



**A produção de patentes e a complexidade do processo inovativo: estudos das patentes de inventores brasileiros na USPTO, 1976-2018.**

**Autores:**

**LAM CHONG HANG LEE (EACH/USP)**

**ESTEBAN FERNANDEZ TUESTA (EACH/USP)**

**EVA YAMILA DA SILVA CATELA (PPGEco/UFSC)**

### **Resumo**

Este trabalho tem como objetivo fundamental examinar as competências do corpo de inventores brasileiros na inovação, em diferentes setores da indústria utilizando dados de patentes. A base de dados usada neste estudo é o resultado da compilação das patentes de utilidades de depositantes brasileiros no Escritório de Patentes e Marcas dos Estados Unidos (USPTO) no período 1976-2018. A metodologia de pesquisa inclui: i) construção de uma rede bipartida ligando o número de invenções de cada país às indústrias da invenção; ii) cálculo de um índice de vantagem comparativa revelada ordenado em uma matriz de adjacência que ressalta os setores com vantagem; iii) cálculo de diversidade e ubiquidade (Hidalgo, 2007); iv) medida de proximidade entre setores de invenção; v) construção de uma árvore geradora máxima por meio de detecção de comunidades para ressaltar agrupamentos e complementariedades entre setores e para mostrar a dinâmica temporal das invenções. Os resultados mostram evidenciam relevância em patentes de brasileiros nos macro setores de produtos químicos, farmacêuticos, construção civil, combustíveis, engenharia mecânica, metalurgia e produtos alimentícios, além de commodities e produtos primários, baseados em recursos naturais, de baixa e média tecnologia fabril. Os macro setores da química e construção civil teriam sofrido uma espécie de processo de encadeamento para frente enquanto que os macro setores da metalurgia e infraestrutura sofreram um processo de encadeamento para trás.

**Palavras-chave: análise de redes, inovação, Brasil, mudança tecnológica direcionada.**

### **Abstract**

This paper aims to examine the competences of Brazilian inventors in innovation in different industry sectors using patent data. Database used in this study is the result of the organization of utility patents filed by Brazilians with the United States Patent and Trademark Office (USPTO) in the period 1976-2018. The research methodology includes: i) building a bipartite network linking the number of inventions of each country to the industrial sectors of the invention; ii) calculation of a revealed comparative advantage index, ordered in an adjacency matrix that highlights the sectors with the greatest advantage; iii) diversity and ubiquity calculation (Hidalgo, 2007); iv) measure of proximity between sectors of invention; v) building a maximum spanning tree by detecting communities to highlight groupings and complementarities between sectors and to show the time dynamics of inventions. Results show evidence of relevance in Brazilian patents in the macro sectors of chemicals, pharmaceuticals, construction, fuel, mechanical engineering,



metallurgy and food products, as well as commodities and primary products, based on natural resources, low and medium manufacturing technology. The chemical and building macro sectors would have undergone a kind of forward chaining process while the metallurgy and infrastructure macro sectors had a back chaining process.

**Keywords: network analysis, innovation, Brazil, directed technological change.**

**Área ABEIN: 5 - Inovação e mudanças técnica, organizacional e institucional**



## **A produção de patentes e a complexidade do processo inovativo: estudos das patentes de inventores brasileiros na USPTO, 1976-2018.**

### **1. Introdução**

A mudança tecnológica é crucial para entender o crescimento econômico dos países capitalistas (Schumpeter, 1943). A geração, transmissão e difusão da inovação tecnológica têm sido estudados do ponto de vista teórico e empírico (Lucas, 1988; Romer, 1990; Mankiw, 1992; Benhabib e Spiegel, 2005; Aghion *et al.*, 2014), chamando muito mais atenção do que a análise de sua direção (Acemoglu, 2000).

Mas o estudo da direção da mudança técnica é de fundamental importância porque o direcionamento desta mudança, introduzida e adotada em um país em um ponto do tempo tem um efeito direto na estrutura dos preços relativos, originando e alimentando um processo de *path-dependence* de causalidade localizada onde a mudança tecnológica e a mudança estrutural se retroalimentam mutuamente (Antonelli, 2014).

O presente estudo apresenta um modelo para análise e identificação de capacidades em inovação e direção da mudança tecnológica para o caso brasileiro, no período de 1980-2018. 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 *et al.* (2011) Sternitzke *et al.* (2008), Malerba (2002) entre outros.

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 (USPTO), que possui informações de patentes disponíveis para o período de 1976 a 2018. Muitos estudos têm sido realizados sobre os dados contidos nesse repositório. Um exemplo desta utilização é Ribeiro *et al.* (2009), que construíram as matrizes de ciência e tecnologia mundial utilizando o mesmo repositório e diferenciando padrões de crescimento estruturado em países desenvolvidos e em desenvolvimento.

Sistemas de patentes possuem dados que podem ser utilizados para identificar dinâmicas e fenômenos ligados às atividades inovadoras e a direção dos resultados destas atividades. As patentes são ativos intangíveis, resultado de atividades de pesquisa e desenvolvimento de instituições. Analisar as patentes de um país pode revelar quais capacidades tecnológicas ele detém, os setores em que é líder, quais são as perspectivas na criação de novos produtos e especialmente qual é a direção da mudança técnica (Antonelli, 2014).

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 para o período 1976-2018, à luz da teoria da mudança tecnológica direcionada (Antonelli, 2014; Acemoglu, 2002, Caselli, 1999).

Assim como em Hidalgo *et al.* (2007) e Antonelli (2014), pressupõe-se que a capacidade de um país de inovar em um setor depende de sua capacidade de inovar em setores correlatos - em vista da similaridade dos processos produtivos, insumos e capital humano necessários - e a partir desta pressuposição, desenvolvemos uma medida de proximidade das inovações do país ao longo do tempo. Os dados foram organizados em uma matriz de proximidade entre os setores da indústria brasileira e utilizamos, posteriormente, a teoria das redes complexas para analisar o conjunto de relações existentes.



O trabalho se organiza da seguinte forma. Na segunda seção se apresentam os conceitos fundamentais da teoria da mudança técnica localizada ou direcionada. Na terceira seção, se apresenta a estratégia metodológica utilizada no trabalho. Os resultados são discutidos na quarta seção. Se culmina com a

## 2. A teoria da mudança técnica localizada

Entende-se por mudança técnica localizada a introdução de inovações dentro de uma variedade limitada de técnicas definidas pelo nível de intensidade de fatores produtivos, existência de insumos complementares, habilidades, bens de capital disponíveis, estrutura organizacional e localização geográfica (Antonelli, 2014).

A mudança tecnológica é localizada quando a tomada de decisão técnica das empresas é *path dependence*: em certo período  $t$ , em cada empresa, a geração, implementação, seleção e adoção de novas técnicas tecnológicas é influenciada pelas características das técnicas e tecnologias utilizadas nos períodos anteriores.

A noção de mudança tecnológica localizada começa com a teoria hicksiana de inovação induzida. Nesta teoria a mudança tecnológica pode ser classificada como neutra, intensiva em mão-de-obra (poupadora de capital) ou, inversamente, capital intensiva (consequentemente, poupadora de mão-de-obra). Para Hicks (1932) a mudança tecnológica tinha como principal objetivo economizar a utilização de fatores de produção mais custosos.

Quando a mudança tecnológica não é neutra, a taxa marginal de substituição entre os insumos é afetada pela a nova tecnologia (Acemoglu, 2002). Este autor demonstra que há duas forças que afetam o direcionamento da mudança tecnológica em equilíbrio: i) o efeito preço, que cria incentivos para desenvolver tecnologias usadas na produção dos bens ou fatores com maior valor, e; ii) o efeito do tamanho do mercado, que encoraja o desenvolvimento de tecnologias que tem um mercado maior, ou seja, que usam os fatores mais abundantes. A elasticidade de substituição entre diferentes fatores de produção regula o poder desses efeitos, tendo implicações sobre como a mudança técnica e os preços dos fatores respondem às mudanças nas ofertas relativas. Isto porque quanto maior a localização da mudança tecnológica, ou seja, quanto menor o caráter genérico das inovações introduzidas e menores os *spillovers* gerados, menor a elasticidade de substituição. Quando a elasticidade de substituição é baixa, fatores escassos comandam os preços (maiores) e o fator preço é relativamente mais forte. Quando a elasticidade de substituição é alta, a direção da mudança tecnológica pode superar o efeito substituição e aumentar a demanda pelo fator mais abundante.

A partir de Teece (1986) o foco passa a ser o nível de substituíbilidade de fatores de produção complementares e não sobre os níveis de substituíbilidade de fatores primários de produção. A mudança tecnológica é localizada quando os bens só podem ser produzidos com fatores de produção intermediários com altos níveis de especificidade e idiosincrasia, mas baixos níveis de compatibilidade e interface. Assim, quando o produto inovador pode ser fabricado somente com alguns fatores de produção complementares, estreitamente definidos, a nova tecnologia é fortemente localizada naquele ambiente económico específico em que esses fatores complementares estão disponíveis.

A complexidade da complementariedade abre o cenário para a relação entre direção da mudança técnica e lock-in e dependência de estado, que funciona em dois sentidos (David, 1987):



i) Alguns agentes estão fechados em tecnologias inferiores por causa de sua inter-relação com uma série de fatores complementares, enquanto melhores tecnologias são compatíveis apenas com um conjunto completamente diferente de fatores complementares.

ii) Por outro lado, o caráter localizado da mudança tecnológica leva a certas firmas a se fechar em alguns fatores específicos por causa da inter-relação e complementaridade.

As firmas são assim induzidas a inovar e efetuar uma busca localizada de novas tecnologias, devido às condições de irreversibilidade e desequilíbrio presentes nos mercados de fatores e produtos. A racionalidade procedural e as competências localizadas restringem a busca de novas tecnologias na proximidade das técnicas usadas por cada firma.

Desta forma, a taxa e a direção da mudança tecnológica estão influenciadas pela busca de novas tecnologias que são complementares às existentes. Novas tecnologias são fragmentos complementários de conhecimento a partir de interações coletivas: para gerar novo conhecimento, a firma deve identificar fragmentos complementários no espaço de conhecimento e combina-los com o conhecimento interno. Desta forma, as tecnologias novas emergem pela combinação das existentes (Arthur, 2009)

## 2. Metodologia.

A estratégia metodológica deste trabalho utiliza redes complexas como principal insumo. Nesta seção se apresentam em primeiro lugar os conceitos básicos associados à teoria de redes e a seguir, os passos realizados para a construção do Espaço de Inovações em Patentes (EIP).

### 2.1 Redes complexas, aleatórias e redes livre de escala.

Formalmente, uma rede pode ser definida por um grafo  $G(N, E)$ , onde  $N$  representa o conjunto de nós e  $E$  o conjunto de arestas. Sendo  $i$  e  $j \in N$ , 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.

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. Recentemente, o foco tem sido o estudo das redes e a sua construção dentro do referencial teórico dos sistemas complexos (Boccaletti et al. 2006, Barabasi, 2016).

O grau ( $k$ ) de um nó representa o número de conexões que ele realiza. Por definição, o número de vizinhos que um nó 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:



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

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 fórmula:

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

nos casos de grafos não-direcionados, ou

$$\bar{k} = \frac{|E|}{|N|}$$

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  $k = N-1$  (Barabasi, 2016):

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

Geralmente, uma das estatísticas mais importantes 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:

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

Barabasi e Albert (1999), ao comparar redes aleatórias e redes reais, identificaram um 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 seguia uma lei de potência na forma de



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

As redes que apresentam essa propriedade passaram a ser conhecidas como redes livres de escalas. Os estudos conduzidos por Barabási e Albert (1999) levaram os pesquisadores a questionar sobre quais mecanismos seriam responsáveis pelo surgimento das redes livres de escalas. O modelo proposto por estes autores 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  $k_i$ :

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

## 2.2 Estratégia de implementação das redes.

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<sup>1</sup>.

A primeira etapa consistiu, portanto, na preparação do banco de dados com o desenvolvimento de um programa em Python, 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, país 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.

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. Apenas as Patentes de Utilidade foram usadas nesta investigação<sup>2</sup>. A escolha de trabalhar com as Patentes de Utilidade reflete a

---

<sup>1</sup> 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.

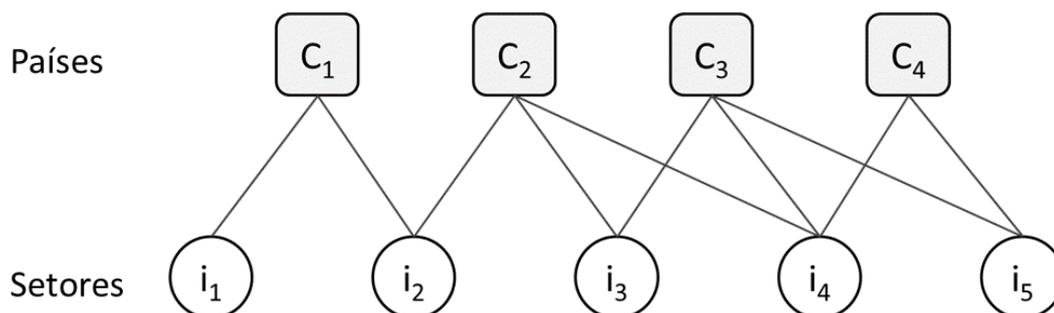
<sup>2</sup> O sítio da USPTO explica as diferenças entre esses tipos: as Patentes de Utilidade podem ser concedidas a qualquer um que invente ou descubra um processo novo e útil, máquina, artigo de manufatura ou composição de matéria, ou ainda quaisquer melhorias novas e úteis a partir deles; as Patentes de Design podem ser concedidas a qualquer pessoa que invente um design



necessidade de considerar apenas as patentes que resultam de atividades inovadoras mais diretamente ligadas à indústria.

Como cada patente possui um conjunto de inventores e está relacionada a uma ou mais áreas da indústria, através da classificação do IPC/CPC, se realiza a construção de uma rede bipartida ligando países e setores industriais na segunda etapa (Figura 1). 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 1 – Representação da rede bipartida



A partir do grafo bipartido, é possível identificar em quais áreas da indústria o Brasil tem contribuições notórias, quando comparado a outros países, e para esse fim foi utilizada uma adaptação no Índice de Vantagem Comparativa Revelada (RCA), de Balassa (1965), o qual formalmente expressamos por

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

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  $i$ ;

---

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.



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

Assim, na terceira 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  $i$  o Brasil possui vantagem relativa.

Para a quarta etapa, assim como em Hidalgo (2007), calculamos a diversidade e ubiquidade, somando-se as linhas e as colunas da matriz  $M_{c,i}$ . 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.

$$Diversidade = \sum_i M_{ci}$$

$$Ubiquidade = \sum_c M_{ci}$$

Na quinta 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:

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

onde  $P(RCA_{ci}|RCA_{cj})$  é a função densidade da probabilidade condicional de contribuir efetivamente para a inovação 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 das 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  $\varphi$ ) que trouxe pistas valiosas sobre a forma como ocorre a transição entre os setores da indústria. Nessa etapa então providenciamos também a análise de segmentos da matriz  $\varphi$  para melhor compreensão dos fenômenos observados.

A sexta 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 e Skienna, 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  $\varphi$  - a MST será a árvore geradora com os maiores valores para  $\varphi$ .

Considerando cada nó a representação de um setor da indústria (utilizando-se a informação da subclasse IPC/CPC) procedemos algoritmicamente da seguinte forma:

- Classificamos cada uma das ligações da matriz  $\varphi$  em ordem decrescente de peso;
- Adicionamos a primeira conexão ao grafo. O grafo inicial terá, portanto, uma ligação e dois nós: os dois setores tecnológicos mais próximos;
- Adicionamos a próxima maior ligação se, e somente se, a nova conexão trazer um novo nó ao grafo;
- 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 (McGuffin, 2012).

O cálculo da modularidade (Newman, 2018) da rede servirá como ferramenta para atender ao objetivo exposto na introdução, uma vez que conhecer a forma como os setores se “agrupam” fornece indicação 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: 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 são previamente especificados pelo pesquisador no particionamento da rede, enquanto que na detecção de comunidades essas informações não são definidas. A rotina desenvolvida pelo pesquisador deve analisar, portanto, no caso da detecção de comunidades, a quantidade adequada de fatias geradas e seus respectivos tamanhos.

Neste estudo optamos pela segunda abordagem tendo 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):

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

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. Utilizamos o método de Louvain (2008), implementado no software Gephi (Bastian, Heymann e 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 última etapa, utilizamos o EIP para examinar o ambiente de competências em patentes analisando especificamente as patentes depositadas por brasileiros, utilizando uma tabela de concordância tecnológica. 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 das indústrias. Neste trabalho utilizamos a IPC V8 NACE REV 2, elaborado pela 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.

#### 4. Resultados

Na primeira parte dos resultados se discute a matriz de proximidade do Brasil, considerando a ideia de que a capacidade de um país para inovar depende por um lado das condições internas, mas se relaciona também à dinâmica de outros países inovadores.

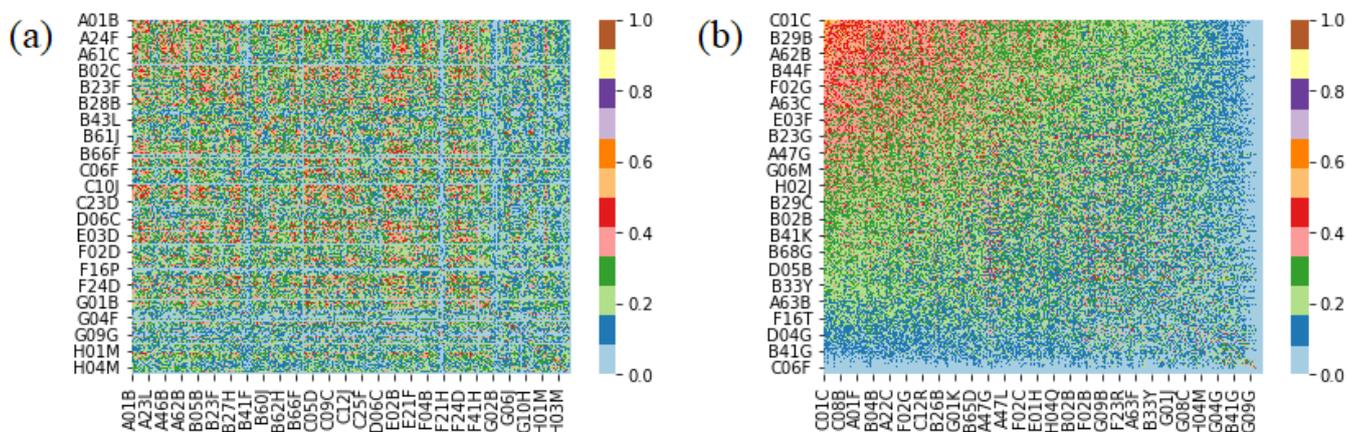
Na segunda parte da seção de resultados, se analisa a dinâmica temporal das inovações brasileiras, considerando o longo período 1976-2018.

##### 4.1 Matriz de proximidade entre setores da indústria

Uma medida de proximidade foi construída para formalizar a ideia 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. 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  $\varphi$ , cuja forma de cálculo encontra-se descrita na seção metodológica.

Definimos o espaço de colaboração em patentes como o conjunto de todas as medidas de proximidade (valores para  $\varphi$ ). O espaço analisado consiste em uma matriz de 643 x 643, onde cada linha e coluna dessa matriz representa uma área da indústria de nível 4 IPC/CPC. A Figura 2(a) exhibe a matriz de proximidade onde as linhas e colunas são ordenadas segundo a codificação da indústria. A Figura 2(b) exhibe a mesma matriz, mas com as linhas e colunas ordenadas de acordo com os valores de  $\varphi$  (do maior para o menor).

Figura 2 – Matriz  $\varphi$  de proximidade em a) ordem alfabética, e em b) ordem dos valores de  $\varphi$  (do maior para o menor)



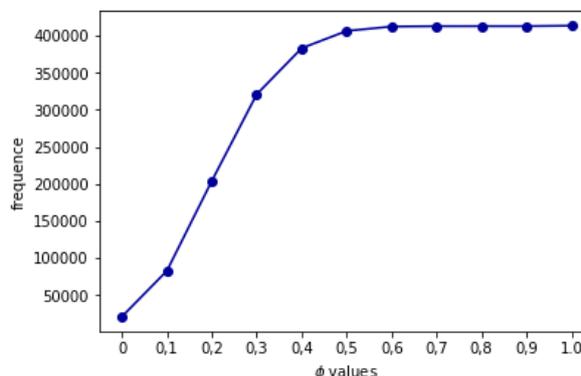
Um espaço homogêneo implicaria em valores uniformizados (cores homogêneas), mas a matriz observada indica a existência de um modelo de escada, sugerindo uma transição por diferentes setores industriais, com algumas áreas mais conectadas que outras.

Como um todo, a distribuição do espaço é esparsa, com os valores de  $\phi$  distribuído de acordo com a Tabela 1, onde 5% das observações são iguais a zero, 20% menos que 0,1 e 50%, menores que 0,2 (ver também Figura 3).

Tabela 1 – Observações (links) por valores de  $\phi$

$\phi$ values	links	% accumulated
= 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%

Figura 3 – Distribuição de frequências (acumulada) para valores de  $\phi$



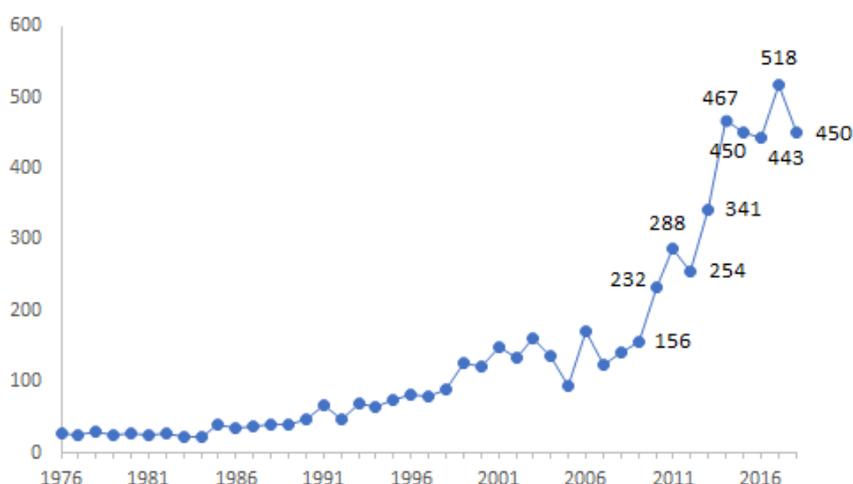
#### 4.2 Análise das patentes dos depositantes brasileiros.

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<sup>3</sup>. No entanto, na observação do IPMH, o Brasil cai para o 82º lugar, com 28,66 patentes nesse índice. A evolução anual acumulada das patentes brasileiras do tipo utilidade está representada na Figura 4.

Figura 4 – Evolução das patentes de brasileiros na USPTO

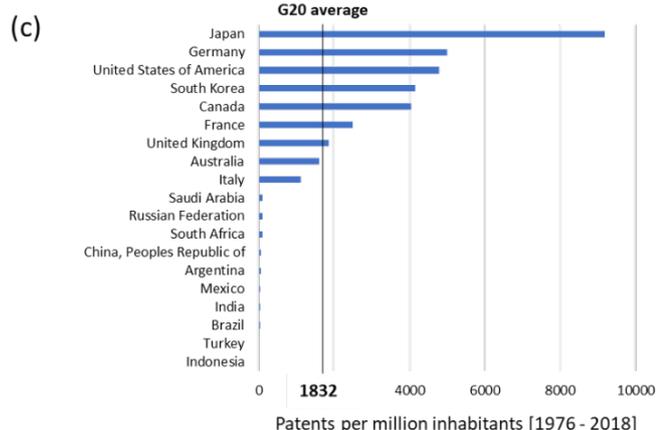
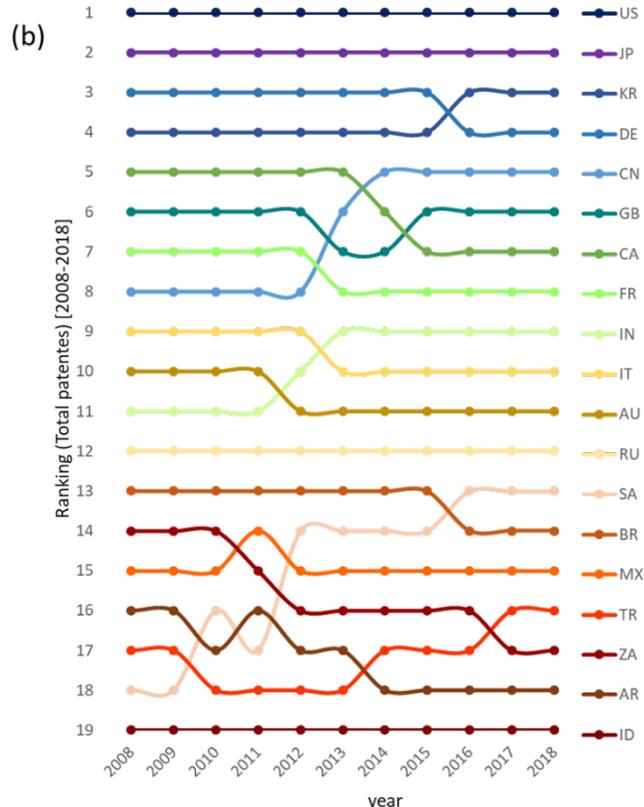
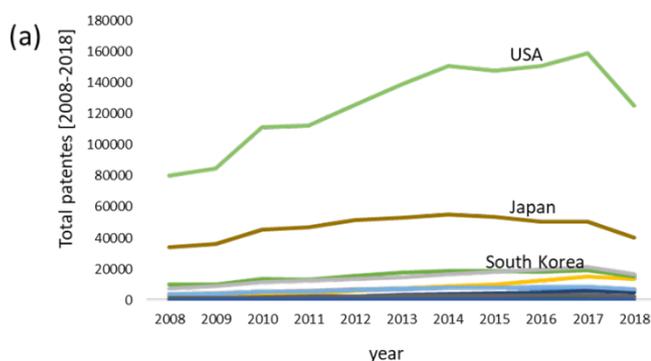


Percebe-se uma mudança na tendência da série nos anos 2000, especialmente a partir de 2007<sup>4</sup>. A evolução da contribuição total dos brasileiros em patentes é mais evidente quando comparada com a de outros países. A Figura 5(a) mostra a contribuição total dos países do G20 na última década. No 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 5(b) um ranking a partir do mesmo gráfico, mas enfatizando as posições relativas de classificação dos países.

Figura 5 – 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).

<sup>3</sup> 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.

<sup>4</sup> 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, então as informações para 2018 não estão completas.



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 5(c) 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 34<sup>a</sup> 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 rota de alcançar um maior nível de complexidade.

Utilizamos informações de volumetria das solicitações de patentes de brasileiros para destacar na Figura 6, 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.

Figura 6 – EIP Brasil – Destaque para nós onde  $RCA \geq 1$



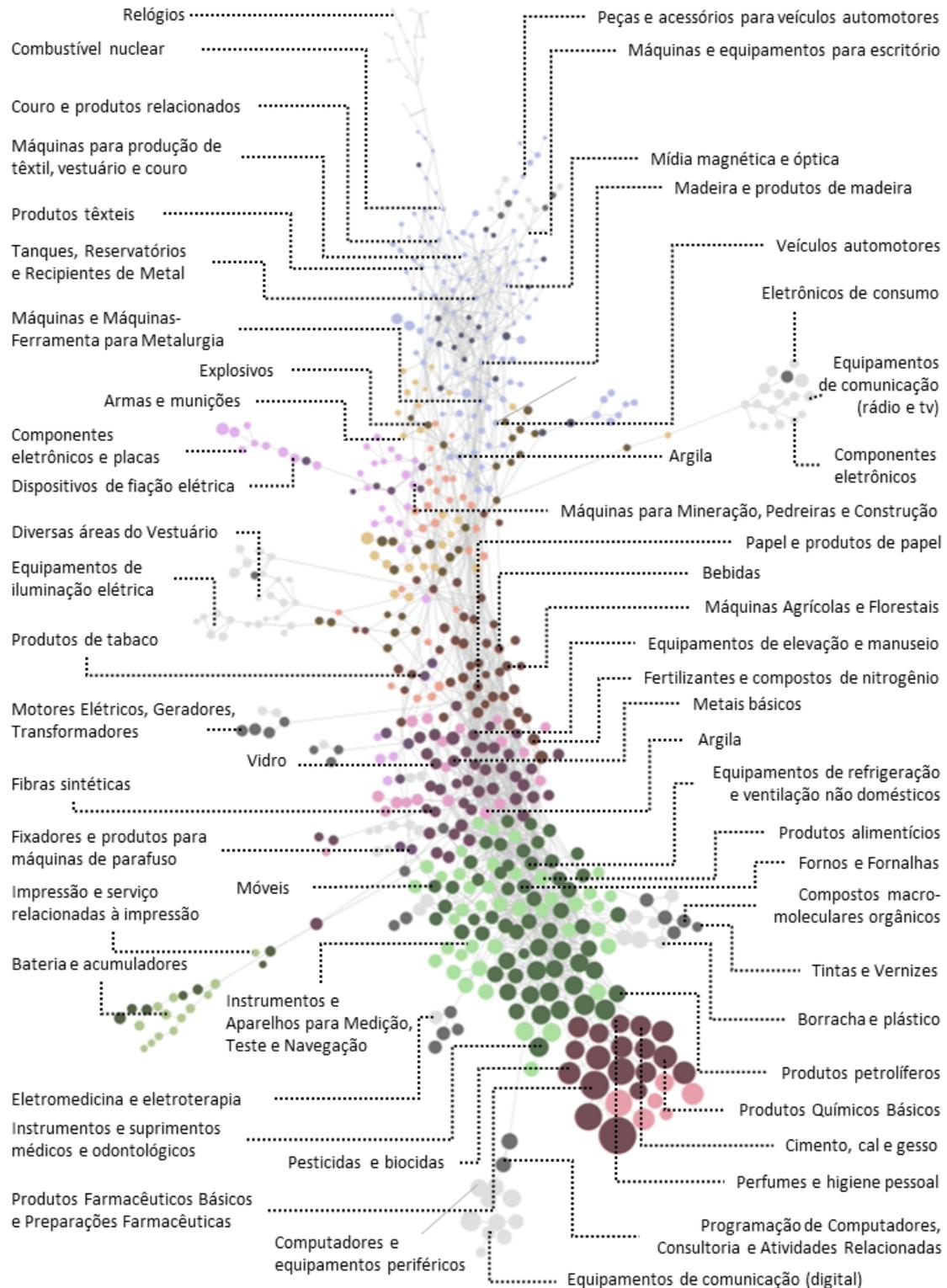
# IV ENEI

## Encontro Nacional de Economia Industrial e Inovação

Inovação, Produtividade e os Desafios do Crescimento

10 a 12 de setembro de 2019

Campinas, São Paulo





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, plásticos e borracha sintética em formas primárias, vidro, cerâmica), de baixa tecnologia fabril (algumas têxteis, tecidos, 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 a alta tecnologia fabril relacionados 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.

A partir da tabela de concordância tecnológica IPC V8 NACE REV 2, mapeamos todos macrosetores (conforme codificação NACE) e destacamos os nós onde o Brasil realizou significativas contribuições em patentes ( $RCA \geq 1$ ) e calculamos o ratio do Brasil para cada macrosetor. Procedemos da seguinte forma: para o exemplo do NACE 10 (Produtos alimentícios), 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 macrosetores onde o Brasil apresenta alta, média, baixa ou nenhuma competência em patentes.

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

Muitos macrosetores 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 macrosetor. No caso de dois nós, garantida a competência em um deles, a nossa abordagem sugere que o país avaliado possui competência naquele macrosetor 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 macrosetor em aproximadamente menos da metade das vezes e por isso assinalamos baixa competência. Assim, as Tabelas 2 a 5 classificam os macrosetores segundo as competências brasileiras em patentes, e os respectivos ratios.

Tabela 2 - Macrosetores tecnológicos com ALTA competência brasileira em patentes

Macrosetor	Ratio
programação de computadores, consultoria e atividades relacionadas	1,000



**IV ENEI**  
**Encontro Nacional de Economia Industrial e Inovação**  
**Inovação, Produtividade e os Desafios do Crescimento**  
**10 a 12 de setembro de 2019**  
**Campinas, São Paulo**

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

Tabela 3- Macrosetores tecnológicos com MÉDIA competência brasileira em patentes

<b>Macrosetor</b>	<b>Ratio</b>
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



**IV ENEI**  
**Encontro Nacional de Economia Industrial e Inovação**  
**Inovação, Produtividade e os Desafios do Crescimento**  
**10 a 12 de setembro de 2019**  
**Campinas, São Paulo**

fabricação de outras máquinas para fins especiais	0,464
fabricação de motores e turbinas, exceto motores de aeronave...	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

Tabela 4 - Macrosetores tecnológicos com BAIXA competência brasileira em patentes

<b>Macrosetor</b>	<b>Ratio</b>
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

Tabela 5 - Macrosetores tecnológicos com NENHUMA competência brasileira em patentes

<b>Macrosetor</b>	<b>Ratio</b>
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

A evolução do EIP Brasil ao longo dos anos é ilustrada na Figura 7 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 marcados 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.

Figura 7 - Evolução do EIP Brasil - 1980 a 2018



# IV ENEI

## Encontro Nacional de Economia Industrial e Inovação

Inovação, Produtividade e os Desafios do Crescimento

10 a 12 de setembro de 2019

Campinas, São Paulo





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

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
- 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



A concepção de direcionalidade da mudança tecnológica (Mokyr, 2002; Anotnelli, 2006) ajuda a entender os encadeamentos dos macrosetores da indústria brasileira em termos de inovação, como um produto endógeno da dinâmica do sistema. Este enfoque deve ser entendido a partir da integração de duas forças: (i) a inovação como reação às condições mutantes dos mercados de produtos e fatores (visão schumpeteriana); (ii) a geração de retornos crescentes localizados, derivados de externalidades criadas em setores consolidados (equilíbrio parcial marshalliano).

Assim, podemos observar os macrosetores da química e construção civil, que 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 conseqüentemente leva ao desenvolvimento de uma indústria para este novo bem. Já os macrosetores da metalurgia e infraestrutura sofreram um processo de encadeamento para trás, que ocorre quando um país estimulado ou desenvolve setores de insumos o relacionados a outra principal.

A evolução do EIP no tempo evidenciou também a força da concorrência schumpeteriana superando as inovações localizadas. 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 sequência evolutiva na inovação observada por meio do sistema de patentes: setores situados na região de coloração verde, seguido pela região de coloração vermelha, rosa e por fim os setores da região de coloração laranja.

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 competências 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 relacionados, a existência de poucos nós representa uma inércia para a evolução desse sistema uma vez que são poucas as opções a partir dos quais se pode evoluir. Isto mostra claramente a ideia de que em qualquer ponto do tempo, as características das mudanças tecnológicas refletem as configurações técnicas e tecnológicas dos processos produtivos, que emergem dos períodos temporais prévios (Antonelli, 2012)



## 5. Conclusões

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 que os macro setores da metalurgia e infraestrutura sofreram um processo de encadeamento para trás.

## Referências Bibliográficas

- ACEMOGLU, Daron. Directed technical change. *The Review of Economic Studies*, 2002, 69.4: 781-809.
- AGHION, Philippe; AKCIGIT, Ufuk; HOWITT, Peter. What do we learn from Schumpeterian growth theory?. In: *Handbook of economic growth*. Elsevier, 2014. p. 515-563.
- ANTONELLI, Cristiano. *The economics of localized technological change and industrial dynamics*. Springer Science & Business Media, 2012.
- BALASSA, Bela. Trade liberalisation and “revealed” comparative advantage 1. *The manchester school*, 1965, 33.2: 99-123.
- BARABASI, A. L. *Linked: the new science of networks*. Cambridge: Perseus Books Group, 2002.
- BARABASI, 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.
- BARABASI, A. L. *Network science*. United Kingdom: Cambridge University Press, 2016.
- BARABASI, 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.
- BASTIAN, M.; HEYMANN, S.; JACOMY, M. *Gephi: An Open Source Software for Exploring and Manipulating Networks*. 2009.
- BENHABIB, Jess; SPIEGEL, Mark M. Human capital and technology diffusion. *Handbook of economic growth*, 2005, 1: 935-966.
- BLONDEL, V. D.; GUILLAUME, J. L.; LAMBIOTTE, R.; LEFEBVRE, E. Fast unfolding of communities in large networks. *Journal of statistical mechanics: theory and experiment*, 2008(10), P10008.
- BOCCALETTI, S.; LATORA, V.; MORENO, Y.; CHAVEZ, M.; HWANG, D. U. Complex networks: Structure and dynamics. *Physics reports*, 2006, 424(4-5), 175-308.



CASELLI, Francesco. Technological revolutions. *American Economic Review*, 1999, 89.1: 78-102.

DAVID, Paul A. Some new standards for the economics of standardization in the information age. *Economic policy and technological performance*, 1987, 206-239.

GAO, J.; ZHOU, T. Quantifying china's regional economic complexity. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, Elsevier, v. 492, p. 1591–1603, 2018.

HIDALGO, César A.; KLINGER, B.; BARABÁSI, A. L.; HAUSMANN, R. The product space conditions the development of nations. *Science*, 2007, 317.5837: 482-487.

JEFFERSON, O. A.; JAFFE, A.; ASHTON, D.; WARREN, B.; KOELLHOFER, 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.

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

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

MANKIWN 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.

MCGUFFIN, Michael J. Simple algorithms for network visualization: A tutorial. *Tsinghua Science and Technology*, 2012, 17.4: 383-398.

NEWMAN, M. E. J. Network structure from rich but noisy data. *Nature Physics*, 2018, 14.6: 542.

PEMMARAJU, Sriram; SKIENA, Steven. *Computational Discrete Mathematics: Combinatorics and Graph Theory with Mathematica®*. Cambridge university press, 2003.

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.

ROMER, Paul M. Endogenous technological change. *Journal of political Economy*, 1990, 98.5, Part 2: p.71-102.

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.

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.



TEECE, David J. Profiting from technological innovation: Implications for integration, collaboration, licensing and public policy. *Research policy*, 1986, 15.6: 285-305.

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.