Islândia	2.303,07
21	Noruega	2.163,86
22	Irlanda	1.928,91
23	Reino Unido	1.872,82
24	Austrália	1.605,07
25	Nova Zelândia	1.192,14
26	Tuvalu	1.161,54
27	Itália	1.124,56
28	Hong Kong	1.097,72
29	Bahamas	695,57
30	São Cristóvão e Névis	578,19
31	Andorra	493,73
32	Hungria	462,11
33	República Checa	379,18
34	Eslovênia	362,89
35	Espanha	329,49
36	Estônia	321,56
37	San Marino	299,40
38	Antígua e Barbuda	245,07
39	Ilhas Marshall	225,87
40	Malta	217,07
41	Chipre	162,77
42	Grécia	153,43
43	Bulgária	152,06
44	Barbados	147,00
45	Nauru	146,53
46	Kuwait	142,39
47	Malásia	138,00
48	Arábia Saudita	106,78

Continua na próxima página

Tabela 5 – Patentes por milhão de habitantes – continuação

Ranking	País	Pat. / 1 M habit.
49	Portugal	105,21
50	Croácia	104,47
51	Eslováquia	96,51
52	Federação Russa	94,79
53	África do Sul	92,83
54	Letônia	86,05
55	Lituânia	85,58
56	Polônia	81,55
57	Sérvia	78,18
58	Emirados Árabes	70,85
59	Trinidad e Tobago	70,85
60	Dominica	67,64
61	China	66,59
62	Brunei	65,31
63	Costa Rica	65,23
64	Roménia	59,33
65	Catar	54,18
66	Chile	48,41
67	Argentina	48,29
68	Uruguai	46,29
69	Palau	46,02
70	Armênia	44,36
71	Jamaica	42,56
72	Granada	37,10
73	Samoa	35,63
74	México	35,63
75	Líbano	35,02
76	Panamá	32,21
77	Barém	32,16

Continua na próxima página

Tabela 5 – Patentes por milhão de habitantes – continuação

Ranking	País	Pat. / 1 M habit.
78	Índia	29,76
79	Geórgia, República da	29,59
80	Belize	29,36
81	Venezuela	29,05
82	Brasil	28,66
83	Belarus	27,87
84	Tonga	27,77
85	Ucrânia	26,63
86	Montenegro	25,70
87	Jordânia	23,09
88	Tailândia	22,36
89	Peru	19,70
90	Bósnia e Herzegovina	17,39
91	Namíbia	16,97
92	Suazilândia	16,09
93	Mongólia	15,93
94	Gabão	15,31
95	Cuba	14,63
96	Moldávia, República da	13,52
97	Omã	11,43
98	Filipinas	11,08
99	Suriname	10,65
100	Colômbia	10,60
101	Djibuti	10,45
102	Maurício	9,49
103	Guiana	9,00
104	Fiji	8,83
105	Kiribati	8,59
106	Tunísia	8,24

Continua na próxima página

Tabela 5 – Patentes por milhão de habitantes – continuação

Ranking	País	Pat. / 1 M habit.
107	Coreia do Norte	7,26
108	Vanuatu (novas Hébridas)	7,24
109	Macedônia (antiga República Iugoslava)	7,20
110	Egito	7,14
111	República Dominicana	6,97
112	Ilhas Salomão	6,54
113	Sri Lanka	6,11
114	Irã	6,00
115	Peru	5,69
116	Equador	5,65
117	Santa Lúcia	5,59
118	Azerbaijão	4,66
119	Marrocos	4,23
120	Albânia	4,18
121	Cazaquistão	4,05
122	Bolívia	3,89
123	Honduras	3,89
124	Quênia	3,84
125	El Salvador	3,76
126	Cabo Verde	3,66
127	Guatemala	3,55
128	Paraguai	2,79
129	Nicarágua	2,57
130	Zimbábue	2,54
131	Serra Leoa	2,51
132	Gâmbia	2,38
133	Maldivas	2,29
134	Mali	2,21
135	Vietnã	2,21

Continua na próxima página

Tabela 5 – Patentes por milhão de habitantes – continuação

Ranking	País	Pat. / 1 M habit.
136	Níger	2,10
137	Síria	2,03
138	Camarões	1,79
139	Indonésia	1,77
140	Líbia	1,73
141	Libéria	1,48
142	Paquistão	1,28
143	Butão	1,24
144	Comores	1,23
145	Haiti	1,18
146	Quirguistão	1,13
147	Burkina Faso	1,04
148	Congo	0,95
149	Senegal	0,95
150	Argélia	0,94
151	Eritreia	0,89
152	Botsuana	0,87
153	República Centro-Africana	0,86
154	Uzbequistão	0,83
155	Guiné Equatorial	0,79
156	Camboja	0,75
157	Laos	0,73
158	Gana	0,73
159	Nova Guiné	0,73
160	Chade	0,67
161	Sudão	0,64
162	Madagáscar	0,63
163	Iémen	0,53
164	Iraque	0,47

Continua na próxima página

Tabela 5 – Patentes por milhão de habitantes – continuação

Ranking	País	Pat. / 1 M habit.
165	Nepal	0,44
166	Nigéria	0,42
167	Bangladesh	0,41
168	Guiné	0,39
169	Turcomenistão	0,35
170	Angola	0,34
171	Uganda	0,30
172	Zâmbia	0,29
173	Tanzânia	0,28
174	Togo	0,26
175	Costa do Marfim	0,25
176	Tajiquistão	0,22
177	Malawi	0,21
178	Etiópia	0,20
179	Ruanda	0,16
180	Afeganistão	0,14
181	Myanmar	0,11
182	Benin	0,09
183	República Democrática Do Congo	0,01
184	Burundi	0,00
185	Guiné-Bissau	0,00
186	Lesoto	0,00
187	Mauritânia	0,00
188	Moçambique	0,00
189	São Tomé e Príncipe	0,00
190	São Vicente e Granadinas	0,00
191	Somália	0,00
192	Timor-Leste	0,00

Fonte: Elaborada pelo autor

O novo conjunto evidenciou países com populações pequenas, mas com contribuições relativamente maiores em patentes. É o caso de Liechtenstein, Mônaco, Seychelles, Islândia, Tuvalu, Bahamas, Saint Kitts e Nevis, Andorra, Eslovênia, Estônia, San Marino, Antígua e Barbuda, Ilhas Marshall e Malta.

Por outro lado, países com grandes populações, mas com contribuições relativamente menores em patentes foram para posições mais abaixo no ranking. É o caso da China, Índia, Rússia, Brasil, África do Sul, México, Malásia, Arábia Saudita, Polônia, Argentina, Grécia, Turquia, Tailândia e Ucrânia.

As análises preliminares não nos permitem concluir que o tamanho do país é um fator crucial para um melhor desempenho em patentes (**Figura 11a**). Podemos observar mais claramente, através do conjunto de gráficos da **Tabela 11b**, a posição de países como a China e a Índia, que têm uma contribuição total substancial em patentes, mas uma baixa contribuição de patentes por milhão de habitantes. Liechtenstein, Mônaco e Suíça, por outro lado, possuem uma baixa contribuição total em patentes, mas uma alta contribuição de patentes por milhão de habitantes.

Os dados também foram comparados com os indicadores de desenvolvimento (índice de desenvolvimento humano (IDH), expectativa de vida ao nascer, expectativa de anos de escolaridade, média de anos de escolaridade, Renda Nacional Bruta (RNB) per capita) coletados a partir da última base de dados disponibilizadas pelo Banco Mundial, das Nações Unidas (WORLD BANK GROUP, 2018) e um indicador de inovação (*Global Innovation Index*) desenvolvido pela WIPO (DUTTA *et al.*, 2018). Dados os altos valores de assimetria nas distribuições (**Tabela 6**), os dados foram comparados em uma escala logarítmica para reduzir o efeito da distorção observada.

Tabela 6 – Valores observados para Assimetria, em escala normal

	Total de patentes	IPMH
Total de patentes	8,869613388	12,634289
Patentes por milhão de habitantes	12,63428888	7,763635
População	11,54429254	11,543893
Índice de Desenvolvimento Humano	12,63498349	10,932997
Expectativa de vida ao nascer	12,63547719	10,996132
Expectativa de anos de escolaridade	12,63507072	10,945039
Média de anos de escolaridade	12,63503801	10,940556
Renda Nacional Bruta (RNB) per capita	12,28915683	2,737247

Fonte: Elaborada pelo autor

Figura 11 – Comparação entre o tamanho da população e o número de patentes de um país, total e por milhão de habitantes

Fonte: Elaborada pelo autor

A **Tabela 7** apresenta as correlações de *Pearson* e R^2 entre os indicadores de produção de patentes e os indicadores de desenvolvimento, todos para uma escala log-log e $p - value < 0,01$. As regressões geradas para analisar essas relações foram anexas no **Apêndice A**. Apesar da correlação moderada encontrada entre a produção de patentes e o tamanho do país, encontramos uma forte correlação entre o IPMH e todos os outros indicadores de desenvolvimento. A correlação mais alta observada foi com a Renda Nacional Bruta (RNB) per capita ($\rho = 0,813$, valor $p < 0,001$), seguido pelo IDH ($\rho = 0,805$, valor

$p < 0,001$), indicando que a contribuição ao sistema de patentes está de alguma forma relacionada ao seu nível de prosperidade.

Tabela 7 – Correlação de *Pearson* e R^2 entre a produção de patentes e variáveis de desenvolvimento, todos em escala log-log e $p\text{-value} < 0,01$

		Total de patentes	IPMH
Total de patentes	ρ	1,0	0,791
	R^2	1,0	0,625
Patentes por milhão de habitantes	ρ	0,791	1,0
	R^2	0,625	1,0
População	ρ	0,443	-0,198
	R^2	0,196	0,039
Índice de Desenvolvimento Humano (IDH)	ρ	0,655	0,805
	R^2	0,429	0,648
Expectativa de vida ao nascer	ρ	0,616	0,753
	R^2	0,379	0,567
Expectativa de anos de escolaridade	ρ	0,597	0,702
	R^2	0,357	0,492
Média de anos de escolaridade	ρ	0,551	0,708
	R^2	0,303	0,501
Renda Nacional Bruta (RNB) per capita	ρ	0,669	0,813
	R^2	0,447	0,661

Fonte: Elaborada pelo autor

Uma correlação muito forte foi observada entre o IPMH e o *Global Innovation Index* da WIPO ($\rho = 0.926$, $p\text{-value} < 0.001$) na **Figura 12**, que se por um lado pode ser um indicativo de que o estudo de inovações em patentes pode residir em fatores que justifiquem a construção de métricas específicas, por outro, a necessidade de usar uma composição de métricas excessivamente variadas e complexas, como a utilizada pela WIPO, é questionada.

Finalmente, no mapa na **Figura 13**, que indica as regiões geográficas que mais contribuem para inovações no sistema de patentes, os países foram classificados de 1 a 5 segundo uma escala exponencial (**Tabela 8**).

O resultado mostra que uma menor contribuição de patentes por habitantes está associada às regiões da África, Ásia Ocidental, Ásia Central, Sudeste Asiático, América Central e América do Sul. Uma contribuição mais elevada de de patentes por habitantes está associada a vários países do norte, noroeste, oeste e, em menor grau, sul da Europa, Arábia Saudita, leste Asiático, Malásia, Austrália e Nova Zelândia.

Figura 12 – Comparação entre o *Global Innovation Index* da WIPO e o número de patentes de um país, total e por milhão de habitantes

Fonte: Elaborada pelo autor

Tabela 8 – Classificação de países, por escala exponencial, para a representação no mapa na **Figura 13**

Classificação	Patentes por milhão de habitantes	Número de países
5	$x \geq 1.000$	26
4	$1.000 > x \geq 100$	20
3	$100 > x \geq 10$	51
2	$10 > x \geq 1$	45
1	$x < 1$	44

Fonte: Elaborada pelo autor

Figura 13 – Classificação dos países de acordo com a quantidade de patentes por milhão de habitantes

Fonte: Elaborada pelo autor

4.2 *Vantagem comparativa revelada em patentes*

Como cada patente possui um conjunto de inventores e está relacionada a uma ou mais áreas da indústria, por meio da classificação IPC/CPC, providenciamos a construção de uma rede bipartida ligando países e setores industriais (**Figura 7**). O peso de cada elo foi definido como o número de inventores de um país que contribuíram com patentes para aquela indústria.

Ao contabilizar as patentes de inventores de um país para um setor específico da indústria, é importante considerar também qual a contribuição do país como um todo, isto é, para todos os setores da indústria. A partir dessas informações podemos obter a participação de cada setor e identificar quais são proeminentes em cada país.

É igualmente importante conhecer a contribuição total do mundo naquele setor em particular que está sendo analisado, para assim determinar a participação do país no mundo.

Para possibilitar a comparabilidade nos setores industriais, empregamos uma adaptação do índice de vantagem comparativa revelada (RCA), de Balassa (1965), definido na página 37. Originalmente o RCA é uma métrica utilizada para medir a intensidade do comércio internacional de um país em relação a uma região ou ao mundo. Esse é um indicador da estrutura relativa das exportações de um país ao longo do tempo e usa o peso das exportações mundiais em um determinado setor para normalizar o peso das exportações do mesmo setor para cada país.

A utilização dessa abordagem permite avançar sobre dois problemas. Primeiro, não obtivemos evidências suficientes para avaliar o impacto do tamanho da população como fator para um melhor desempenho na colaboração de patentes, que pode também residir em outros fatores, mas pode-se esperar que grandes países, como a China e a Índia, tenham um número absoluto de patentes maior do que países menores como Liechtenstein ou Mônaco.

Em segundo lugar, existem setores maiores que empregam mais pessoas e mais pesquisadores e, conseqüentemente, produzem mais pesquisa e inovação. O RCA normaliza as informações da participação específica de um setor de um país comparativamente ao mundo.

Adaptamos, portanto, essa medida (equação [11], página 37) e a utilizamos para construir uma matriz que identifica quais países têm contribuições destacadas e em quais áreas da indústria. Transformamos a rede bipartida em uma matriz de adjacência $M_{c,i}$, onde $M_{c,i} = 1$ se o país tiver o RCA maior ou igual a 1 e 0 de outra forma.

4.3 Diversidade e Ubiquidade

Uma vez que temos a matriz de adjacência $M_{c,i}$ destacando onde $RCA \geq 1$, podemos calcular a diversidade da colaboração entre os países e a ubiquidade dos setores industriais nas patentes dos países.

A diversidade está relacionada à capacidade de um país de realizar atividades em várias áreas da indústria. A contribuição feita em uma patente pode ser tomada como uma indicação de algum grau de conhecimento em uma indústria particular. Alguns países, portanto, têm inventores em diversas áreas do conhecimento capazes de inovar em um conjunto mais diversificado de setores. A diversidade inovadora de um país pode, até certo ponto, ser expressa na diversidade de patentes para as quais ele contribui, como ilustrado na **Figura 14**.

Figura 14 – Diversidade e Ubiquidade. Neste exemplo, o país C_2 possui a maior diversidade, pois contribui para mais setores diferentes. O setor I_1 , por sua vez, é o que possui maior ubiquidade, pois recebe contribuições de mais países diferentes.

Usamos a equação [12] (página 38) para obter um ranking de países segundo a diversidade e destacamos os 40 mais bem colocados na **Tabela 9**.

Tabela 9 – Ranking com os 40 países de maior diversidade

Rank	País	Setores da indústria
1	Alemanha	384
2	Itália	365
3	Canadá	362
4	França	346
5	Suécia	331
6	Suíça	313
7	Áustria	305
8	África do Sul	286
9	México	285
10	Espanha	284
11	Austrália	281
12	Nova Zelândia	261
13	Brasil	257
14	Países Baixos	255
15	Estados Unidos da America	250
16	Federação Russa	242
17	Reino Unido	239
18	Dinamarca	238
19	Noruega	238
20	Bélgica	222
21	Albânia	208
22	Japão	203
23	Hong Kong	194
24	Finlândia	191
25	República Checa	190
26	Kuwait	190
27	Colômbia	189
28	Peru	186
29	Tailândia	183
30	Polônia	182
31	Argentina	175
32	Irã	166
33	Eslovênia	163
34	Portugal	160
35	Emirados Árabes	159
36	Grécia	157
37	Hungria	156
38	Arábia Saudita	156
39	Venezuela	154
40	Irlanda	153

Fonte: Elaborada pelo autor

De acordo com os dados do Banco Mundial (WORLD BANK GROUP, 2018) em termos de produção de riquezas, Brasil e Itália podem ser considerados equivalentes, uma vez que o Produto Interno Bruto (PIB) dos dois países foi de aproximadamente U\$ 2 trilhões em 2017, apesar da população brasileira ser mais de três vezes superior à da Itália. No entanto, os inventores da Itália alcançaram destaque ($RCA \geq 1$) ao longo do tempo em inovações para 365 áreas diferentes, enquanto o Brasil alcançou destaque ($RCA \geq 1$) em 257 áreas diferentes. A Itália, portanto, possui maior diversidade de setores explorados.

Notamos, no entanto, que o aumento da produção de patentes não implica automaticamente em uma maior diversidade de setores industriais explorados. Os Estados Unidos e o Japão, que lideram o ranking da produção total de patentes, caíram para as posições 15 e 22 no ranking de diversidade. Mesmo o Brasil está à frente de ambos os países em termos de diversidade.

Isso pode estar relacionado a quais setores da indústria esses países estão explorando. A ubiquidade diz respeito à observação de um setor tecnológico sendo explorado por vários países. Patentes em setores de tecnologia que exigem muito conhecimento prévio só são possíveis em lugares onde todo o conhecimento necessário esteja disponível. Setores ubíquos são frequentemente relacionados às áreas de baixa complexidade industrial e seriam naturalmente encontrados no conjunto de inovações na maioria dos países.

Usando a equação [13] (página 38) para ubiquidade, obtemos uma lista dos setores (subclasses do IPC/CPC) mais ubíquos, sendo os 40 setores mais bem colocados destacados na **Tabela 10**.

Para fins de comparação, analisemos o exemplo do Brasil e Japão. O Brasil, em 13º no ranking de diversidade, possui um corpo de inventores que ajudou a alcançar a especialização em inovação em 257 diferentes áreas da indústria, enquanto o corpo de inventores do Japão, 22º no ranking de diversidade, alcançou resultados semelhantes para 203 áreas da indústria.

No entanto, se fizermos uma análise com o auxílio do índice de ubiquidade (**Tabela 11**), notamos que o Brasil efetivamente alcançou especialização em patentes em 4 áreas com baixa ubiquidade (dez ou menos países especializados nesses setores) enquanto o Japão se especializou em 35 áreas com baixa ubiquidade. O conhecimento de regiões que exploram áreas com baixa ubiquidade é útil porque nem todos os países podem explorar setores industriais sofisticados; assim a análise combinada da diversidade e da ubiquidade

Tabela 10 – Ranking com os 40 setores mais ubíquos

Rank	Subclasse	Descrição	Países
1	A61K	Preparações para finalidades médicas, odontol...	111
2	C12N	Micro-organismos ou enzimas; suas composições...	84
3	C07K	Peptídeos (peptídeos contendo anéis de β – lact...	80
4	C02F	Tratamento de água, de águas residuais, de es...	79
5	G01N	Investigação ou análise dos materiais pela de...	79
6	A23L	Alimentos, produtos alimentícios ou bebidas n...	70
7	B01J	Processos químicos ou físicos, p. ex. catális...	68
8	C07C	Compostos acíclicos ou carbocíclicos (prepara...	65
9	A01N	Conservação de corpos de seres humanos ou ani...	64
10	A61B	Diagnóstico; cirurgia; identificação (análise...	63
11	C07D	Compostos heterocíclicos (preparação de compo...	63
12	B01D	Separação (separação de sólidos de outros sól...	62
13	C01B	Elementos não-metálicos; seus compostos (ferm...	62
14	C04B	Cal; magnésia; escória; cimentos; suas compos...	59
15	C09K	Materiais para aplicações diversas, não inclu...	59
16	C12P	Processos de fermentação ou processos que uti...	59
17	E04B	Estrutura geral de edificações; paredes, p. e...	59
18	E21B	Perfuração do solo ou rocha (mineração, explo...	59
19	C22B	Produção ou refino de metais (produção de pó ...	58
20	H04L	Transmissão de informação digital, p. ex. com...	58
21	A61F	Filtros implantáveis nos vasos sanguíneos; pr...	55
22	C01G	Compostos contendo metais não abrangidos pela...	55
23	A61C	Odontologia; aparelhos ou métodos para higien...	54
24	A61L	Métodos ou aparelhos para esterilizar materia...	54
25	B63B	Navios ou outras embarcações; equipamento par...	54
26	B65D	Recipientes para armazenamento ou transporte ...	54
27	C07F	Compostos acíclicos, carbocíclicos ou heteroc...	54
28	G09B	Aparelhos educativos ou de demonstração; apar...	54
29	C12Q	Processos de medição ou ensaio envolvendo enz...	53
30	C12R	Esquema de indexação associado às subclasses ...	53
31	C07H	Açúcares; seus derivados; nucleosídeos; nucle...	52
32	F16K	Válvulas; torneiras; registros; boias de acio...	52
33	A61Q	Uso específico de cosméticos ou preparações s...	51
34	E02D	Fundações; escavações; aterros (especialmente...	51
35	F03B	Máquinas ou motores para líquidos (máquinas o...	50
36	G06K	Identificação de dados; apresentação de dados...	50
37	B01F	Mistura, p. ex. dissolução, emulsificação, di...	49
38	C08B	Polissacarídeos; seus derivados (polissacaríd...	49
39	C10L	Combustíveis não incluídos em outro local; gá...	49
40	G01V	Geofísica; medições da gravitação; detecção d...	49

Fonte: Elaborada pelo autor

fornece um indicador que permite avaliar a sofisticação da inovação de patentes de um país.

Tabela 11 – Os 40 países que mais exploram setores pouco ubíquos

Rank	País	Setores com baixa ubiquidade	Diversidade
1	França	37	346
2	Alemanha	37	384
3	Japão	35	203
4	Suíça	33	313
5	Canadá	32	362
6	Itália	31	365
7	EUA	27	250
8	Suécia	23	331
9	Bélgica	20	222
10	Austrália	20	281
11	China	14	149
12	Reino Unido	14	239
13	Países Baixos	14	255
14	Áustria	13	305
15	Finlândia	12	191
16	Hong Kong	12	194
17	Espanha	12	284
18	Federação Russa	10	242
19	África do Sul	9	286
20	Kuwait	7	190
21	Dinamarca	7	238
22	México	6	285
23	Nova Zelândia	5	261
24	Lituânia	4	77
25	Coreia do Sul	4	81
26	Índia	4	88
27	Coreia do Norte	4	93
28	Israel	4	142
29	Indonésia	4	144
30	Irlanda	4	153
31	Emirados Árabes	4	159
32	República Checa	4	190
33	Noruega	4	238
34	Brasil	4	257
35	Panamá	3	99
36	Eslováquia	3	138
37	Venezuela	3	154
38	Tailândia	3	183
39	Mongólia	2	63
40	Uruguai	2	73

Fonte: Elaborada pelo autor

4.4 Matriz de proximidade entre setores da indústria

Uma medida de proximidade foi construída para formalizar a ideia intuitiva de que a capacidade de um país inovar em um setor depende de sua capacidade de inovar em outros. Essa ideia foi traduzida na forma de uma relação quantitativa. Utilizando $RCA \geq 1$ como uma indicação de um país contribuindo efetivamente para a inovação em uma indústria, definimos a proximidade entre os setores i e j na forma de ϕ , cuja forma de cálculo encontra-se descrita na equação [14] (página 38).

Definimos o espaço de colaboração em patentes como o conjunto de todas as medidas de proximidade (valores para ϕ). O espaço analisado consiste em uma matriz de 643 x 643, onde cada linha e coluna dessa matriz representa uma área da indústria. A **Figura 15a** exibe a matriz de proximidade onde as linhas e colunas são ordenadas segundo a codificação do nível 4 apresentada pelo IPC/CPC. A **Figura 15b** exibe a mesma matriz, mas com as linhas e colunas ordenadas de acordo com o valores de ϕ (do maior para o menor).

Figura 15 – Matrix ϕ de proximidade em a) ordem alfabética, e em b) ordem dos valores de ϕ (do maior para o menor)

Fonte: Elaborada pelo autor

Um espaço homogêneo implicaria em valores uniformizados (cores homogêneas), mas a matriz observada indica a existência de um modelo de escada, sugerindo uma transição por diferentes setores industriais, com algumas áreas mais conectadas que outras. Na **Figura 16**, buscamos analisar diversos segmentos da matriz ϕ (10 primeiros elementos, 50 primeiros elementos, 100 primeiros elementos, e assim por diante) e as informações coletadas dos segmentos exibem um comportamento preferencial pelas seções B (operações de processamento; transporte) e F (engenharia mecânica; iluminação; aquecimento; armas;

explosão), seguidas pelas seções C (química; metalurgia) e E (construções fixas). As faixas evoluem posteriormente para as Seções A (necessidades humanas), D (têxteis; papel), G (física) e H (eletricidade).

Figura 16 – Participação dos setores tecnológicos por segmentos da matriz ϕ de proximidades

Fonte: Elaborada pelo autor

Como um todo, a distribuição do espaço é esparsa, com os valores de ϕ distribuído de acordo com a **Tabela 12**, onde 5% das observações são iguais a zero, 20% menos que 0,1 e 50%, menores que 0,2 (ver também **Figura 17**).

Tabela 12 – observações (links)
por valores de ϕ

Valor ϕ	links	% acumulado
= 0	20.959	5,07%
< 0,1	82.663	19,99%
< 0,2	204.049	49,35%
< 0,3	320.967	77,63%
< 0,4	383.047	92,65%
< 0,5	406.331	98,28%
< 0,6	412.251	99,71%
< 0,7	412.747	99,83%
< 0,8	412.809	99,85%
< 0,9	412.811	99,85%
<= 1	413.449	100,00%

Fonte: Elaborada pelo autor

Figura 17 – Distribuição de frequências (acumulada) para valores de ϕ

Fonte: Elaborada pelo autor

4.5 Rede complexa para o espaço de inovações em patentes

A matriz ϕ fornece uma visão de proximidade entre 643 setores da indústria, evidenciando 643 x 642 relacionamentos diferentes. A observação direta dos dados na forma tabular dificulta a análise devido ao grande número de conexões de baixo valor (conexões fracas) entre as áreas analisadas. Assim, a análise por meio de grafos e redes nos permite focar nas conexões e no contexto de dados e não apenas nos elementos em si. Como em nove setores não foram encontrados elos (não houve inovações patenteadas para nove classes do IPC/CPC), apenas 634 nós foram considerados nesta etapa.

Notamos, no entanto, que a simples construção de uma rede baseada nessa matriz fornece uma estrutura com uma componente central altamente conectada e uma região periférica muito desconectada ou com pouquíssimas conexões (**Figura 18**), novamente afetado pela grande número de conexões de baixo valor (conexões fracas). Para uma análise mais útil, procedemos à construção de uma Árvore Geradora Máxima (*Maximum Spanning Tree*, MST).

Figura 18 – Grafo com todos os nós e todas as ligações obtidas da matriz de proximidade ϕ

Fonte: Elaborada pelo autor

A representação da Árvore Geradora de um grafo com N nós é um subgrafo conectado e não direcionado com $N - 1$ ligações. Um determinado grafo $G(N,E)$ pode ter mais de um subgrafo de árvore geradora. A MST é, portanto, o subgrafo cuja soma dos pesos das ligações é maior ou igual à soma dos pesos das ligações de quaisquer outras

árvores de abrangência observadas para o mesmo grafo. As etapas de construção da MST são descritos na nona etapa, da seção de procedimentos metodológicos.

A MST destaca a conexão mais forte que cada nó faz (**Figura 19**). No entanto, também é útil analisar as conexões fortes não consideradas no MST. Assim, prosseguimos com a inclusão de todas as ligações com $\phi \geq 0.55$. Testamos alguns valores para cortes em ϕ de modo que valores para o grau médio do nó (segundo a equação [2], página 28) muito acima de 5 dificultavam a visualização.

A rede final então passa a ser composta de 634 nós e 1.693 conexões (**Figura 20**).

Figura 19 – Rede utilizando dados da Árvore Geradora Máxima (*Maximum Spanning Tree*, MST)

Fonte: Elaborada pelo autor

Figura 20 – MST e todas as ligações com $\phi \geq 0.55$

Fonte: Elaborada pelo autor

A estrutura básica da MST, embora já auxilie muito na visualização, pode ser melhorada para destacar as distâncias, a fim de ressaltar os agrupamentos e a complementaridade entre os nós. Para isso, utilizamos algoritmos conhecidos como layouts de grafos direcionados por força (*Force-Directed Layout*) (MCGUFFIN, 2012). Esses algoritmos exibem um comportamento de atração semelhante à lei de Hooke aplicado às molas e exibem simultaneamente forças repulsivas similares à lei de Coulomb nas partículas carregadas eletricamente. Os nós com poucas ligações (baixo grau) são, portanto, empurrados para a borda da rede, enquanto os nós com mais ligações (alto grau) são agrupados nas regiões mais centrais (MCGUFFIN, 2012). Neste trabalho, usamos o algoritmo *Force Atlas*

2 (JACOMY *et al.*, 2014), que calcula uma força de atração clássica F_a que depende linearmente da distância de dois nós (n_1, n_2) :

$$F_a(n_1, n_2) = d(n_1, n_2) \quad (19)$$

e uma força de repulsão F_r , proporcional ao produto dos graus de dois nós, mais um $(deg + 1)$:

$$F_r(n_1, n_2) = k_r \frac{(deg(n_1) + 1)(deg(n_2) + 1)}{d(n_1, n_2)} \quad (20)$$

onde k_r é uma variável aleatória definido pelo pesquisador que aplica o algoritmo.

A escolha por layouts de grafos direcionados por força é adequada devido à expectativa de observar mais nós conectados na região central e menos nós conectados na região periférica. A depender da estratégia adotada pelo país, ao se buscar caminhos para inovar por meio dos sistemas de patentes deve-se evoluir nos setores industriais em direção ao centro ou para fora da rede (**Figura 21**).

4.6 Anatomia da rede de inovações em patentes

A partir da rede gerada na seção anterior, providenciamos o cálculo das estatísticas descritivas de rede, resumidas na **Tabela 13**. Foi observado grau médio por nó de 5,341, diâmetro da rede de 22 e densidade de 0,008, indicando uma rede altamente esparsa. A distribuição de nós pode ser visualizada na **Figura 22a**, e a sua forma log-log na **Figura 22b**, que fornece fortes indícios da existência de uma distribuição de graus na forma de lei de potência e, portanto, de um modelo de rede livre de escalas.

Tabela 13 – Estatísticas descritivas de rede

Métrica	Valor
Nós (N)	634
Ligações (E)	1.693
Grau médio do nó ($\bar{k}$)	5.341
Densidade (D)	0.008
Coeficiente de Clustering (C)	0.245
Distância geodésica média	6.376
Diâmetro da rede	22

Fonte: Elaborada pelo autor

Figura 21 – Visualização da rede de inovações em patentes utilizando algoritmo de *layout* dirigido por força

Fonte: Elaborada pelo autor

A média das distâncias geodésicas da rede é de 6,376, próxima ao observado nos experimentos de Milgran (TRAVERS; MILGRAM, 1967) quando na conceituação dos fenômenos de *small world*. Finalmente, obtivemos um coeficiente de *clustering* de 0,245, equiparável aos valores observados nos modelos representativos de redes reais (**Tabela 14**).

Figura 22 – Distribuição de nós da rede, em a) escala normal e em b) escala log-log

Fonte: Elaborada pelo autor

Tabela 14 – Comparativo: coeficiente de *clustering* em redes reais

Rede	Nós (N)	Arestas (E)	Coef. Clustering (C)
Film actors	449913	25516482	0.200
Company directors	7673	55392	0.590
Math coauthorship	253339	496489	0.150
Pyphysics coauthorship	52909	245300	0.450
Biology coauthorship	1520251	11803064	0.088
Email address books	16881	57029	0.170
Student dating	573	477	0.005
WWW nd.edu	269504	1497135	0.110
Roget's Thesaurus	1022	5103	0.130
Internet	10697	31992	0.035
Power grid	4941	6594	0.100
Software packages	1439	1723	0.070
Software classes	1376	2213	0.033
Electronic circuits	24097	53248	0.010
Peer-to-peer network	880	1296	0.012
Metabolic network	765	3686	0.090
Protein interactions	2115	2240	0.072
Marine food web	134	598	0.160
Freshwater food web	92	997	0.200
Neural network	307	2359	0.180

Fonte: Adaptado de Newman (2018)

Utilizamos as informações do grau de cada nó e da ubiquidade dos setores para destacar as informações da rede e assim criar o que chamamos de Espaço de Inovação em Patentes (EIP).

A informação de ubiquidade foi utilizada para dimensionar o tamanho do nó. Nós maiores possuem maiores valores para ubiquidade, estando assim presentes em mais países. Nós menores possuem menores valores para ubiquidade, estando presente em menos países.

Simultaneamente, o algoritmo de visualização trouxe os nós com maiores graus para o centro da rede.

O cálculo de detecção de comunidades, usando o índice de modularidade (equação [15], página 40) obteve sucesso em dividir a rede em 21 segmentos que podem ser visualizados na **Figura 23**. Os segmentos foram analisados separadamente, um a um, utilizando-se o auxílio da tabela de concordância tecnológica IPC V8 NACE REV 2 e os macro setores mais proeminentes foram identificados e sinalizados na rede final. A **Figura 24** é o modelo final do EIP que consolida as informações relevantes sobre as relações entre os setores tecnológicos das indústrias obtidas por meio da análise das informações de patentes.

Quanto ao seu aspecto visual, o EIP apresenta uma forma mais delgada ao longo de um de seus eixos e com diversas pequenas comunidades fixando-se para além do seu corpo central. Em razão de serem comunidades com baixo coeficiente de *clustering*, e naturalmente baixo grau médio, elas são empurradas para as regiões periféricas da rede. Em algumas delas não foi possível encontrar indústrias proeminentes, o que reforça sua característica residual.

Apesar disso, o EIP apresenta alta coerência na disposição dos setores da indústria, aproximando tecnologias complementares e distanciando aquelas que aparentam compartilhar pouco das estruturas e conhecimentos necessários para alcançar a especialização. As principais comunidades foram destacadas por meio de cores para uma melhor identificação. A região central da rede, com nós apresentando maiores graus, se encontra na parte inferior do grafo, compreendido nas comunidades sinalizadas pelas cores vermelho, verde e rosa (comunidades 17, 18 e 20). As regiões de extrema periferia foram mantidas em cinza (comunidades 1, 2, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 19 e 21). O laranja, amarelo, roxo, azul e verde escuro foram utilizados para indicar as comunidades de distâncias intermediárias (comunidades 3, 4, 10, 15, 16, 21).

As indústrias mais proeminentes de cada comunidade são relacionadas na **Tabela 15**. A comunidade 3 concentra a maior parte dos nós (**Tabela 16**). Quase metade das indústrias são abrangidas pelas comunidades 3, 18 e 16.

Tabela 15 – Principais setores tecnológicos observados em cada comunidade

Comunidade 01
Fabricação de relógios
Comunidade 02

Ausência de setor tecnológico / indústria proeminente

Comunidade 03

Fabricação de Armas e Munições

Fabricação de Computadores e Equipamentos Periféricos

Fabricação de Couro e Produtos Relacionados

Fabricação de Equipamentos de Elevação e Manuseio

Fabricação de Geradores de Vapor, Exceto Caldeiras de Aquecimento Central

Fabricação de Madeira e Produtos de Madeira e Cortiça, Excepto Móveis; Fabricação de Artigos de Palha e Materiais para Entrançar

Fabricação de Máquinas e Equipamentos de Escritório

Fabricação de Máquinas e Máquinas-Ferramenta para Metalurgia

Fabricação de Máquinas para Produção de Papel e Cartão

Fabricação de Máquinas para Produção de Têxtil, Vestuário e Couro

Fabricação de Materiais de Construção de Argila

Fabricação de Meios Magnéticos e Óticos

Fabricação de Motores e Turbinas, Exceto Motores de Aeronaves, Veículos e Bicicletas

Fabricação de Outras Máquinas para Fins Especiais

Fabricação de Outro Equipamento de Transporte

Fabricação de Outro Equipamento Elétrico

Fabricação de Outros Produtos Metálicos Fabricados

Fabricação de Outros Produtos Químicos

Fabricação de Peças e Acessórios para Veículos Automotores

Fabricação de Produtos de Metal Estrutural

Fabricação de Sabão e Detergentes, Limpeza e Polimento, Perfumes e Higiene Pessoal

Fabricação de Tanques, Reservatórios e Recipientes de Metal

Fabricação de Têxteis

Fabricação de Veículos Motorizados

Outras Manufaturas

Processamento de Combustível Nuclear

Tratamento e Revestimento de Metais; Usinagem

Comunidade 04

Fabricação de Componentes Eletrônicos e Placas

Fabricação de Dispositivos de Fiação

Fabricação de Equipamentos de Irradiação, Eletromédicos e Eletroterapêuticos

Fabricação de Fixadores e Produtos para Máquinas de Parafuso Fabricação de Produtos de Tabaco
Comunidade 05 Fabricação de Vestuário
Comunidade 06 Fabricação de Equipamentos de Iluminação Elétrica
Comunidade 07 Fabricação de Motores Elétricos, Geradores, Transformadores e Aparelhos de Distribuição e Controle de Eletricidade
Comunidade 08 Ausência de Setor Tecnológico / Indústria Proeminente
Comunidade 09 Ausência de Setor Tecnológico / Indústria Proeminente
Comunidade 10 Atividades de impressão e serviço relacionadas à impressão Fabricação de Baterias e Acumuladores Fabricação de Instrumentos Ópticos e Equipamentos Fotográficos Fabricação de Produtos de Borracha
Comunidade 11 Ausência de Setor Tecnológico / Indústria Proeminente
Comunidade 12 Ausência de Setor Tecnológico / Indústria Proeminente
Comunidade 13 Ausência de Setor Tecnológico / Indústria Proeminente
Comunidade 14 Fabricação de Componentes Eletrônicos Fabricação de Eletrônica de Consumo Fabricação de Equipamentos de Comunicação
Comunidade 15 Fabricação de Explosivos
Comunidade 16 Construção de Projetos Utilitários Fabricação de Aparelhos Domésticos Fabricação de Bebidas

Fabricação de Laticínios

Fabricação de Máquinas Agrícolas e Florestais

Fabricação de Máquinas para Mineração, Pedreiras e Construção

Fabricação de Papel e Produtos de Papel

Fabricação de Produtos Alimentícios

Fabricação de Produtos Químicos Básicos, Fertilizantes e Compostos de Nitrogênio, Plásticos e Borracha Sintética em Formas Primárias

Comunidade 17

Fabricação de Fiação e Dispositivos de Fiação

Fabricação de Fibras Sintéticas

Fabricação de Metais Básicos

Fabricação de Outras Máquinas para Fins Especiais

Fabricação de Produtos Plásticos

Fabricação de Vidro e Produtos de Vidro

Comunidade 18

Atividades Especializadas em Construção

Construção de Projetos de Água

Fabricação de Aparelhos de Distribuição e Controle de Eletricidade

Fabricação de Coque e Produtos Petrolíferos Refinados

Fabricação de Cutelaria, Ferramentas e Ferragens Gerais

Fabricação de Equipamentos Não-Domésticos de Refrigeração e Ventilação

Fabricação de Fornos, Fornalhas e Queimadores de Forno

Fabricação de Instrumentos e Aparelhos para Medição, Teste e Navegação; Relógios e Relógios

Fabricação de Instrumentos e Suprimentos Médicos e Odontológicos

Fabricação de Louça Sanitária Cerâmica

Fabricação de Maquinário de Uso Geral

Fabricação de Móveis

Fabricação de Outras Máquinas de Uso Geral

Fabricação de Outras Máquinas para Fins Especiais

Fabricação de Outras Torneiras e Válvulas

Fabricação de Outros Produtos Minerais Não-Metálicos

Forjamento, Prensagem, Estampagem e Conformação de Metal; Metalurgia do pó

Outros Produtos Manufaturados

<p>Comunidade 19</p> <p>Fabricação de Instrumentos e Aparelhos para Medição, Teste e Navegação</p> <p>Fabricação de Produtos de Borracha e Plástico</p> <p>Fabricação de Tintas, Vernizes e Revestimentos Similares, Tintas de Impressão e Mastiques</p>
<p>Comunidade 20</p> <p>Fabricação de Cimento, Cal e Gesso</p> <p>Fabricação de Perfumes e Higiene Pessoal</p> <p>Fabricação de Pesticidas e Outros Produtos Agroquímicos</p> <p>Fabricação de Produtos Farmacêuticos Básicos e Preparações Farmacêuticas</p> <p>Fabricação de Produtos Químicos Básicos, Fertilizantes e Compostos de Nitrogênio, Plásticos e Borracha Sintética em Formas Primárias</p>
<p>Comunidade 21</p> <p>Programação de Computadores, Consultoria e Atividades Relacionadas</p>

Fonte: Elaborada pelo autor

Os setores tecnológicos da indústria relacionados aos equipamentos de comunicação, computadores e periféricos, programação de computadores, eletromedicina, eletroterapia, motores elétricos, geradores, transformadores, iluminação elétrica, componentes eletrônicos, combustível nuclear, mídia magnética e óptica, eletrônicos de consumo e compostos macromoleculares situam-se nas regiões mais periféricas da rede. O exame sugere que apesar de serem indústrias relativamente avançadas, o domínio de suas tecnologias não necessariamente habilitam o acesso a outros setores. Em um modelo de escada, esses setores são tecnologias a serem alcançadas em um segundo nível, após as indústrias de base terem sido estabelecidas.

Mais ao centro da estrutura observamos setores relacionados à química (produtos químicos básicos, farmacêuticos, perfumaria, biocidas, etc), à engenharia mecânica (máquinas agrícolas, equipamentos de refrigeração, fornos e fornalhas, etc), produtos alimentícios e bebidas, metalurgia, indústria da transformação e construção civil. Áreas como a de alimentos chegam a conectar diversos nós em razão de abranger muitos setores ao longo da cadeia de valor (transformação química, conservantes, armazenamento, transporte, preparo, etc). Mais ao norte, em região intermediária observamos tecnologias para

Figura 23 – Destaque para as sete maiores comunidades analisadas

Fonte: Elaborada pelo autor

Figura 24 – Espaço de inovações em patentes (EIP)

Fonte: Elaborada pelo autor

Tabela 16 – Distribuição de nós pelas comunidades

Comunidades	Quantidade de nós	Percentual
Comunidade 3	134	21,14%
Comunidade 18	98	15,46%
Comunidade 16	69	10,88%
Comunidade 17	63	9,94%
Comunidade 15	54	8,52%
Comunidade 4	45	7,10%
Comunidade 20	24	3,79%
Comunidade 10	20	3,15%
Comunidade 14	17	2,68%
Comunidade 1	16	2,52%
Comunidade 9	15	2,37%
Comunidade 5	15	2,37%
Comunidade 21	12	1,89%
Comunidade 19	11	1,74%
Comunidade 6	10	1,58%
Comunidade 13	8	1,26%
Comunidade 7	6	0,95%
Comunidade 12	5	0,79%
Comunidade 11	5	0,79%
Comunidade 8	4	0,63%
Comunidade 2	3	0,47%

Fonte: Elaborada pelo autor

infraestrutura (rodovias, ferrovias, pontes), mineração, horologia e mensuração do tempo, papel, madeira e armamento.

Alguns setores estão altamente impregnados em toda a rede, não sendo possível delimitá-los em alguma região do espaço de inovações. É o caso dos setores relacionados aos processos e instrumentos de medição, de controle e veículos especiais. Por exemplo, os veículos especiais abrangem todos aqueles não inclusos nos grandes grupos como os de reboque, aeronáuticos, híbridos, etc. De modo semelhante, a indústria têxtil, apesar de a delimitarmos na área de maior concentração em que foi observada, ela abrange diversos processos de fiação, tecelagem e beneficiamento, possuindo setores relacionados à têxteis médicos, tecnologias antichamas, têxteis técnicos para construções, fios e fitas para micro e nanotecnologia, entre outros.

4.7 Análise das patentes dos depositantes brasileiros

Nas últimas duas décadas, o forte crescimento combinado com o notável progresso social tornou o Brasil uma das principais economias do mundo, apesar da recente recessão da qual o país está agora lentamente emergindo (OECD, 2018). Avaliaremos nesta seção quais informações e a qualidade do *proxy* que o EIP traz acerca do atual estágio de desenvolvimento inovativo brasileiro.

O Brasil ocupa o 26º lugar entre os países com as maiores contribuições de patentes na USPTO, com uma contribuição de 5.999 patentes do tipo utilidade durante o período analisado. No entanto, na observação do IPMH, o Brasil cai para o 82º lugar, com 28,66 patentes nesse índice.

Uma análise mais detalhada da base da USPTO revela que, além das patentes de utilidades, o Brasil também contribuiu com 908 patentes do tipo Design e 16 patentes do tipo Planta. A evolução anual acumulada das patentes brasileiras do tipo utilidade está representada na **Figura 25**.

Figura 25 – Evolução das patentes de brasileiros na USPTO

Fonte: Elaborada pelo autor

A princípio, a observação do gráfico pode levar à conclusão de que houve uma ligeira queda no registro de patentes brasileiras no último ano. No entanto, deve-se observar que a data limite para as investigações conduzidas neste estudo é 31 de outubro de 2018, ausentes portanto os dados do período de 1º de novembro de 2018 em diante. A evolução

da contribuição total dos brasileiros em patentes é mais evidente quando comparada com a de outros países. A **Figura 26a** mostra a contribuição total dos países do G20 na última década. No entanto, a contribuição dos Estados Unidos, do Japão e da Coreia do Sul é tão grande que os outros países ficaram agrupados na parte inferior do gráfico. Portanto, fornecemos na **Figura 26b** um ranking a partir do mesmo gráfico, mas enfatizando as posições relativas de classificação dos países.

Figura 26 – Comparação G20: a) contribuição total dos países do G20 na última década, b) o mesmo gráfico na forma de ranking enfatizando a posição relativa da classificação dos países, c) média do IPMH para os países do G20, para o período de (1976-2018)

Fonte: Elaborada pelo autor

Podemos notar que Coreia do Sul (KR), a China (CN), a Índia (IN), a Arábia Saudita (SA) e a Turquia (TR) melhoraram suas posições na última década, notadamente Arábia Saudita, China e Índia, que avançaram cinco, três e duas posições nos últimos dez anos.

No entanto, Alemanha (DE), Canadá (CA), França (FR), Itália (IT), Austrália (AU), Brasil (BR), África do Sul (ZA) e Argentina (AR) pioraram suas posições na última década, especialmente África do Sul, Canadá e Argentina, que caíram três, duas e duas posições nos últimos dez anos.

Também apresentamos na **Figura 26c** o valor médio do G20 para o IPMH, para todo o período (1976-2018). O valor encontrado foi de 1.832 patentes, mais de 60 vezes o desempenho brasileiro e mais de 1.000 vezes o desempenho da Indonésia. Sete países estão situados acima da linha média: Japão, Alemanha, E.U.A., Coreia do Sul, Canadá, França e Reino Unido; que são ao mesmo tempo países proeminentes no contexto atual do mundo desenvolvido.

O Brasil ocupa a 13ª posição no ranking de diversidade, atrás da Alemanha, Canadá, França, Suécia, Suíça, Áustria, Espanha, Austrália e Nova Zelândia. Além deles, África do Sul e México também se encontram à frente no Brasil no mesmo indicador. De maneira oposta, o Brasil se encontra na dianteira de países de reconhecido desenvolvimento como EUA, Rússia, Reino Unido, Dinamarca, Noruega, Bélgica, Japão, Finlândia, Portugal, Grécia, Irlanda, além daqueles em estágio de desenvolvimento equivalente ou inferior como Kuwait, Colômbia, Peru, Tailândia, Argentina, Irã, Emirados Árabes e Venezuela.

No entanto, se fizermos uma análise com o auxílio do índice de ubiquidade notamos que o Brasil efetivamente alcançou especialização em patentes em 4 áreas com baixa ubiquidade (dez ou menos países especializados nesses setores), caindo para a 34ª posição, atrás dos principais países que melhor performam nos indicadores de desenvolvimento econômico.

Os países com mais recursos poderão produzir mais produtos (maior diversificação), enquanto os produtos que exigem mais recursos estarão acessíveis a menos países (menor ubiquidade). Assim, espera-se que países mais complexos sejam mais diversificados e fariam produtos menos ubíquos. Observamos, portanto, que apesar da grande variedade de setores para qual os inventores brasileiros apresentam patentes, temos aqui um indicativo de que a inovação brasileira ainda está na rota de alcançar um maior nível de complexidade.

Utilizamos informações de volumetria da solicitações de patentes de brasileiros para destacar na **Figura 27**, em tons mais escuros, os nós referentes aos setores onde $RCA \geq 1$. Observamos relevância em praticamente todas as comunidades centrais (de colorações vermelha, verde, rosa e laranja) abrangendo os macro setores de produtos químicos, farmacêuticos, construção civil, combustíveis, engenharia mecânica, metalurgia e produtos alimentícios.

A análise de nós presentes de comunidades diferentes evidencia ainda destaques em commodities e produtos primários (coque e produtos petrolíferos refinados, produtos de tabaco, metais básicos), baseados em recursos naturais (cimento, cal e gesso, nitrogênio,

Figura 27 – EIP Brasil - Destaque para nós onde $RCA \geq 1$

Fonte: Elaborada pelo autor

plásticos e borracha sintética em formas primárias, vidro, cerâmica), de baixa tecnologia fabril (têxteis, tecidos, vestuário, chapelaria, calçado, manufaturas de couro, artigos de viagem, peças simples e estruturas de metal, móveis, joias, brinquedos, produtos de plástico) e média tecnologia fabril (veículos automotores, máquinas de impressão,

fibras sintéticas, produtos químicos e farmacêuticos, tintas, fertilizantes, ferro, motores, maquinário industrial, produtos alimentícios, etc).

Observamos que as regiões e comunidades mais periféricas possuem desenvolvimento nulo ou diminuído. São desvanecidos os nós relacionados à alta tecnologia fabril como microestruturas, nanoestruturas, semicondutores, armazenamento de informações, aparelhos ópticos, telecomunicações e comunicação digital. Há pouco destaque também para tecnologias na área da iluminação, em diversas áreas do vestuário, horologia e marcação do tempo, audiovisual e tecnologia nuclear.

A partir da tabela de concordância tecnológica IPC V8 NACE REV 2, mapeamos todos macro setores (conforme codificação NACE) destacando os nós onde o Brasil realizou significativas contribuições em patentes ($RCA \geq 1$) e calculamos o ratio do Brasil para cada macro setor. Procedemos da seguinte forma: tomemos o exemplo do NACE 10 (Produtos alimentícios) que, segundo a tabela de correspondência tecnológica, é composto por 14 nós (14 subclasses IPC/CPC). Desses, o Brasil possui $RCA \geq 1$ para 11 deles. O ratio do Brasil para o macro setor de produtos alimentícios é portanto 0,79. Utilizamos uma abordagem heurística para sinalizar os macro setores onde o Brasil apresenta alta, média, baixa ou nenhuma competência em patentes.

- Alta competência em patentes: $\text{ratio} > 0,666$
- Média competência em patentes: $0,666 \geq \text{ratio} > 0,333$
- Baixa competência em patentes: $0,333 \geq \text{ratio} > 0$
- Nenhuma competência em patentes: $\text{ratio} = 0$

Muitos macro setores são representados por apenas um único nó (programação, máquinas de papel, perfumaria, pesticidas, etc). Se nesse único nó for garantida a competência pelo indicador RCA, é certo observar que o país avaliado possui competência naquele macro setor. No caso de dois nós, uma vez garantida a competência em um deles, a nossa abordagem sugere que o país avaliado possui competência naquele macro setor em aproximadamente metade das vezes e por isso assinalamos média competência. Finalmente, quando na ocorrência de três nós, garantida a competência em um deles, a classificação que adotamos assume que observamos que o país avaliado possui competência naquele macro setor em aproximadamente menos da metade das vezes e por isso assinalamos baixa competência. Assim, as **Tabelas 17, 18, 19 e 20** classificam os macro setores segundo as competência brasileiras em em patentes, e os respectivos ratios.

Tabela 17 – Macro setores tecnológicos com ALTA competência brasileira em patentes

Macro Setor	Ratio
programação de computadores, consultoria e atividades relacionadas	1,000
construção de projetos de água	1,000
forjamento, prensagem, estampagem e conformação de metal...	1,000
fabricação de cimento, cal e gesso	1,000
fabricação de louça sanitária cerâmica	1,000
fabricação de coque e produtos petrolíferos refinados	1,000
fabricação de fixadores e produtos para máquinas de parafuso	1,000
fabricação de máquinas para produção de papel e cartão	1,000
fabricação de fibras sintéticas	1,000
fabricação de fornos, fornalhas e queimadores de forno	1,000
fabricação de tintas, vernizes e revestimentos similares, tintas...	1,000
fabricação de perfumes e higiene pessoal	1,000
fabricação de pesticidas e outros produtos agroquímicos	1,000
fabricação de produtos plásticos	1,000
fabricação de produtos de borracha	1,000
fabricação de máquinas agrícolas e florestais	0,875
fabricação de produtos alimentícios	0,786
fabricação de produtos químicos básicos, fertilizantes e compost...	0,757
fabricação de móveis	0,750
fabricação de papel e produtos de papel	0,750
fabricação de produtos farmacêuticos básicos e preparações...	0,667
fabricação de explosivos	0,667
fabricação de máquinas para mineração, pedreiras e construção	0,667
fabricação de equipamentos não-domésticos de refrigeração e ...	0,667
fabricação de sabão e detergentes, limpeza e polimento, perfumes...	0,667
fabricação de produtos de tabaco	0,667

Fonte: Elaborada pelo autor

A evolução do EIP Brasil ao longo dos anos é ilustrado na **Figura 28** por meio de 9 cortes temporais. Todas as redes indicam os nós com $RCA \geq 1$ no período acumulado de 1º de janeiro de 1976 à 31 de dezembro do ano assinalado. É possível observar uma sequência de progresso lógico marcado por dois grandes movimentos: de 1980 a 2005 observa-se uma ocupação ao centro da rede e, de 2005 a 2018, observamos uma movimentação para regiões mais afastadas do centro.

Em 1980 o EIP Brasil possuía baixa ocupação, com maior concentração de nós na rede da comunidade assinalada pela coloração verde (engenharia, construção civil, transformação, combustíveis). De fato, nas comunidades mais abaixo (vermelho e verde) encontramos proeminência de processos básicos da química e construção civil, de natureza

Tabela 18 – Macro setores tecnológicos com MÉDIA competência brasileira em patentes

Macro Setor	Ratio
fabricação de metais básicos	0,600
fabricação de aparelhos domésticos	0,571
fabricação de maquinário de uso geral	0,571
fabricação de outros produtos químicos	0,563
construção de projetos utilitários	0,500
fabricação de bebidas	0,500
fabricação de motores elétricos, geradores, transformadores e ap...	0,500
fabricação de aparelhos de distribuição e controle de eletricidade	0,500
fabricação de vidro e produtos de vidro	0,500
fabricação de instrumentos e aparelhos para medição, teste e ...	0,500
fabricação de equipamentos de elevação e manuseio	0,500
fabricação de outros produtos metálicos	0,500
fabricação de produtos de metal estrutural	0,500
fabricação de outras máquinas para fins especiais	0,464
fabricação de motores e turbinas, exceto motores de aerona...	0,429
atividades especializadas em construção	0,429
fabricação de veículos motorizados	0,409
fabricação de outro equipamento de transporte	0,407
fabricação de instrumentos e suprimentos médicos e odontológicos	0,333
fabricação de máquinas e máquinas-ferramenta para metalurgia	0,333
fabricação de têxteis	0,333
fabricação de dispositivos de fiação	0,333
atividades de impressão e serviço relacionadas à impressão	0,333

Fonte: Elaborada pelo autor**Tabela 19** – Macro setores tecnológicos com BAIXA competência brasileira em patentes

Macro Setor	Ratio
fabricação de couro e produtos relacionados	0,250
fabricação de produtos de borracha e plástico	0,250
fabricação de madeira e produtos de madeira e cortiça, exceto...	0,250
fabricação de computadores e equipamentos periféricos	0,200
fabricação de instrumentos e aparelhos para medição, teste...	0,200
fabricação de tanques, reservatórios e recipientes de metal	0,200
fabricação de armas e munições	0,200
fabricação de máquinas para produção de têxtil, vestuário e couro	0,133
fabricação de outros equipamentos elétrico	0,125
fabricação de máquinas e equipamentos para escritório (exceto...	0,067

Fonte: Elaborada pelo autor

auxiliar e não central, que permitiram o desenvolvimento posterior de outros nós mais centrais. Destacamos em 1980:

Tabela 20 – Macro setores tecnológicos com NENHUMA competência brasileira em patentes

Macro Setor	Ratio
fabricação de baterias e acumuladores	0,000
fabricação de materiais de construção de argila	0,000
fabricação de equipamentos de comunicação	0,000
fabricação de eletrônicos de consumo	0,000
fabricação de cutelaria, ferramentas e ferragens gerais	0,000
fabricação de laticínios	0,000
fabricação de equipamentos de iluminação elétrica	0,000
fabricação de componentes eletrônicos	0,000
fabricação de componentes eletrônicos e placas	0,000
fabricação de equipamentos de irradiação, eletromédicos e eletrot...	0,000
fabricação de meios magnéticos e óticos	0,000
fabricação de instrumentos ópticos e equipamentos fotográficos	0,000
fabricação de outros equipamentos elétricos	0,000
fabricação de outros produtos minerais não metálicos	0,000
fabricação de outras máquinas para fins especiais	0,000
fabricação de outras torneiras e válvulas	0,000
fabricação de peças e acessórios para veículos automotores	0,000
fabricação de agrotóxicos e outros produtos agroquímicos	0,000
fabricação de geradores de vapor, exceto caldeiras de aquecime...	0,000
fabricação de relógios e relógios	0,000
fabricação de vestuário	0,000
fabricação de fiação e dispositivos de fiação	0,000
processamento de combustível nuclear	0,000
tratamento e revestimento de metais; usinagem	0,000

Fonte: Elaborada pelo autor

Na comunidade assinalada pela coloração vermelha:

- Processo físicos de separação
- Processos de catálise
- Compostos acíclicos, carbocíclicos ou heterocíclicos

Na comunidade assinalada pela coloração verde:

- Produção e refino de metais
- Estrutura geral de edificações, paredes, divisórias, telhados, soalhos, tetos, isolamento ou outras proteções de edificações
- Fundações, escavações, aterros
- Válvulas, torneiras, registros, boias de acionamento, dispositivos para ventilar ou arejar

Figura 28 – Evolução do EIP Brasil - 1980 a 2018 (cumulativo)

Fonte: Elaborada pelo autor

- Aparelhos de combustão, processos de combustão
- Aparelhos de secagem

- Máquinas ou motores de pistão rotativo ou de pistão oscilatório
- Alimentação de motores de combustão em geral com misturas combustíveis ou seus componentes
- Recipientes para armazenamento ou transporte de artigos ou materiais, p. ex. sacos, barris, garrafas, caixas, latas, caixa de papelão, engradados, tambores, potes, tanques, alimentadores, containers de transporte, acessórios, fechamentos ou guarnições para os mesmos, elementos de embalagem, pacotes
- Conservação, p. ex. por meio de enlatamento, de carnes, peixes, ovos, frutas, legumes, sementes comestíveis, amadurecimento químico de frutas ou legumes, produtos conservados, amadurecidos ou enlatados

Contrariamente, a expansão dos nós nas comunidades assinaladas pelas regiões de coloração rosa e laranja ocorreu de nós de natureza mais centrais para nós de setores da indústria de natureza auxiliar. Destacamos em 1980:

Na comunidade assinalada pela coloração rosa:

- Manufatura de ferro ou aço
- Guindastes

Na comunidade assinalada pela coloração laranja:

- Construção de rodovias, ferrovias ou de pontes
- Indústria do açúcar

Pela concepção de Hirschman (1958), os macro setores da química e construção civil sofreram um processo de encadeamento para frente, que ocorre quando o país já produz um produto que pode ser utilizado como insumo ou estimulante para outro bem e consequentemente leva ao desenvolvimento de uma indústria para este novo bem. Já os macro setores da metalurgia e infraestrutura sofreram um processo de encadeamento para trás, que ocorre quando um país estimula ou desenvolve setores de insumos relacionados a outro de natureza mais principal.

A evolução do EIP no tempo evidenciou que não apenas pontos podem surgir, mas também podem desaparecer. Na década de 1980 houve a introdução de patentes em número relevante em áreas tecnológicas relacionadas por exemplo a registradores (IPC G07C, registradores de horários, de presença, de funcionamento de máquinas) e antenas (IPC H01Q), mas que foram gradualmente desaparecendo do EIP Brasil.

Podemos portanto assinalar para o caso brasileiro a seguinte sequencia evolutiva na inovação observada por meio do sistema de patentes: setores situados na região de coloração verde, seguidos pelas regiões de colorações vermelho e rosa e por fim os setores da região de coloração laranja.

A princípio podemos encontrar alguma correspondência entre a evolução do EIP do Brasil ao longo dos anos e o EIP de diferentes países em diferentes estágio de desenvolvimento (IDH). A **Figura 29** traz alguns exemplos da representação do EIP de países situados em seis faixa diferentes do IDH.

Figura 29 – Exemplo do EIP para diferentes faixas do IDH

Fonte: Elaborada pelo autor

Certamente, nem todos os países seguiram a mesma linha evolutiva pela de rede de inovação em patentes; contudo, a ilustração exemplifica modelos de redes que comumente podem ser encontrados naquelas faixas de desenvolvimento. A partir da análise dos EIP do Brasil ao longo dos anos e dos países em diferentes estágios de desenvolvimento, medido pelo IDH, podemos tecer alguns comentários adicionais.

Primeiramente, o desenvolvimento da competência em patentes aparenta evoluir do centro para as extremidades da rede. É importante reforçar que o centro do EIP é composto por nós com alto grau, isto é, com muitas conexões. A probabilidade de se desenvolver competência em um nó na região central, dado que já se desenvolveu a competência em quaisquer outros nós da rede, é muito grande, em vista da existência desses *hubs*. Portanto, os nós centrais do EIP sinalizam os setores tecnológicos que estão na base das competência em inovação cujo domínio sobre tais processos habilita alcançar nós mais distantes e menos conectados.

Segundo, a ubiquidade da competência em patentes em um setor tecnológico tem relação com o grau do nó, isto é, com a quantidade de conexões que o nó realiza com outros nós da rede. Quanto maior o nó, mais ubíquo é o setor, e portanto pode ser observado em mais países. A rede evidencia que os nós mais ubíquos estão presentes nas regiões de nós com maior grau, o que reforça a hipótese de que setores ubíquos são relativamente mais simples, uma vez que são alcançáveis por países de menores IDH, onde nem toda a pesquisa e tecnologia está disponível.

Terceiro, mesmo a ocupação da região central do EIP aparenta ser um desafio para países em estágio de desenvolvimento. Uma vez que o desenvolvimento de competências em patentes dependeria dos progressos anteriormente realizados em outros setores relacionadas, a existência de poucos nós representa uma barreira para a evolução desse sistema, uma vez que são poucas as opções a partir das quais se pode evoluir.

Quarto, quanto mais altas as faixas do IDH, menos diferenças observamos entre os EIPs dos países, uma vez que a ocupação dos nós está próxima ao limite máximo do sistema.

5 Conclusões

A competitividade internacional é objetivo presente na agenda política econômica da maioria dos países desenvolvidos e em desenvolvimento. Contudo, o questionamento de como um país pode aumentar sua competitividade encontra diversos direcionamentos. As capacidades tecnológicas sempre foram um componente fundamental do crescimento econômico e do bem-estar demandando pesquisas para a compreensão dos dispositivos de sua criação e transferência, tendo em vista a importância cada vez mais crescente de se monitorar o desenvolvimento tecnológico de áreas, países e regiões de maneira sistemática para apoiar a análise econômica e a tomada de decisões.

Intencionamos contribuir para os trabalhos nesse campo e apresentamos um modelo para análise e identificação de capacidades em inovação, examinando o caso específico brasileiro utilizando dados de patentes da USPTO. As patentes são indicadores-chave da inovação tecnológica e da competitividade de um país, sendo uma excelente ferramenta para entender o desenvolvimento de uma economia baseada no conhecimento.

Partimos de algumas linhas teóricas acerca do desenvolvimentos, competitividade e inovação e construímos um ferramental que considere o desenvolvimento em inovação não uma melhoria contínua e especializada em um único setor, mas como um processo que requer o acúmulo de uma série de capacidade em inovação cada vez mais complexa, onde os recursos, instituições e pessoas podem ser transferidos ou reaproveitados em outras atividades inovadoras. Os dados foram organizados em uma matriz de proximidade entre os setores da indústria e utilizamos a teoria das redes complexas para analisar o conjunto de relações.

Os resultados trouxeram evidências de que o modelo é coerente para o fim proposto, evidenciando as conexões e o contexto de dados e não apenas os elementos em si. As constatações destacaram especialmente que o Brasil possui boa produção de conhecimento total em patentes, mas baixa produção de patentes por milhão de habitantes, estando muito abaixo da média do G20, e apesar de apresentar boa diversidade nos setores explorados, o país efetivamente alcançou especialização em poucas áreas com baixa ubiquidade, indicando que a inovação brasileira ainda está na rota de alcançar um maior nível de complexidade.

Observamos relevância em patentes de brasileiros nos macro setores de produtos químicos, farmacêuticos, construção civil, combustíveis, engenharia mecânica, metalurgia e

produtos alimentícios. Adicionalmente, a análise de nós presentes de diferentes comunidades evidenciou ainda destaques em *commodities* e produtos primários, baseados em recursos naturais, de baixa e média tecnologia fabril, estando ausentes ou com baixa evidências os nós relacionados a alta tecnologia fabril relativos à microestruturas, nanoestruturas, semicondutores, armazenamento de informações, aparelhos ópticos, telecomunicações e comunicação digital. Há pouco destaque também para tecnologias na área da iluminação, em diversas áreas do vestuário, horologia e marcação do tempo, audiovisual e tecnologia nuclear. Os dados aparentam indicar que os macro setores da química e construção civil teriam sofrido uma espécie de processo de encadeamento para frente, enquanto os macro setores da metalurgia e infraestrutura sofreram um processo de encadeamento para trás.

No contexto global, observamos que o desenvolvimento da competência em patentes aparenta evoluir do centro para as extremidades da rede. A rede evidencia que os nós mais ubíquos estão presentes nas regiões de nós com maior grau, o que reforça a hipótese de que setores ubíquos são relativamente mais simples, uma vez que são alcançáveis por países de menores IDH, onde nem toda a pesquisa e tecnologia está disponível. Mesmo a ocupação da região central do EIP aparenta ser um desafio para países em estágio de desenvolvimento, e quanto mais altas as faixas do IDH, menos diferenças observamos entre os EIPs dos países, uma vez que a ocupação dos nós está próxima ao limite máximo do sistema.

Referências¹

- AFONSO, L. M. G. *Exclusões e exceções ao direito de patente*. Dissertação (Mestrado) — Faculdade de Direito, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013. Citado na página 23.
- ALBERT, R.; BARABÁSI, A. L. Statistical mechanics of complex networks. *Reviews of Modern Physics*, American Physical Society, Washington, v. 74, n. 1, p. 47, 2002. Citado na página 31.
- ALBUQUERQUE, E. d. M.; BAESSA, A.; SILVA, L. A. Atividade de patenteamento no Brasil e no exterior. *Revista de Economia Contemporânea*, Rio de Janeiro, v. 9, n. 3, p. 6–1, 2005. Citado na página 22.
- ARCHIBUGI, D. Patenting as an indicator of technological innovation: a review. *Science and public policy*, Beech Tree Publishing, v. 19, n. 6, p. 357–368, 1992. Citado na página 22.
- ARCHIBUGI, D.; PIANTA, M. *The technological specialization of advanced countries: a report to the EEC on international science and technology activities*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1992. Citado na página 22.
- BALASSA, B. Trade liberalisation and “revealed” comparative advantage 1. *The Manchester School*, Wiley Online Library, v. 33, n. 2, p. 99–123, 1965. Citado 2 vezes nas páginas 37 e 64.
- BARABÁSI, A. L. *Linked: the new science of networks*. Cambridge: Perseus Books Group, 2002. Citado na página 25.
- BARABÁSI, A. L. *Linked: how everything is connected to everything else and what it means for business, science and everyday life*. New York City: Plume Books, 2003. Citado na página 25.
- BARABÁSI, A. L. *Network science*. United Kingdom: Cambridge University Press, 2016. Citado na página 28.
- BARABÁSI, A. L.; ALBERT, R. Emergence of scaling in random networks. *Science*, American Association for the Advancement of Science, United States of America, v. 286, n. 5439, p. 509–512, 1999. Citado 3 vezes nas páginas 27, 31 e 32.
- BARBERÁ-TOMÁS, D.; JIMÉNEZ-SÁEZ, F.; CASTELLÓ-MOLINA, I. Mapping the importance of the real world: The validity of connectivity analysis of patent citations networks. *Research Policy*, Elsevier, v. 40, n. 3, p. 473–486, 2011. Citado na página 15.
- BASBERG, B. L. Patent statistics and the measurement of technological change - an assessment of the norwegian patent data, 1840-1980. *World Patent Information*, Pergamon, v. 6, n. 4, p. 158–164, 1984. Citado na página 22.
- BASTIAN, M.; HEYMANN, S.; JACOMY, M. *Gephi: An Open Source Software for Exploring and Manipulating Networks*. 2009. Disponível em: <<http://www.aaai.org/ocs/index.php/ICWSM/09/paper/view/154>>. Citado na página 40.

¹ De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6023.

BHATTACHARYA, S. Delineating the patent data: a case study of prolific patenting institutions of india and china. *Journal of Library & Information Technology*, Defence Scientific Information & Documentation Centre, v. 27, n. 1, p. 87, 2007. Citado na página 15.

BOCCALETTI, S.; LATORA, V.; MORENO, Y.; CHAVEZ, M.; HWANG, D. U. Complex networks: Structure and dynamics. *Physics Reports*, Elsevier, Amsterdam, v. 424, n. 4-5, p. 175–308, 2006. Citado na página 27.

BOLDRIN, M.; LEVINE, D. K. The case against patents. *Journal of Economic Perspectives*, American Economic Association, v. 27, n. 1, p. 3–22, 2013. Citado na página 23.

BRAUN, T.; GLÄNZEL, W.; GRUPP, H. The scientometric weight of 50 nations in 27 science areas, 1989–1993. part i. all fields combined, mathematics, engineering, chemistry and physics. *Scientometrics*, Akadémiai Kiadó and Springer Science, v. 33, n. 3, p. 263–293, 1995. Citado na página 22.

BRAUN, T.; GLÄNZEL, W.; GRUPP, H. The scientometric weight of 50 nations in 27 science areas, 1989–1993. part ii. life sciences. *Scientometrics*, Akadémiai Kiadó and Springer Science, v. 34, n. 2, p. 207–237, 1995. Citado na página 22.

CAINELLI, G.; EVANGELISTA, R.; SAVONA, M. The impact of innovation on economic performance in services. *The Service Industries Journal*, Taylor & Francis, v. 24, n. 1, p. 116–130, 2004. Citado na página 15.

CANTWELL, J.; IAMMARINO, S. *Multinational enterprises and European regional systems of innovation*. 1. ed. London: Routledge, 2003. Citado na página 16.

CASSIOLATO, J. E.; LASTRES, H. M. Globalização e inovação localizada: experiências de sistemas locais no mercosul. Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia, Brasília, 1999. Citado na página 16.

CHUDNOVSKY, D.; LÓPEZ, A.; PORTA, F. *Ajuste estructural y estrategias empresariales en Argentina, Brasil y México: un análisis comparativo de la industria petroquímica y de máquinas herramientas*. Buenos Aires: Centro de Investigación para la Transformación, 1993. Citado na página 22.

CLAUSET, A.; SHALIZI, C. R.; NEWMAN, M. E. Power-law distributions in empirical data. *Society for Industrial and Applied Mathematics*, SIAM, v. 51, n. 4, p. 661–703, 2009. Citado na página 51.

COCCIA, M. General sources of general purpose technologies in complex societies: Theory of global leadership-driven innovation, warfare and human development. *Technology in Society*, Elsevier, v. 42, p. 199–226, 2015. Citado na página 14.

COLOMBO, M. G.; FRANZONI, C.; VEUGELERS, R. Going radical: producing and transferring disruptive innovation. *The Journal of Technology Transfer*, Springer, v. 40, n. 4, p. 663–669, 2015. Citado na página 14.

COMANOR, W. S.; SCHERER, F. M. Patent statistics as a measure of technical change. *Journal of political economy*, Journal of Political Economy, v. 77, n. 3, p. 392–398, 1969. Citado na página 22.

CORROCHER, N.; MALERBA, F.; MONTORBIO, F. The emergence of new technologies in the ict field: main actors, geographical distribution and knowledge sources. *Economics Quantitative Methods*, EconPapers, v. 37, p. 1–30, 2003. Citado na página 15.

DOROGOVTSSEV, S. N.; MENDES, J. F. Evolution of networks. *Advances in physics*, Taylor & Francis, v. 51, n. 4, p. 1079–1187, 2002. Citado na página 27.

DUTTA, S.; REYNOSO, R. E.; GARANASVILI, A.; SAXENA, K.; LANVIN, B.; WUNSCH-VINCENT, S.; LEÓN, L. R.; GUADAGNO, F. *The Global Innovation Index 2018: Energizing the World with Innovation*. Geneva: Cornell University, INSEAD and World Intellectual Property Organization, 2018. Citado 2 vezes nas páginas 37 e 60.

EDQUIST, C. *Systems of innovation: technologies, institutions and organizations*. 1. ed. London: Routledge, 2013. Citado na página 16.

EICHIN, A. C. N. *Análise do portfólio das patentes da Petrobras concedidas pelo United States Patent and Trademark Office (USPTO)*. Dissertação (Mestrado) — Instituto Nacional da Propriedade Industrial, Rio de Janeiro, 2010. Citado 3 vezes nas páginas 14, 15 e 33.

ERDOS, P.; RÉNYI, A. On the evolution of random graphs. *Mathematical Institute of the Hungarian Academy of Science*, Hungary, v. 5, n. 1, p. 17–60, 1960. Citado 2 vezes nas páginas 29 e 31.

ERFANMANESH, M.; ROHANI, V. A.; ABRIZAH, A. Co-authorship network of scientometrics research collaboration. *Malaysian Journal of Library and Information Science*, University of Malaya, v. 17, n. 3, p. 73–93, 2012. Citado na página 26.

FAGERBERG, J. International competitiveness. *The economic journal*, Wiley on behalf of the Royal Economic Society, v. 98, n. 391, p. 355–374, 1988. Citado na página 20.

FERREIRA, L. A. *As redes complexas e o estudo do risco sistêmico no sistema financeiro*. Dissertação (Mestrado) — Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013. Citado na página 27.

FETHERSTON, M.; MOORE, B.; RHODES, J. Manufacturing export shares and cost competitiveness of advanced industrial countries. *Cambridge Economic Policy Review*, n. 3, p. 87–99, 1977. Citado na página 20.

FREEMAN, C. The ‘National System of Innovation’ in historical perspective. *Cambridge Journal of economics*, Oxford University Press, v. 19, n. 1, p. 5–24, 1995. Citado na página 16.

GANGULI, P. Patents and patent information in 1979 and 2004: a perspective from india. *World Patent Information*, Elsevier, v. 26, n. 1, p. 61–62, 2004. Citado na página 22.

GAO. *International trade. Federal Action Needed to Help Small Businesses Address Foreign Patent Challenges*. Washington, 2002. Disponível em: <<https://www.gao.gov/new.items/d02789.pdf>>. Acesso em: 16 out. 2018. Citado na página 24.

GAO, J.; ZHOU, T. Quantifying china’s regional economic complexity. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, Elsevier, v. 492, p. 1591–1603, 2018. Citado 2 vezes nas páginas 15 e 37.

GOLDSCHLAG, N.; LYBBERT, T.; ZOLAS, N. J. An ‘algorithmic links with probabilities’ crosswalk for uspc and cpc patent classifications with an application towards industrial technology composition. *U.S. Census Bureau Center for Economic Studies*, 2016. Citado na página 25.

GRIBKOVSKAIA, I.; HALSKAU, Ø. S.; LAPORTE, G. The bridges of königsberg—a historical perspective. *Networks: an International Journal*, Wiley Online Library, v. 49, n. 3, p. 199–203, 2006. Citado na página 26.

GRILICHES, Z. Patent statistics as economic indicators: a survey. In: _____. *RD and productivity: the econometric evidence*. Chicago: University of Chicago Press, 1998. p. 287–343. Citado na página 22.

GUAN, J.; HE, Y. Patent-bibliometric analysis on the chinese science—technology linkages. *Scientometrics*, Akadémiai Kiadó and Springer Science, v. 72, n. 3, p. 403–425, 2007. Citado na página 22.

HARRIS, C. G.; ARENS, R.; SRINIVASAN, P. Comparison of IPC and USPC classification systems in patent prior art searches. Canada, p. 27–32, 2010. Citado na página 24.

HIDALGO, C. A.; KLINGER, B.; BARABÁSI, A. L.; HAUSMANN, R. The product space conditions the development of nations. *Science*, American Association for the Advancement of Science, v. 317, n. 5837, p. 482–487, 2007. Citado 5 vezes nas páginas 14, 15, 16, 19 e 38.

HIRSCHMAN, A. O. *The strategy of economic development*. New Haven: Yale University Press, 1958. Citado 4 vezes nas páginas 14, 18, 19 e 95.

HIRSHLEIFER, J. The private and social value of information and the reward to inventive activity. *The American Economic Review*, American Economic Association, v. 61, n. 4, p. 561–574, 1971. Citado na página 23.

HOBDAY, M. Innovation in east asia: diversity and development. *Technovation*, Elsevier, v. 15, n. 2, p. 55–63, 1995. Citado na página 16.

JACOMY, M.; VENTURINI, T.; HEYMANN, S.; BASTIAN, M. Force atlas 2, a continuous graph layout algorithm for handy network visualization designed for the gephi software. *PLOS ONE*, Public Library of Science, v. 9, n. 6, 2014. Citado na página 75.

JEFFERSON, O. A.; JAFFE, A.; ASHTON, D.; WARREN, B.; KOELLHOFFER, D.; DULLECK, U.; BALLAGH, A.; MOE, J.; DICUCCIO, M.; WARD, K. *et al.* Mapping the global influence of published research on industry and innovation. *Nature biotechnology*, Nature Publishing Group, v. 36, n. 1, p. 31, 2018. Citado 2 vezes nas páginas 15 e 23.

KALDOR, N. The effect of devaluation on trade in manufacturers. *Cambridge Economic Policy Review* — In: Further Essays on Applied Economics, Duckworth Overlook, London, 1978. Citado na página 20.

KELLMAN, M. Relative prices and international competitiveness: An empirical investigation. *Empirical Economics*, Springer Berlin Heidelberg, v. 8, n. 3-4, p. 125–138, 1983. Citado na página 20.

KITCH, E. W. The nature and function of the patent system. *The Journal of Law and Economics*, The University of Chicago Press, v. 20, n. 2, p. 265–290, 1977. Citado na página 23.

KREMER, M. Patent buyouts: A mechanism for encouraging innovation. *The Quarterly Journal of Economics*, Oxford University Press, v. 113, n. 4, p. 1137–1167, 1998. Citado na página 23.

KRUGMAN, P. R. *Rethinking international trade*. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology Press, 1994. Citado na página 19.

KRUSKAL, J. B. On the shortest spanning subtree of a graph and the traveling salesman problem. *Proceedings of the American Mathematical society*, JSTOR, v. 7, n. 1, p. 48–50, 1956. Citado na página 39.

KUNG, M. H.; LIN, H. Y. The dynamics of innovation in Taiwan: the patent analysis respective. In: INDUSTRIAL SCIENCE AND TECHNOLOGY INNOVATION, 25(5)., 2003. *Policy issues and challenges in a critical era*. Taiwan, 2003. p. 23–25. Citado na página 22.

LACASA, I. D.; GRUPP, H.; SCHMOCH, U. Tracing technological change over long periods in germany in chemicals using patent statistics. *Scientometrics*, Akadémiai Kiadó and Springer Science, v. 57, n. 2, p. 175–195, 2003. Citado na página 22.

LALL, S.; PIETROBELLI, C. *Failing to Compete: technology systems and technology development in Africa*. Cheltenham: Edward Elgar, 2002. Citado na página 16.

LEYDESDORFF, L.; MEYER, M. The decline of university patenting and the end of the bayh–dole effect. *Scientometrics*, Akadémiai Kiadó and Springer Science, v. 83, n. 2, p. 355–362, 2010. Citado na página 22.

LOOY, B. V.; VEREYEN, C.; SCHMOCH, U. Patent statistics: Concordance ipc v8–nace rev. 2. *Eurostat, Euopean Commission*, 2014. Citado na página 41.

LUCAS JR, R. E. On the mechanics of economic development. *Journal of monetary economics*, Elsevier, v. 22, n. 1, p. 3–42, 1988. Citado na página 14.

LUNDVALL, B. Å. User-producer relationships, national systems of innovation and internationalisation. In: _____. *National systems of innovation: Towards a theory of innovation and interactive learning*. [S.l.]: Frances Pinter Publishers Ltd., 1992. p. 45–67. Citado na página 16.

LUNDVALL, B. Å.; JOHNSON, B.; ANDERSEN, E. S.; DALUM, B. National systems of production, innovation and competence building. *Research policy*, Elsevier, v. 31, n. 2, p. 213–231, 2002. Citado na página 16.

MALERBA, F. Sectoral systems of innovation and production. *Research policy*, Elsevier, v. 31, n. 2, p. 247–264, 2002. Citado na página 15.

MANKIW N GREGORY, D. R. D. N. W. A contribution to the empirics of economic growth. *The quarterly journal of economics*, The Quarterly Journal of Economics, v. 107, n. 2, p. 407–437, 1992. Citado na página 14.

- MARTÍNEZ, C. Patent families: when do different definitions really matter? *Scientometrics*, Akadémiai Kiadó and Springer Science, v. 86, n. 1, p. 39–63, 2010. Citado na página 23.
- MASKUS, K. E. The international regulation of intellectual property. *Review of World Economics*, Springer Berlin Heidelberg, v. 134, n. 2, p. 186–208, 1998. Citado na página 23.
- MATSUYAMA, K. Agricultural productivity, comparative advantage, and economic growth. *Journal of economic theory*, Elsevier, v. 58, n. 2, p. 317–334, 1992. Citado na página 14.
- MCGUFFIN, M. J. Simple algorithms for network visualization: A tutorial. *Tsinghua Science and Technology*, Tsinghua University Press, v. 17, n. 4, p. 383–398, 2012. Citado 2 vezes nas páginas 39 e 74.
- MEYER, M. Tracing knowledge flows in innovation systems. *Scientometrics*, Akadémiai Kiadó and Springer Science, v. 54, n. 2, p. 193–212, 2002. Citado na página 22.
- NELSON, R. R.; ROSENBERG, N. *Technical innovation and national systems: a comparative analysis*. United Kingdom: Oxford University Press Oxford, 1993. v. 322. Citado na página 16.
- NEWMAN, M. E. J. The structure of scientific collaboration networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, PNAS, Washington, v. 98, n. 2, p. 404–409, 2001. Citado na página 26.
- NEWMAN, M. E. J. The structure and function of complex networks. *Society for Industrial and Applied Mathematics*, SIAM, Philadelphia, v. 45, n. 2, p. 167–256, 2003. Citado 2 vezes nas páginas 25 e 30.
- NEWMAN, M. E. J. Random graphs with clustering. *Physical Review Letters*, American Physical Society, v. 103, n. 5, p. 058701(01)–058701(04), 2009. Citado na página 30.
- NEWMAN, M. E. J. *Networks: an introduction*. United States of America: Oxford University Press, 2010. Citado 2 vezes nas páginas 25 e 27.
- NEWMAN, M. E. J. *Networks*. United States of America: Oxford University Press, 2018. Citado 2 vezes nas páginas 40 e 77.
- NEWMAN, M. M. E. J. Power laws, pareto distributions and zipf's law. *Contemporary physics*, Taylor Francis, v. 46, n. 5, p. 323–351, 2005. Citado na página 52.
- OECD. *Patent Statistics Manual 2009*. France, 2009. Disponível em: <http://www.oecd.org/sti/inno/oecdpatentstatisticsmanual.htm>. Acesso em: 6 out. 2018. Citado na página 24.
- OECD. *Economic surveys: Brazil*. Geneva, 2018. Disponível em: <https://www.oecd.org/eco/surveys/Brazil-2018-OECD-economic-survey-overview.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2018. Citado na página 86.
- PAVITT, K.; PATEL, P. The international distribution and determinants of technological activities. *Oxford Review of Economic Policy*, Oxford University Press, v. 4, n. 4, p. 35–55, 1988. Citado na página 22.

PEMMARAJU, S.; SKIENA, S. *Computational discrete mathematics: combinatorics and graph theory with mathematica*. United Kingdom: Cambridge University Press, 2003. Citado na página 39.

PIETROBELLI, C. Trade liberalisation and industrial response: the case of Chile (1974-1987). *PSL Quarterly Review*, v. 47, n. 191, 1994. Citado na página 22.

PORTER, M. E. *The Competitive Advantage of Nations* Free Press. 1. ed. New York: Free Press, 1990. Citado na página 19.

PORTO, P. C. de S.; ROCHA, F. M. City size and competitiveness for the cities of São Paulo: a spatial statistics analysis. *Revista Brasileira de Inovação*, v. 17, n. 1, p. 63–88, 2018. Citado na página 14.

RAMANI, S. V.; LOOZE, M. A. D. Country-specific characteristics of patent applications in france, germany and the uk in the biotechnology sectors. *Technology Analysis & Strategic Management*, Taylor & Francis, v. 14, n. 4, p. 457–480, 2002. Citado na página 22.

RAMANI, S. V.; LOOZE, M. A. D. Using patent statistics as knowledge base indicators in the biotechnology sectors: an application to france, germany and the uk. *Scientometrics*, Akadémiai Kiadó and Springer Science, v. 54, n. 3, p. 319–346, 2002. Citado na página 22.

RIBEIRO, L.; RUIZ, R.; BERNARDES, A.; ALBUQUERQUE, E. Matrices of science and technology interactions and patterns of structured growth: implications for development. *Scientometrics*, Akadémiai Kiadó and Springer Science, v. 83, n. 1, p. 55–75, 2009. Citado na página 15.

ROSENBERG, N. The direction of technological change: inducement mechanisms and focusing devices. *Economic development and cultural change*, University of Chicago Press, v. 18, n. 1, p. 1–24, 1969. Citado na página 21.

ROSENSTEIN-RODAN, P. N. Problems of industrialisation of eastern and south-eastern europe. *The economic journal*, Wiley on behalf of the Royal Economic Society, v. 53, n. 210/211, p. 202–211, 1943. Citado 2 vezes nas páginas 14 e 18.

SCHMOOKLER, J. Economic sources of inventive activity. *The Journal of Economic History*, Harvard University Press, v. 22, n. 1, p. 1–20, 1962. Citado na página 22.

SCHMOOKLER, J. *Invention and economic growth*. Cambridge: Harvard University Press, 1966. Citado na página 22.

SCHMOOKLER, J. *Patents, invention, and economic change*. Cambridge: Harvard University Press, 1972. Citado na página 22.

SCHUMPETER, J. Depressions: Can we learn from past experience? *The Economics of the Recovery Program*, American Political Science Association, v. 28, n. 4, 1934. Citado na página 21.

SCHUMPETER, J. A. Capitalism, socialism and democracy. *The Economic Journal*, Wiley on behalf of the Royal Economic Society, v. 53, n. 212, p. 381–383, 1943. Citado 2 vezes nas páginas 20 e 21.

SHAMBAUGH, J.; NUNN, R.; PORTMAN, B. *Eleven facts about innovation and patents*. Washington: The Hamilton Project, 2017. Citado na página 14.

SIRILLI, G. *Science and technology indicators: the state of the art and prospects for the future*. London: Routledge, 1997. 281-306 p. Citado na página 16.

STEEN, M. V. *Graph theory and complex networks: an introduction*. Amsterdam: Maarten van Steen, 2010. Citado na página 25.

STERNITZKE, C.; BARTKOWSKI, A.; SCHRAMM, R. Visualizing patent statistics by means of social network analysis tools. *World Patent Information*, Elsevier, v. 30, n. 2, p. 115–131, 2008. Citado na página 15.

STOBB, M.; PETERSON, J. M.; MAZZAG, B.; GAHTAN, E. Graph theoretical model of a sensorimotor connectome in zebrafish. *PLOS ONE*, Public Library of Science, v. 7, n. 5, 2012. Citado 3 vezes nas páginas 29, 31 e 32.

SUTZ, J. *Innovación y desarrollo en América Latina*. Caracas: Nueva Sociedad, 1997. Citado na página 16.

TEECE, D. J. The dynamics of industrial capitalism: perspectives on alfred chandler's scale and scope. *Journal of economic literature*, American Economic Association, v. 31, n. 1, p. 199–225, 1993. Citado na página 21.

TRAVERS, J.; MILGRAM, S. The small world problem. *Psychology Today*, Sussex Publishers, New York City, v. 1, n. 1, p. 61–67, 1967. Citado 2 vezes nas páginas 30 e 76.

USPTO. *General information concerning patents*. Washington, 2015. Disponível em: <https://www.uspto.gov/patents-getting-started/general-information-concerning-patents>. Acesso em: 1 out. 2018. Citado na página 35.

WATTS, D. J.; STROGATZ, S. H. Collective dynamics of 'small-world' networks. *Nature International Journal of Science*, Macmillan Publishers, v. 393, p. 440–442, 1998. Citado 3 vezes nas páginas 26, 30 e 31.

WEF. *The Global Competitiveness Report 2017–2018*. Switzerland, 2017. Acesso em: 2 dez. 2018. Citado na página 22.

WIPO. *Guide to the international patent classification*. Geneva, 2018. Disponível em: https://www.wipo.int/export/sites/www/classifications/ipc/en/guide/guide_ipc.pdf. Acesso em: 28 dez. 2018. Citado na página 25.

WIPO. *The International Patent System: Patent Cooperation Treaty Yearly Review 2018*. Geneva, 2018. Disponível em: https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_901_2018.pdf. Acesso em: 10 dez. 2018. Citado na página 24.

WIPO. *Frequently Asked Questions: patents. Basics*. Geneva, 2019. Disponível em: https://www.wipo.int/patents/en/faq_patents.html. Acesso em: 21 jan. 2019. Citado 2 vezes nas páginas 22 e 23.

WORLD BANK GROUP. *World Development Indicators*. Washington, 2018. Disponível em: <http://datatopics.worldbank.org/world-development-indicators/>. Acesso em: 22 jul. 2018. Citado 3 vezes nas páginas 37, 60 e 67.

WRIGHT, B. D. The economics of invention incentives: Patents, prizes, and research contracts. *The American Economic Review*, American Economic Association, v. 73, n. 4, p. 691–707, 1983. Citado na página 23.

WU, Y. C. J.; LIU, H. P. Technological innovation assessment of business-to-business electronic marketplaces. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, Wiley Online Library, v. 57, n. 8, p. 1093–1104, 2006. Citado na página 22.

ZEEBROECK, N. v.; POTTERIE, B. v. P. d. l.; HAN, W. Issues in measuring the degree of technological specialisation with patent data. *Scientometrics*, Akadémiai Kiadó and Springer Science, v. 66, n. 3, p. 481–492, 2006. Citado na página 22.

Apêndice A – Correlações entre a contribuição ao sistema de patentes pelos países e os indicadores de desenvolvimento

Anexo A – Código de países e territórios na USPTO

A USPTO utiliza o padrão de códigos da WIPO. Diversos campos das informações disponibilizadas pela USPTO usam a codificação de duas letras para países. A pesquisa pelo nome completo de um país não retorna resultados. Essa mesma codificação é utilizada na plotagem dos gráficos apresentados neste trabalho.

Código	Nome do país ou território
AD	Andorra
AE	Emirados Árabes
AF	Afeganistão
AG	Antígua e Barbuda
AI	Anguila
AL	Albânia
AM	Armênia
AN	Antilhas holandesas
AO	Angola
AP	Organização Regional de Propriedade Intelectual Africana (ARIPO)
AR	Argentina
AT	Áustria
AU	Austrália
AW	Aruba
AZ	Azerbaijão
BA	Bósnia e Herzegovina
BB	Barbados
BD	Bangladesh
BE	Bélgica
BF	Burkina Faso
BG	Bulgária
BH	Bahrain
BI	Burundi
BJ	Benin

Continua na próxima página

Tabela 21 – continuação da página anterior

Código	Nome do país ou território
BM	Bermudas
BN	Brunei
BO	Bolívia
BQ	Bonaire, Santo Eustáquio e Saba
BR	Brasil
BS	Bahamas
BT	Butão
BV	Ilha Bouvet
BW	Botsuana
BY	Belarus
BZ	Belize
CA	Canadá
CC	Ilhas Cocos
CD	República Democrática do Congo
CF	República Centro-Africana
CG	Congo
CH	Suíça
CI	Costa do Marfim
CK	Ilhas Cook
CL	Chile
CM	Camarões
CN	China, República Popular da
CO	Colômbia
CR	Costa Rica
CS	Checoslováquia
CU	Cuba
CV	Cabo Verde
CW	Curaçao
CY	Chipre

Continua na próxima página

Tabela 21 – continuação da página anterior

Código	Nome do país ou território
CZ	República Checa
DD	República Democrática Alemã
DE	Alemanha
DJ	Djibouti
DK	Dinamarca
DM	Dominica
DO	República Dominicana
DZ	Argélia
EC	Equador
EE	Estônia
EG	Egito
EH	Saara Ocidental
EP	Escritório Europeu de Patentes (EPO)
ER	Eritreia
ES	Espanha
ET	Etiópia
FI	Finlândia
FJ	Fiji
FK	Ilhas Malvinas
FO	ilhas Faroe
FR	França
GA	Gabão
GB	Reino Unido
GD	Granada
GE	Geórgia, República da
GF	Guiana Francesa
GG	Guernsey
GH	Gana
GI	Gibraltar

Continua na próxima página

Tabela 21 – continuação da página anterior

Código	Nome do país ou território
GL	Gronelândia
GM	Gâmbia
GN	Guiné
GP	Guadalupe
GQ	Guiné Equatorial
GR	Grécia
GS	Geórgia do Sul e Ilhas Sandwich do Sul
GT	Guatemala
GW	Guiné-Bissau
GY	Guiana
HK	China, Hong Kong S.A.R.
HN	Honduras
HR	Croácia
HT	Haiti
HU	Hungria
ID	Indonésia
IE	Irlanda
IL	Israel
IM	Ilha de Man
IN	Índia
IQ	Iraque
IR	Irã
IS	Islândia
IT	Itália
JE	Jersey
JM	Jamaica
JO	Jordânia
JP	Japão
KE	Quênia

Continua na próxima página

Tabela 21 – continuação da página anterior

Código	Nome do país ou território
KG	Quirguistão
KH	Camboja
KI	Kiribati
KM	Comores
KN	São Cristóvão e Nevis
KP	Coreia do Norte
KR	Coreia do Sul
KW	Kuwait
KY	Ilhas Cayman
KZ	Cazaquistão
LA	Laos
LB	Líbano
LC	Santa Lúcia
LI	Liechtenstein
LK	Sri Lanka
LR	Libéria
LS	Lesoto
LT	Lituânia
LU	Luxemburgo
LV	Letônia
LY	Líbia
MA	Marrocos
MC	Mônaco
MD	Moldávia, República da
ME	Montenegro
MG	Madagáscar
MH	Ilhas Marshall
MK	Macedônia (antiga República Iugoslava)
ML	Mali

Continua na próxima página

Tabela 21 – continuação da página anterior

Código	Nome do país ou território
MM	Myanmar
MN	Mongólia
MO	Macau
MP	Ilhas Marianas do Norte
MQ	Martinica
MR	Mauritânia
MS	Montserrat
MT	Malta
MU	Maurício
MV	Maldivas
MW	Malawi
MX	México
MY	Malásia
MZ	Moçambique
NA	Namíbia
NC	Nova Caledônia
NE	Níger
NF	Ilha Norfolk
NG	Nigéria
NI	Nicarágua
NL	Países Baixos
NO	Noruega
NP	Nepal
NR	Nauru
NZ	Nova Zelândia
OA	Organização Africana da Propriedade Intelectual (OAPI)
OM	Omã
PA	Panamá
PE	Peru

Continua na próxima página

Tabela 21 – continuação da página anterior

Código	Nome do país ou território
PF	Polinésia Francesa
PG	Nova Guiné
PH	Filipinas
PK	Paquistão
PL	Polônia
PT	Portugal
PW	Palau
PY	Paraguai
QA	Catar
RH	Rodésia
RO	Romania
RS	Sérvia
RU	Federação Russa
RW	Ruanda
SA	Arábia Saudita
SB	Ilhas Salomão
SC	Seychelles
SD	Sudão
SE	Suécia
SG	Cingapura
SH	Santa Helena, Ascensão e Tristão da Cunha
SI	Eslovênia
SK	Eslováquia
SL	Serra Leoa
SM	San Marino
SN	Senegal
SO	Somália
SR	Suriname
ST	São Tomé e Príncipe

Continua na próxima página

Tabela 21 – continuação da página anterior

Código	Nome do país ou território
SU	U.R.S.S.
SV	El Salvador
SX	Sint Maarten
SY	Síria
SZ	Suazilândia
TC	Ilhas Turks e Caicos
TD	Chade
TG	Togo
TH	Tailândia
TJ	Tajiquistão
TL	Timor-Leste
TM	Turcomenistão
TN	Tunísia
TO	Tonga
TR	Peru
TT	Trinidad e Tobago
TV	Tuvalu
TW	Taiwan
TZ	Tanzânia
UA	Ucrânia
UG	Uganda
US	Estados Unidos da America
UY	Uruguai
UZ	Uzbequistão
VA	Cidade do Vaticano
VC	São Vicente e Granadinas
VE	Venezuela
VG	Ilhas Virgens Britânicas
VN	Vietnã

Continua na próxima página

Tabela 21 – continuação da página anterior

Código	Nome do país ou território
VU	Vanuatu (novas Hébridas)
WO	Organização Mundial da Propriedade Intelectual (WIPO)
WS	Samoa
YE	Iémen
YU	Iugoslávia
ZA	África do Sul
ZM	Zâmbia
ZW	Zimbábue