



TEXTO PARA DISCUSSÃO Nº 558

**SISTEMAS DE INOVAÇÃO E MUDANÇAS NA DIVISÃO CENTRO-PERIFERIA:
notas sobre uma metodologia para identificar trajetórias de países a partir de estatísticas de
ciência e tecnologia**

**Catari Vilela Chaves
Leonardo Costa Ribeiro
Ulisses Pereira Santos
Eduardo da Motta e Albuquerque**

Junho de 2017

Universidade Federal de Minas Gerais

Jaime Arturo Ramírez (Reitor)
Sandra Regina Goulart Almeida (Vice-reitora)

Faculdade de Ciências Econômicas

Paula Miranda-Ribeiro (Diretora)
Lizia de Figueirêdo (Vice-diretora)

Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional (Cedeplar)

Mônica Viegas Andrade (Diretora)
Eduardo da Motta e Albuquerque (Vice-Diretor)

José Irineu Rangel Rigotti (Coordenador do Programa de Pós-graduação em Demografia)

Marco Flávio da Cunha Resende (Coordenador do Programa de Pós-graduação em Economia)

Laura Lídia Rodríguez Wong (Chefe do Departamento de Demografia)

Edson Paulo Domingues (Chefe do Departamento de Ciências Econômicas)

Editores da série de Textos para Discussão

Aline Souza Magalhães (Economia)
Adriana de Miranda-Ribeiro (Demografia)

Secretaria Geral do Cedeplar

Maristela Dória (Secretária-Geral)
Simone Basques Sette dos Reis (Editoração)

<http://www.cedeplar.ufmg.br>

Textos para Discussão

A série de Textos para Discussão divulga resultados preliminares de estudos desenvolvidos no âmbito do Cedeplar, com o objetivo de compartilhar ideias e obter comentários e críticas da comunidade científica antes de seu envio para publicação final. Os Textos para Discussão do Cedeplar começaram a ser publicados em 1974 e têm se destacado pela diversidade de temas e áreas de pesquisa.

Ficha catalográfica

S623 Sistemas de inovação e mudanças na divisão
2017 centro-periferia: notas sobre uma metodologia para identificar trajetórias de países a partir de estatísticas de ciência e tecnologia / Catari Vilela Chaves ... [et al.]. - Belo Horizonte : UFMG/CEDEPLAR, 2017. 26 p. : il. - (Texto para discussão, 558)

Inclui bibliografia (p. 25-27)
ISSN 2318-2377

1. Ciência e tecnologia. 2. Inovações tecnológicas. 3. Desenvolvimento econômico. I. Chaves, Catari Vilela. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional. III. Título. IV. Série.

CDD: 509.81

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca da FACE/UFMG - JN 060/2017

As opiniões contidas nesta publicação são de exclusiva responsabilidade do(s) autor(es), não exprimindo necessariamente o ponto de vista do Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional (Cedeplar), da Faculdade de Ciências Econômicas ou da Universidade Federal de Minas Gerais. É permitida a reprodução parcial deste texto e dos dados nele contidos, desde que citada a fonte. Reproduções do texto completo ou para fins comerciais são expressamente proibidas.

Opinions expressed in this paper are those of the author(s) and do not necessarily reflect views of the publishers. The reproduction of parts of this paper of or data therein is allowed if properly cited. Commercial and full text reproductions are strictly forbidden.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
FACULDADE DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO E PLANEJAMENTO REGIONAL**

**SISTEMAS DE INOVAÇÃO E MUDANÇAS NA DIVISÃO CENTRO-PERIFERIA:
Notas sobre uma Metodologia para Identificar Trajetórias de Países a partir de Estatísticas de
Ciência e Tecnologia***

Catari Vilela Chaves

PUC Minas, Belo Horizonte (catarivilela@gmail.com)

Leonardo Costa Ribeiro

Inmetro, Rio de Janeiro (leonardocostaribeiro@gmail.com)

Ulisses Pereira Santos

Cedeplar-UFMG, Belo Horizonte (ulisses@cedeplar.ufmg.br)

Eduardo da Motta e Albuquerque

Cedeplar-UFMG, Belo Horizonte (albuquerque@cedeplar.ufmg.br) (Cedeplar-FACE-UFMG, Gabinete 3069, Av. Antônio Carlos 6627, Belo Horizonte - MG, CEP 31270-901, BRASIL)

**CEDEPLAR/FACE/UFMG
BELO HORIZONTE
2017**

* Agradecemos o apoio financeiro do CNPq (Processos 459627/2014-7 e 302857/2015-0). Os erros são responsabilidade dos autores.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	6
2. SISTEMAS NACIONAIS DE INOVAÇÃO, DIFERENCIAÇÃO, MENSURAÇÃO E TIPOLOGIAS	7
3. ELEMENTOS QUANTITATIVOS PARA UMA TIPOLOGIA DE SISTEMAS DE INOVAÇÃO	8
3.1. Base de dados: produção científica, tecnológica e desenvolvimento econômico	8
3.1.1 Produção científica	9
3.1.2. Produção tecnológica	10
3.1.3. PIB per capita e desenvolvimento econômico	10
3.2. Metodologia: <i>cluster</i> super paramagnético	11
4 ANÁLISE DOS RESULTADOS	12
4.1. A correlação entre ciência, tecnologia e a riqueza das nações	12
4.2. A técnica de <i>clustering</i> e três regimes de interação em 2014.....	14
4.3. Trajetórias intertemporais dos limiares e dos países	16
5. UMA NOTA SOBRE INTENSIDADE TECNOLÓGICA E O EFEITO RAINHA VERMELHA: O CASO DO BRASIL	18
6. CONCLUSÃO	23
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	24

RESUMO

Este artigo apresenta uma metodologia para avaliar a posição de sistemas nacionais de inovação no cenário internacional. Dados de patentes, artigos científicos, população e PIB de todos os países para 1974, 1982, 1990, 1998, 2006, 2012 e 2014 são a base para a aplicação dessa metodologia de agrupamento de países. Além de identificar um limiar entre esses agrupamentos - a divisão centro-periferia interpretada pelos dados de ciência e tecnologia -, é possível captar sua movimentação impulsionada por revoluções tecnológicas no centro. O resultado é um quadro dinâmico - o desafio crescente para a implementação de processos de *catch up*.

Palavras-Chave: Ciência e tecnologia, centro-periferia, sistema nacional de inovação

Classificação: JEL: O30, O33

ABSTRACT

This paper presents a methodology to evaluate the international position of national systems of innovation. Data for patents, papers, population and GDP are processed by the methodology of clustering. The outcome is the identification of thresholds between those clusters, the most important a divide center-periphery according to science and technology statistics. Those thresholds move pushed by technological revolutions at the center. This dynamic scenario puts forward a challenge to future catch up processes.

Key Words: Science and technology, center-periphery, national systems of innovation

JEL Classification: O30, O33

1. INTRODUÇÃO

Este artigo apresenta uma metodologia baseada em estatísticas de ciência e tecnologia para avaliar a posição de sistemas nacionais de inovação no cenário internacional. Além de identificar a posição de sistemas nacionais de inovação específicos, essa metodologia permite acompanhar as trajetórias intertemporais de países selecionados. Finalmente, essa metodologia permite agrupar os países de acordo com características quantitativas de seus sistemas de inovação, contribuindo para avaliar a existência e a movimentação da divisão centro-periferia a partir dos dados de ciência e tecnologia.

O conceito de sistema nacional de inovação é apresentado na literatura no final dos anos 1980 - ver Freeman, 1987; e a seção sobre sistemas nacionais de inovação do livro editado por Dosi et al (1988). Nos últimos 30 anos, sistemas de inovação foram objeto de um enorme esforço teórico. Teixeira (2014) apresenta os resultados desse esforço em um estudo bibliométrico que sistematiza a difusão e o enriquecimento do conceito. Outra demonstração da consolidação do conceito na literatura da economia e da economia da tecnologia em especial é a presença do tema em *handbooks* da área (ver Fagerberg et al, 2005, capítulo 7; Hall and Rosenberg, 2010, capítulo 27).

O conjunto dos estudos sobre sistemas de inovação apresentou novos desafios, entre os quais a aplicabilidade do conceito de sistemas de inovação para países da periferia capitalista seria importante para um conjunto de pesquisadores localizados no chamado Sul Global (Coutinho e Suzigan, 1991; Villaschi, 1992; Cassiolato, et al, 2003; Viotti, 2002; Silva, 2003). O surgimento de iniciativas como Globelics em 2003 - liderada por Lundval - e o Projeto Catch Up em 2005 - liderado por Nelson -, permitiram importantes avanços na definição de novas questões para pesquisadores relacionados ao tema - dois resultados importantes seriam Lundval et al (2009) e Nelson (2004)

O ponto de partida deste artigo é a possibilidade de avaliar sistemas de inovação através de estatísticas selecionadas, como Patel e Pavitt (1994) pioneiramente sugeriram. Toda uma tradição de estudos empíricos baseados em estatísticas de patentes e artigos científicos, direta ou indiretamente relacionados aos sistemas de inovação foram produzidos desde então (para uma resenha abrangente, ver Moed et al, 2004). A conjectura básica deste artigo apóia-se na sugestão de que estatísticas de patentes e de artigos científicos sintetizam e resumem a avaliação de componentes essenciais de sistemas de inovação - tecnologia produzida por firmas, ciência produzida por universidades e instituições de pesquisa e a interação entre elas.

O artigo possui mais cinco seções, além da introdução. A segunda apresenta a revisão da literatura sobre os estágios de construção dos sistemas de inovação e regimes de interação entre C&T. As bases de dados referentes à produção científica e tecnológica bem como o indicador de desenvolvimento econômico serão descritos na terceira seção, juntamente com a apresentação da metodologia desenvolvida. A quarta, explica as trajetórias intertemporais dos limiares de produção de C&T dos países que compõem cada regime. A quinta apresenta uma nota sobre o caso brasileiro, articulando a posição e a trajetória do Brasil com uma avaliação preliminar da estrutura industrial doméstica. Finalmente, a sexta seção apresenta as principais conclusões do trabalho.

2. SISTEMAS NACIONAIS DE INOVAÇÃO, DIFERENCIAÇÃO, MENSURAÇÃO E TIPOLOGIAS

Antes do desenvolvimento do conceito de sistema de inovação, a literatura neoschumpeteriana já havia sistematizado uma compreensão sobre o papel de revoluções tecnológicas na dinâmica de longo prazo do sistema capitalista - ver o número especial da revista *Futures* editado por Freeman em 1981, posteriormente publicado como livro (Freeman, 1983). O desenvolvimento teórico relativo ao papel das revoluções tecnológicas está sumarizado em Freeman e Louçã (2001) e em Perez (2010).

Revoluções tecnológicas estão na raiz de metamorfoses do capitalismo (Furtado, 2002), que reconfiguram periodicamente o conjunto do sistema. A emergência do conceito de sistema de inovação relaciona-se com a dinâmica das revoluções tecnológicas de duas formas. Em primeiro lugar, as revoluções tecnológicas são resultado das instituições constitutivas dos sistemas de inovação - a elaboração sobre sistemas de inovação, ao sistematizar o conjunto de instituições que impulsionam o progresso tecnológico, ajudam a compreender raízes das revoluções tecnológicas. Em segundo lugar, a sistematização da relação entre revoluções tecnológicas e metamorfoses do capitalismo sugere que os sistemas de inovação devem se transformar periodicamente, em função dessas mudanças.

O quadro dinâmico resultante da articulação entre esses dois elementos da elaboração neoschumpeteriana tem importantes implicações para o esforço de quantificação dos sistemas de inovação - esses sistemas não podem ser avaliados estaticamente, é necessário capturar mudanças ao longo do tempo.

O referencial teórico oferecido pela combinação entre revoluções tecnológicas e sistemas de inovação apresentava dois desafios. Por um lado, a diferenciação entre sistemas de inovação, evidente desde os primeiros estudos comparativos (Nelson, 1993), provocava a construção de tipologias de sistemas de inovação. Por outro lado, essas tipologias deveriam incluir a possibilidade de mudanças ao longo do tempo, internas aos sistemas de inovação e no cenário internacional resultante.

Freeman (1995) é o artigo pioneiro na proposição de uma tipologia, ao sugerir uma diferenciação entre quatro tipos: sistemas de países avançados (exemplificados pelo Japão), países do Leste Asiático, países da América Latina e a antiga URSS. Freeman abre uma discussão sobre a particularidade e a diferenciação entre países periféricos, que são ilustradas pelo contraste entre a América Latina - que permanece na periferia - e Coréia e Taiwan - capazes de realizar processos de catch up e sair da periferia. A estrutura do livro organizado por Nelson (1993) é outra sugestão de como organizar a diferenciação entre sistemas de inovação.

Desde 1995 há uma profusão de estudos sobre sistemas de inovação específicos e casos, cuja sistematização não é objeto deste artigo - que podem ser revistos em trabalhos como Teixeira (2014). O referencial dos sistemas de inovação foi capaz de gerar artigos que sistematizaram, mesmo que de forma bastante focalizada, características de sistemas de inovação para a África (Kruss et al, 2012), a América Latina (Dutrénit e Arza, 2010) e a Ásia (ver número especial da *Seoul Journal of Economics*, editado por Keun Lee, em 2009).

Dessa literatura abrangente e detalhada emerge um desafio para a elaboração de uma tipologia baseada em dados estatísticos, capaz de contribuir para sistematizar de alguma forma as diferenciações indicadas pela literatura ao mesmo tempo em que capta a eventual movimentação intertemporal de sistemas de inovação.

3. ELEMENTOS QUANTITATIVOS PARA UMA TIPOLOGIA DE SISTEMAS DE INOVAÇÃO

A conjectura que sustenta a proposta de metodologia aqui apresentada é a capacidade de estatísticas de ciência e tecnologia de representarem de forma sintética a posição relativa de países no cenário mundial.

Uma leitura de Patel e Pavitt (1994), Freeman (1995) e Nelson (1993) focalizada na interpretação dos dados apresentados nesses trabalhos sugere a existência de uma correlação entre medidas de riqueza das nações (PIB per capita) e indicadores da produção científica e tecnológica.

Essa literatura descreve como nos países desenvolvidos (Estados Unidos, Japão, Alemanha) as infra-estruturas científica e tecnológica estão consolidadas, como operam mecanismos de *feedback* entre ambas as dimensões e como existem interações entre C&T com a esfera econômica. Para os países em desenvolvimento como o Brasil, há evidências de atividades sistemáticas em ciência e tecnologia, com a conseqüente publicação de artigos e registro de patentes, mas há também evidências de que essas interações entre C&T ainda não estão totalmente consolidadas. Em países ainda menos desenvolvidos, como os países mais pobres da África e da América Latina a observação desses dados indica a inexistência de atividades sistemáticas em ciência e tecnologia, gerando um quadro no qual a publicação de artigos e o registro de patentes são esporádicos. Decorrente deste quadro, para esses países outra indicação seria a inexistência de articulação entre as esferas científica e tecnológica.

A reflexão sobre essas informações estatísticas básicas provoca dúvidas quanto a existência de divisões entre esses conjuntos de países, perguntas sobre como a divisão centro-periferia tratada pela literatura estruturalista (Furtado, 2002) poderia ser identificada através destas estatísticas.

A literatura sobre sistemas de inovação inspira, portanto, a busca de estatísticas para mensurar sistemas de inovação e de uma metodologia para analisá-las.

3.1. Base de dados: produção científica, tecnológica e desenvolvimento econômico

A base de dados preparada para esta análise envolve estatísticas de artigos científicos (como *proxy* produção científica), de patentes (como *proxy* da produção tecnológica) e de renda per capita (como *proxy* do desenvolvimento econômico). As informações foram selecionadas para os períodos de 1974, 1982, 1990, 1998, 2006, 2012 e 2014. O objetivo é levantar dados para todos os países do mundo. Para a montagem da base de dados sobre produção científica e tecnológica

e sobre desenvolvimento econômico, foi necessário lidar com modificações geopolíticas ocorridas desde 1974. Assim, alguns ajustes foram realizados para compatibilizar as séries ao longo do tempo².

3.1.1 Produção científica

Os dados sobre artigos científicos foram obtidos a partir da base do Institute for Scientific Information (ISI). Eles são utilizados como *proxies* da produção científica e estão disponíveis no site www.webofknowledge.com.

Para analisar a infra-estrutura científica por país, serão utilizados os artigos de todas as disciplinas de ciência e engenharia que tem relação mais direta com o processo de desenvolvimento econômico - as que estão no *Science Citation Index Expanded* (SCI) preparado pelo ISI.

Existem vantagens e desvantagens na utilização de artigos como indicadores de infra-estrutura científica. A discussão sobre o significado das estatísticas publicadas pelo ISI será sumariada a seguir.

Em primeiro lugar, nem toda a produção científica é indexada pelo ISI. Há um elevado padrão de exigência para uma revista ser indexada. Na área de Economia, por exemplo, é bem mais fácil uma revista acadêmica ser incluída no prestigioso EconLit do que no ISI.

Em segundo lugar, a mera contagem de artigos certamente não capta as diferentes contribuições científicas que representam. Por isso, um artigo que representa uma importante ruptura científica conta tanto quanto um artigo que apresenta apenas uma contribuição incremental. Para superar esse viés, é comum utilizar estatísticas de citações de artigos. Entretanto, essas últimas também apresentam problemas, em especial diminuindo razoavelmente a participação de países menos desenvolvidos no cenário mundial. Por isso, este artigo utiliza a contagem de artigos como base das estatísticas.

Em terceiro lugar, o forte viés linguístico das estatísticas do ISI favorece a produção científica de países de língua inglesa em detrimento dos demais países (SANDELIN; SARAFLOU, 2004).

Em quarto lugar, a produção científica não se expressa apenas pela produção de artigos. Eventos como conferências, congressos, debates e outros são importantes e, para a interação com o setor produtivo, são destacadas fontes de informações sobre fluxos tecnológicos (Cohen et al, 2002).

² Considerando que a unificação da Alemanha ocorreu em 1990, optou-se por agregar os dados de publicações e de patentes da Alemanha Ocidental e da Alemanha Oriental a partir desta data.

Em 1993, a Tchecoslováquia foi desmembrada e foram criadas a República Tcheca e a Eslováquia. Por isso, os países resultantes de seu desmembramento foram inseridos em 1998, 2010, 2012 e 2014. A antiga URSS foi incluída nos anos de 1974, 1982 e 1990. Os países Armênia, Azerbaijão, Bielorrússia, Estônia, Cazaquistão, Quirziquistão, Letônia, Lituânia, Rússia, Ucrânia e Usbequistão foram incluídos em 1998, 2006, 2012 e 2014. A Iugoslávia também foi desmembrada, mas os dados de artigos e patentes foram contabilizados para 1974, 1982, 1990 e 1998. Em 1998, 2006, 2012 e 2014, foram adicionadas Bósnia-Herzegovina, Croácia, Macedônia e Eslovênia.

Contudo, a base do ISI oferece uma rica contribuição: longas séries estatísticas, comparabilidade internacional, desagregação por disciplinas, identificação institucional dos autores e suas instituições (possibilitando a localização geográfica da atividade) e fácil acesso.

3.1.2. Produção tecnológica

Uma patente é um documento registrado por uma agência governamental autorizada, garantindo o direito de excluir terceiros da produção ou uso de uma nova invenção específica por um determinado número de anos. A garantia é dada ao criador da invenção ou processo após o exame que focaliza tanto a novidade do item quanto sua utilidade potencial. O direito da patente pode ser assinado pelo inventor ou por outra pessoa, usualmente o empregador, que pode ser uma corporação, e/ou vendido/licenciado para uso de terceiros (Griliches, 1990).

O documento das patentes (solicitadas e concedidas) encontradas no site do United States Patent and Trademark Office (USPTO) contém as informações utilizadas para a elaboração das bases de dados. A pesquisa que deu origem ao presente artigo foi feita para patentes concedidas e por país do inventor, estando os dados disponíveis no endereço www.uspto.gov.

Sumarizando, em relação aos indicadores de C&T, justifica-se o uso de artigos publicados e de patentes neste trabalho (em vez de indicadores derivados de artigos e patentes) porque a observação simultânea dessas variáveis é importante para analisar as conexões entre C&T e para formular modelos sobre processos inovativos (SCHMOCH, 1997).

3.1.3. PIB per capita e desenvolvimento econômico

Este artigo tem por hipótese que a renda é uma das variáveis que determinam a produção científica e tecnológica tanto nos países desenvolvidos como nos países em desenvolvimento. O indicador que será utilizado para expressar a riqueza das nações é a renda per capita, medida por paridade do poder de compra, cuja fonte é o World Development Indicators, disponível em <http://data.worldbank.org/>. Considerando que a análise realizada inclui vários países, pertencentes a diferentes estágios de desenvolvimento, o indicador de renda será utilizado sob o enfoque da paridade do poder de compra³.

³ O conceito de paridade do poder de compra (PPC) relaciona-se à lei do preço único, segundo a qual as mercadorias ou cestas de mercadorias em mercados integrados têm um preço único, expressas numa moeda comum (DORNBUSCH, 1987). Em termos algébricos:

$$e = P/P^*$$

onde: e = taxa de câmbio; P = preço doméstico; P^* = preço internacional.
No entanto, as hipóteses subjacentes a PPC são muito fortes.

3.2. Metodologia: *cluster* super paramagnético

A partir das estatísticas de ciência e tecnologia, referentes aos dados sobre artigos científicos e patentes, é necessária uma metodologia para agrupar sistemas de inovação. AUTOR apresenta as referências mais relevantes para o desenvolvimento desta metodologia, a partir de ferramentas utilizadas na física e de elaborações teóricas da economia da tecnologia.

A opção deste artigo é aplicar a metodologia baseada numa série de generalizações do modelo de Domany (Blatt et al, 1996, 1997, 1998) que foi originariamente utilizado para simular sistemas magnéticos na área da física. O modelo de Domany (Blatt et al, 1996, 1997, 1998) consiste de N sítios dispostos em uma rede. Cada sítio é caracterizado pelo seu estado que pode ser um dos valores: $+1$ ou -1 . Os sítios interagem com seus primeiros vizinhos (os quatro sítios mais próximos a ele, no caso de uma rede quadrada) de forma que se dois vizinhos estão no mesmo estado, uma certa quantidade é subtraída da energia do sistema; enquanto, se dois vizinhos estão em estados diferentes a mesma quantidade é adicionado à energia. Assim, para minimizar a energia do sistema os sítios vizinhos tendem a ficar no mesmo.

Uma generalização feita é permitir que os sítios sejam distribuídos continuamente no espaço, ao invés de fixá-los numa rede regular. Com isso, temos que definir como encontrar os vizinhos de cada sítio, operação que é simples numa rede regular. O conceito utilizado aqui é o de vizinhança mútua. O sítio i é vizinho do j se j está entre os K sítios mais próximos de i ; e também, i está entre os K sítios mais próximos de j . Assim, o número máximo de vizinhos que um sítio tem é K .

Uma segunda generalização é que a interação J entre os sítios vizinhos não é mais uma constante, e sim, uma função da distância entre os sítios. O comportamento exigido para essa função é que, para distâncias menores que a distância média a entre todos sítios, haja uma forte interação e, para distâncias maiores que esta, a interação seja fraca.

Esta interação define uma escala local de interação, sítios próximos (com distância menor que a) interagem fortemente e sítios afastados (com distância maior que a) interagem fracamente.

Isso faz com que, numa distribuição não-homogênea em que há algumas regiões de alta densidade de pontos e outras regiões de baixa densidade, haja uma forte interação dentro das regiões de alta densidade e interação fraca dentro das de baixa densidade. Dada uma distribuição de sítios, podemos estudar este modelo, através das mesmas técnicas descritas para o modelo de Domany (Blatt et al, 1996, 1997, 1998). Para temperaturas baixas o sistema apresenta magnetização unitária, estando todos os sítios no mesmo estado. Para temperaturas altas, a magnetização é nula, os estados estão igualmente distribuídos entre os sítios. No entanto, surge uma nova fase entre estas duas, chamada super-paramagnética, em que os *spins* de sítios pertencentes a um mesmo aglomerado estão fortemente correlacionados, enquanto *spins* de sítios de aglomerados diferentes estão fracamente correlacionados. Isso faz com que haja um patamar no gráfico da suscetibilidade devido às flutuações causadas pela mudança de estado dos aglomerados.

Esses aglomerados são traduzidos para a nossa análise como conjunto de países que possuem características quantitativas similares em termos de seus sistemas de inovação, medidos pelas estatísticas de patentes e artigos científicos. As diferenças entre os grupos de sistemas de inovação podem sugerir uma quantificação da divisão centro periferia.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

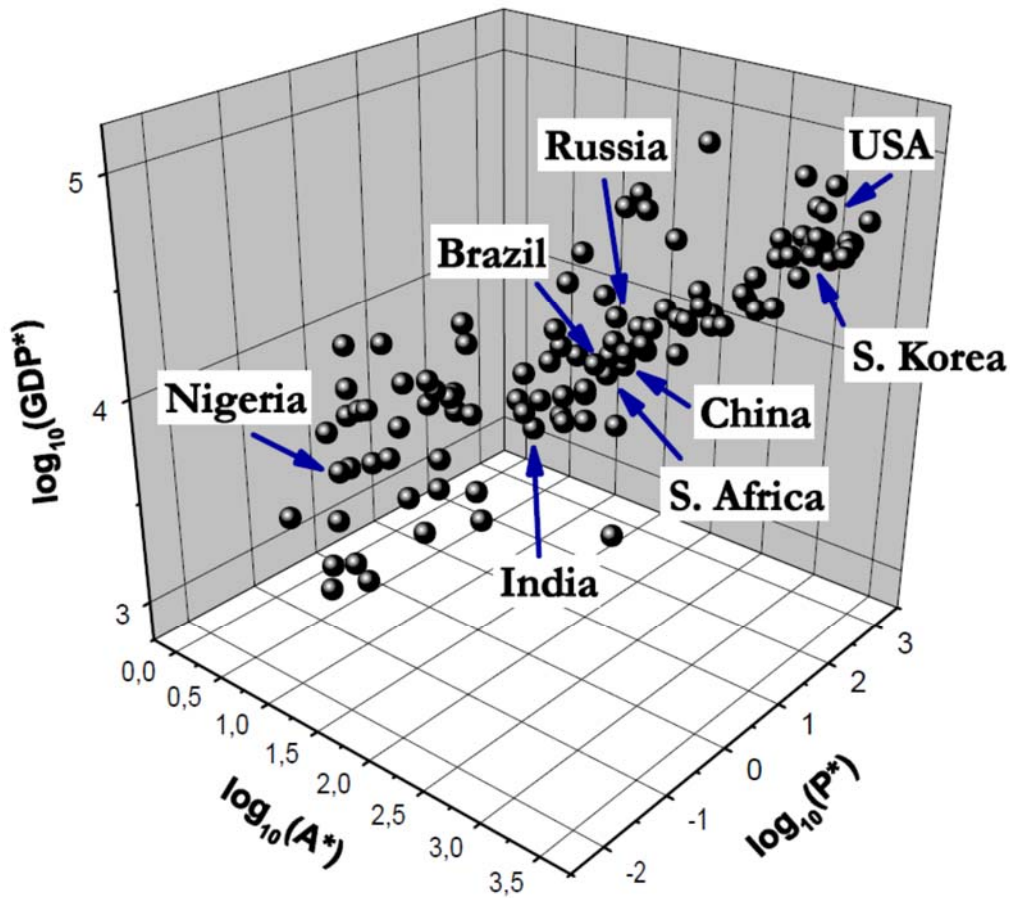
Uma vez construída a base de dados e apresentada a metodologia de *clustering*, trata-se de analisar as estatísticas de ciência e tecnologia para compreender como elas podem contribuir para uma melhor diferenciação entre sistemas de inovação em diversos estágios de construção.

Para tanto, esta seção está organizada de forma a investigar a existência de correlações entre ciência, tecnologia e a riqueza das nações, testar o agrupamento de países em diferentes níveis quantitativos e qualitativos de interação entre ciência e tecnologia e avaliar como essa análise e essa metodologia podem ser utilizadas para sistematizar elementos dinâmicos da divisão centro-periferia.

4.1. A correlação entre ciência, tecnologia e a riqueza das nações

O gráfico 1, tridimensional, mostra os dados de artigos, patentes e PIB (medido por PPC), em escala logarítmica, por milhões de habitantes, para 100 países em 2014. Trata-se de todos os países do mundo que possuem pelo menos uma patente concedida pelo USPTO e um artigo científico publicado no ISI.

GRÁFICO 1
Artigos, Patentes e PIB per capita para 100 países - 2014



Fonte: Elaboração própria a partir do World Bank, ISI e USPTO.

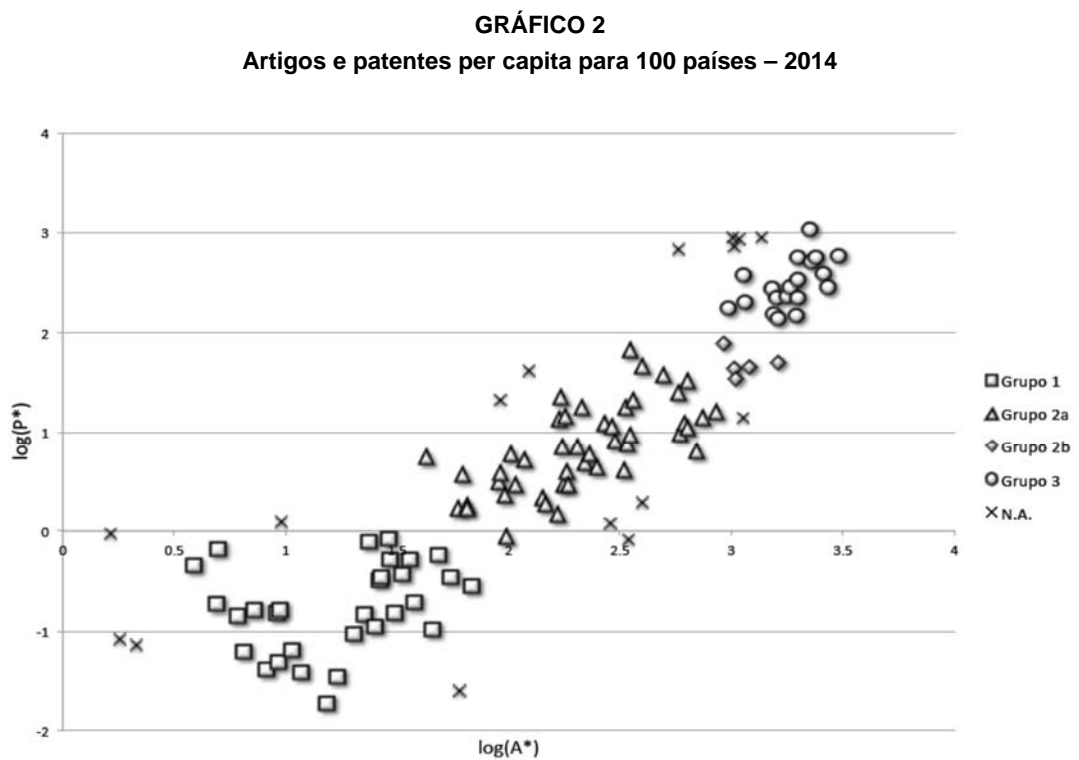
Observa-se que quanto mais desenvolvido é um país, mais artigos e patentes ele consegue publicar e vice-versa, indicações de uma correlação positiva entre estas três variáveis.

De modo geral, os países que têm maiores capacidades tecnológicas e que endogeneizaram suas dinâmicas tecnológicas geraram mais riqueza e são os mais ricos do mundo. Certamente, existem exceções em relação à correlação entre riqueza e desenvolvimento científico e tecnológico. Alguns países com altas reservas de petróleo possuem elevado PIB per capita, mas sua capacidade de gerar ciência e tecnologia está muito aquém da riqueza proporcionada pela exploração e comercialização desta matéria prima.

De acordo com o gráfico 1, pode-se citar como exemplos de países localizados no centro do sistema capitalista os Estados Unidos e a recém chegada Coreia do Sul. A periferia pode ser dividida em dois grupos pelo menos. Numa posição mais atrasada pode-se citar a Nigéria. Há também um grupo de países, como Brasil, Índia, China, África do Sul e Rússia, que estariam nas posições mais avançadas da periferia, com nível de desenvolvimento econômico, científico e tecnológico intermediários.

4.2. A técnica de *clustering* e três regimes de interação em 2014

Os dados apresentados na dimensão xy do gráfico 1 (produção científica x produção tecnológica) são o insumo para a aplicação da metodologia de definição de *clusters* apresentada na seção 3.2. O resultado está no gráfico 2.



A técnica de *clustering* utilizada dividiu o conjunto dos países com produção científica e produção tecnológica registrada sob a forma de artigos e patentes em três grandes grupos. A nossa análise sugere que cada um desses grupos pode ser considerado como representativo de um "regime de interação" diferente. A lógica subjacente a essa sugestão supõe que, em linha com a literatura, países avançados teriam não apenas uma diferença em termos quantitativos em relação aos mais atrasados - uma maior produção científica e tecnológica, mas uma importante diferença qualitativa - a interação entre essas duas dimensões é mais consolidada e representando *feedbacks* positivos entre as duas dimensões. Esse grupo constituiria o "regime 3" no gráfico 2. Os países em posição intermediária, representariam o "regime 2", que se caracterizaria por uma produção quantitativamente inferior e qualitativamente menos sofisticada - os *feedbacks* entre as duas dimensões existem mas são mais tênues. Finalmente, o regime com os países mais pobres e menos avançados científica e tecnologicamente comporiam o "regime 1".

Esses três "regimes de interação" para os 100 países avaliados estão apresentados no gráfico 2.

O regime 3 é composto por 19 países que estão entre os mais avançados do mundo, ou seja, os mais ricos em termos econômicos, científicos e tecnológicos: Austrália, Áustria, Bélgica, Canadá, Dinamarca, Finlândia, França, Alemanha, Islândia, Irlanda, Luxemburgo, Mônaco, Holanda, Nova Zelândia, Noruega, Cingapura, Suécia, Suíça e Reino Unido. É importante contrastar esta situação com o caso dos 5 países que estão próximos ao regime 3, mas que são considerados os *outliers* do modelo: Estados Unidos, Japão, Coreia do Sul, Israel e Taiwan. Eles ilustrariam uma diferenciação entre os países mais avançados, apontando um subconjunto de países que consegue transformar sua produção científica em produção tecnológica com mais eficiência.⁴

O regime 2 é composto por 50 países, entre os quais o Brasil. No processamento da técnica apresentada na seção 3.2, encontrou-se um descolamento relativo de um subgrupo, porém sem caracterizar-se como um novo grupo independente. Por isso, avalia-se que o regime 2 em 2014 apresenta uma característica especial, pois foi subdividido em dois subgrupos.

O primeiro subgrupo (intitulado "regime 2B" no gráfico 2), tem 5 países que pertenciam ao regime 1 em 2012 e perderam posição em 2014, afastando-se de seus pares. São eles: República Checa, Estônia, Itália, Eslovênia e Espanha. O segundo subgrupo ("regime 2A"), com 45 países (6 *outliers* situam-se próximos a este regime) que permanecem em estágio de desenvolvimento intermediário, é composto por Argentina, Armênia, Bahrein, Barbados, Bermudas, Brasil, Brunei, Bulgária, Chile, China, Colômbia, Costa Rica, Croácia, Cuba, Chipre, Egito, Geórgia, Grécia, Hungria, Índia, Jamaica, Jordânia, Kuwait, Letônia, Líbano, Lituânia, Macedônia, Malásia, Malta, México, Namíbia, Omã, Panamá, Polônia, Qatar, Romênia, Rússia, Arábia Saudita, Seychelles, Eslováquia, África do Sul, Tailândia, Turquia, Ucrânia, Emirados Árabes Unidos e Uruguai.

Finalmente, os países do "regime 1" são os menos desenvolvidos, com baixo PIB per capita, poucas patentes concedidas e poucos artigos científicos publicados, segundo o gráfico 1. Os 30 países que compõem este regime são: Albânia, Azerbaijão, Bangladesh, Bolívia, Camarões, República Dominicana, Equador, El Salvador, Gana, Guatemala, Indonésia, Iraque, Cazaquistão, Quênia, Libéria, Madagascar, Moldávia, Nepal, Nicarágua, Nigéria, Paquistão, Paraguai, Peru, Sri Lanka, Suazilândia, Tanzânia, Turcomenistão, Usbequistão, Venezuela e Vietnã. Existem 5 países, considerados *outliers*, que se situam próximos a este regime.

O gráfico 2 ilustra uma grande dispersão e heterogeneidade entre os países da periferia, englobando os regimes 1 e 2. Essa crescente dispersão e heterogeneidade da periferia é um dos resultados da dinâmica de metamorfoses da capitalismo geradas pela sucessão de revoluções tecnológicas que se espraiam de forma diferenciada entre o conjunto do sistema.

A caracterização desses três regimes de interação pode ser avaliada através da análise da correlação entre as produções científicas e tecnológicas no interior de cada regime. Há importantes diferenças nesta correlação entre os grupos de países, dependendo do regime de

⁴ A posição dos países europeus, vis-à-vis os Estados Unidos em especial, ilustra o chamado paradoxo europeu (Dosi et al. 2006). Para os propósitos deste artigo, a discussão apresentada por Dosi et al (2006) seria parte de um esforço de subdividir o conjunto dos países já desenvolvidos.

interação a que pertencem. AUTOR, ao analisar a dinâmica entre produção científica e tecnológica, entre 1999 e 2003, para um grupo de 116 países encontraram um resultado interessante: quanto maior é a riqueza das nações, maior é a correlação entre artigos e patentes. Para os países do regime 1, o coeficiente de correlação foi 0,74 e para os do regime 2, este valor foi de 0,52; no entanto, os países pertencentes ao regime 3 apresentaram uma correlação relativamente baixa de 0,24. Este resultado pode ser um indicador da eficiência dos países desenvolvidos em transformarem sua produção científica em produção tecnológica.

Trata-se de um resultado que pode expressar um acordo entre as elaborações estruturalistas e neoschumpeterianas.

4.3. Trajetórias intertemporais dos limiares e dos países

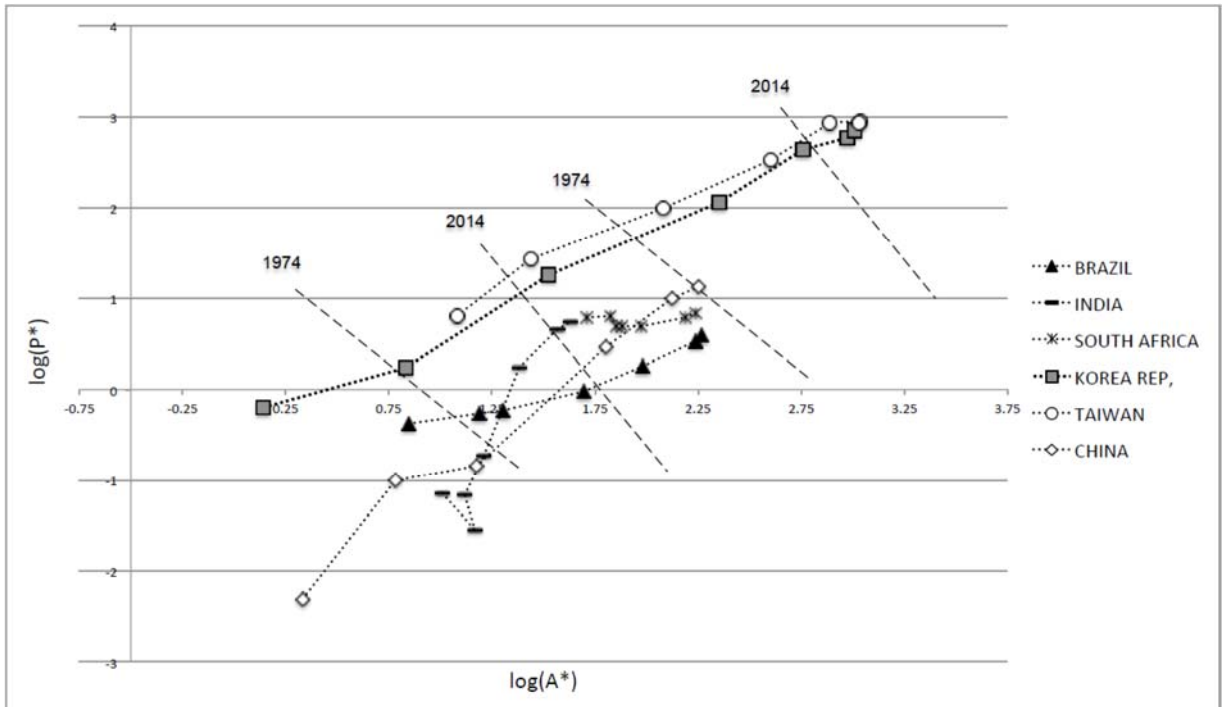
Com os dados coletados para 1974, 1982, 1990, 1998, 2006, 2012 e 2014, com a aplicação da técnica de *clustering* a todos esses conjuntos de dados, é possível apresentar duas perguntas inter-relacionadas: é possível delimitar os regimes de interação com limiares que os caracterizariam? Esses limiares são estáticos?

A definição de limiares é possível. Primeiramente é feita uma regressão linear considerando todos os pontos (países) do gráfico 2. Para o limiar entre os regimes 1 e 2, localizamos o ponto mais a direita do regime 1 e calculamos a reta que passa por ele e seja perpendicular a reta da regressão linear de todos os pontos. A definição é análoga para o limiar entre o regime 2 e o regime 3, mas nesse caso é considerado o ponto mais a esquerda do regime 3.

A definição do limiar entre o regime 3 e o regime 2, poderia ser traduzida como a definição quantitativa da divisão centro-periferia a partir de dados de ciência e de tecnologia.

A comparação entre a posição dos limiares entre 1974 e 2014 sugere que os limiares não são estáticos - o que é inteiramente coerente com a visão neoschumpeteriana de um sistema econômico permanentemente transformado por revoluções tecnológicas sucessivas. A movimentação dos limiares ao longo do tempo está ilustrada no gráfico 3.

GRÁFICO 3
Trajetórias intertemporais dos limiares de produção científica e tecnológica



Fonte: Elaboração própria a partir do ISI e USPTO.

A reta 2014 na porção superior direita do gráfico 3 representa o limiar entre os regimes 3 e 2 em 2014, enquanto a reta 1974 imediatamente a esquerda representa a posição deste mesmo limiar em 1974. A reta 1974 na porção inferior esquerda do gráfico 3 representa o limiar entre os regimes 1 e 2 para 1974, enquanto a reta 2014 imediatamente a sua direita representa este mesmo limiar em 2014.

Essa movimentação dos limiares tem importantes implicações. Em especial, a movimentação do limiar entre os regimes 3 e 2 demonstra que a divisão centro-periferia não é estática. A divisão centro-periferia existe, transforma-se e se movimenta. Ou seja, o desafio para a realizar um processo de *catch up* torna-se mais complexo com a sucessão de revoluções tecnológicas no centro.

O gráfico 3 também apresenta as posições de países selecionados para todos os anos entre 1974 e 2014. Essa apresentação permite indicar trajetórias percorridas por esses países e avaliar como se comporta dinamicamente a movimentação de países e dos limiares.

A trajetória do Brasil, por exemplo, mostra como ele passou do regime 1 para o regime 2 entre 1974 e 1982. No entanto, permaneceu no regime 2 ao longo de 1990, 1998, 2006, 2012 e 2014. Em 2014, ele se aproximou do limiar de 1974 para ultrapassagem do regime 2 para o regime 3. No entanto, as condições para fazer parte do regime 3 ocorrem com uma defasagem temporal de 40 anos! Os requisitos científicos e tecnológicos para entrar no regime 3 em 2014 são muito maiores que os de 1974. Este resultado, aplica-se não apenas ao Brasil, mas também à Índia e à

África do Sul - o chamado "efeito rainha vermelha": estes países aumentam sua produção científica e tecnológica, mas não em uma velocidade suficiente para conseguirem sair do regime 2 e realizar a ultrapassagem para o regime 3.⁵

Em um exercício de prospecto, com todos os cuidados derivados do peso da incerteza na dinâmica de mudanças científicas e tecnológicas, pode-se calcular a velocidade de movimentação dos limiares. Entre 1974 e 2014 o limiar de passagem do regime 2 pra o regime 3 cresceu exponencialmente a uma taxa de 6,6% ao ano (em termos da produção científica) e o limiar entre o regime 1 e o regime 2 cresceu a uma taxa média de 4,2% ao ano.

Essa metodologia permite identificar processos de catch up, traduzidos aqui como a capacidade de ultrapassagem do limiar entre os regimes 2 e 3. Tanto a Coreia do Sul e como Taiwan conseguiram realizar essa ultrapassagem e se manter no regime 3 desde 1998. É importante ressaltar que estes países, talvez como preservação da elevada capacidade de absorção de tecnologia durante o processo de catch up, no gráfico 2 aparecem como *outliers* do modelo, situando-se próximos aos Estados Unidos e Japão.

Supondo a preservação das velocidades de expansão das produções científicas e tecnológicas de países entre 1974 e 2014 e da velocidade de movimentação dos limiares (ambas suposições são extremamente fortes), o Brasil teria condições de entrar para o regime 3 em 2144 - se mantiver sua taxa de crescimento média (de 1974 a 2014) em 8,6% a.a. A África do Sul, cuja taxa de crescimento é de 2,8% a.a., poderia retroceder em 2044, retornando para o regime 1. A Índia, com taxa de crescimento de 3,4% a.a., tenderia a permanecer no regime 2. A China, no gráfico 3, inicia sua trajetória em 1982 no regime I, passa para o regime II em 2006 e passaria a integrar o grupo de países pertencentes ao regime 3 em 2050, pois sua taxa de crescimento é de 15% a.a. São exercícios puramente especulativos, mas servem para, pelo menos, expressar preocupações quanto a preservação de políticas incapazes de implementar processos de catch up.

5. UMA NOTA SOBRE INTENSIDADE TECNOLÓGICA E O EFEITO RAINHA VERMELHA: O CASO DO BRASIL

Esta seção focaliza o caso brasileiro, buscando articular os dados da posição do país no cenário internacional (gráfico 3) com estatísticas mais desagregadas sobre a posição da indústria do país.

Esse cotejamento de dados é baseado na conjectura de que o quadro de estagnação relativa encontrado para o Brasil no gráfico 3 deve estar articulado à ausência de mudanças estruturais na indústria brasileira. Essa conjectura apóia-se em estudos de processos de *catch up* bem sucedidos, em especial no caso da Coreia do Sul. Uma das lições do caso coreano sugere que, para a realização de processos de *catch up* bem sucedidos, um sistema de inovação deve ser capaz de impulsionar a estrutura industrial do país em direção a setores econômicos mais próximos de novos setores gerados por revoluções tecnológicas mais recentes, ou seja, impulsionar a estrutura industrial em direção a setores de alta tecnologia (Lee, 2013).

⁵ Autor.

Esse aspecto seria fundamental para o entendimento da permanência da economia brasileira no regime 2, ao longo da maior parte do período avaliado pelo gráfico 3, a qual pode ser associada à “armadilha da renda média”. A armadilha da renda média diz respeito a uma situação na qual os esforços realizados pelos países de renda média para manterem vantagens comerciais relacionadas à produção em massa e aos baixos custos de produção dificultam sua possível transição para o grupo de países de renda alta (Paus, 2014). Por outro lado, países que conseguiram realizar tal transição, como é caso da Coreia do Sul e de Taiwan, como visto acima, se caracterizariam pela realização de esforços relacionados à mudança no perfil tecnológico da indústria local. Nesses países, após uma primeira fase de industrialização, a reorientação da política industrial, privilegiando setores baseados em tecnologias novas e com curtos ciclos de vida, além do incentivo à P&D, seria o elemento chave para a superação da armadilha da renda média (Lee, 2013). A especialização em tais setores, segundo essa perspectiva, abriria maiores oportunidades para a inovação, dado a maior velocidade da mudança técnica, o que culminou com a vigência de longos períodos de crescimento acelerado da renda. Desta forma, pode-se formular uma conjectura sobre a articulação entre a velocidade na movimentação no gráfico 3 com a especialização produtiva em setores de alta tecnologia.

Por isso, esta seção coteja a trajetória do Brasil (identificada no gráfico 3) com dados mais desagregados da estrutura industrial do país, fornecidos pela Relação Anual de Informações Sociais (RAIS), dados que podem mapear a distribuição das atividades industriais de acordo com a sua intensidade tecnológica.

Para esta análise, utiliza-se dados da RAIS referentes aos empregos formais junto aos segmentos que compõem a indústria de transformação, entre os anos de 1995 e 2014. O uso dessas informações permite a construção de um panorama acerca da estrutura industrial no país e, especialmente, a avaliação da evolução dos setores considerados de alta tecnologia frente aos demais. Para a análise, os setores avaliados foram agregados segundo seu nível de intensidade tecnológica, a partir da classificação proposta por Cavalcante (2014), o qual associa as divisões da Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE) à classificação tecnológica proposta pela Organização para Cooperação e de Desenvolvimento Econômico (OECD)⁶. Desta forma, os setores da indústria de transformação, classificados entre as divisões 15 a 36 da CNAE 1.0, foram agregados em quatro estratos relativos ao seu grau de intensidade tecnológica⁷. Estes estratos são: baixa intensidade tecnológica, média-baixa intensidade tecnológica, média-alta intensidade tecnológica e alta intensidade tecnológica.

Objetiva-se, a partir desses dados, identificar a evolução do emprego na indústria brasileira entre esses quatro níveis de intensidade tecnológica no período de 1995 a 2014. A partir dessa análise, e assumindo o conceito de armadilha da renda média (LEE, 2013), será possível observar se ao longo desse período houve alguma mudança na estrutura industrial do país que

⁶ O trabalho de Cavalcante (2014) constitui uma Nota Técnica elaborada no âmbito do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), com vistas a criar uma classificação dos segmentos industriais passível de ser utilizada para a formulação de políticas públicas no Brasil.

⁷ Uma vez que a segmentação dos dados da RAIS pela CNAE 2.0 está disponível apenas para os anos posteriores a 2002, optou-se pela utilização da CNAE 1.0, a qual é disponibilizada para todos os anos considerados por este trabalho.

possa indicar o avanço da economia brasileira para o regime mais dinâmico, dentre os apresentados acima.

A tabela 1 apresenta dados relativos à evolução no emprego total e na indústria, além de apresentar a participação do setor no total de empregos formais gerados no país para anos escolhidos. É observável que o número absoluto de empregos gerados no país mais que dobrou ao longo do período avaliado. Por sua vez, o emprego industrial cresceu num ritmo inferior (67% entre 1995 e 2014). O menor crescimento em sua capacidade de absorção de trabalhadores, fez com que a indústria de transformação perdesse espaço no que diz à sua participação no total de postos de trabalho vigentes no país. O setor teve sua participação no emprego formal reduzida de 20,4% em 1995 para 15,87%, em 2014. Também houve redução na participação do setor industrial no total de estabelecimentos formais operando na economia brasileira, tendo esta caído de 11,5% para 9% do total, ao longo do período em questão⁸.

TABELA 1
Evolução do emprego formal total e industrial no Brasil – 1995-2014

Ano	Indústria	Total	Participação da Indústria (%)
1995	4.853.311	23.755.736	20,43
1998	4.530.693	24.491.635	18,07
2002	5.241.560	28.683.913	17,85
2006	6.602.248	35.155.249	18,26
2010	7.840.220	44.068.355	17,31
2014	8.124.011	49.571.510	15,87

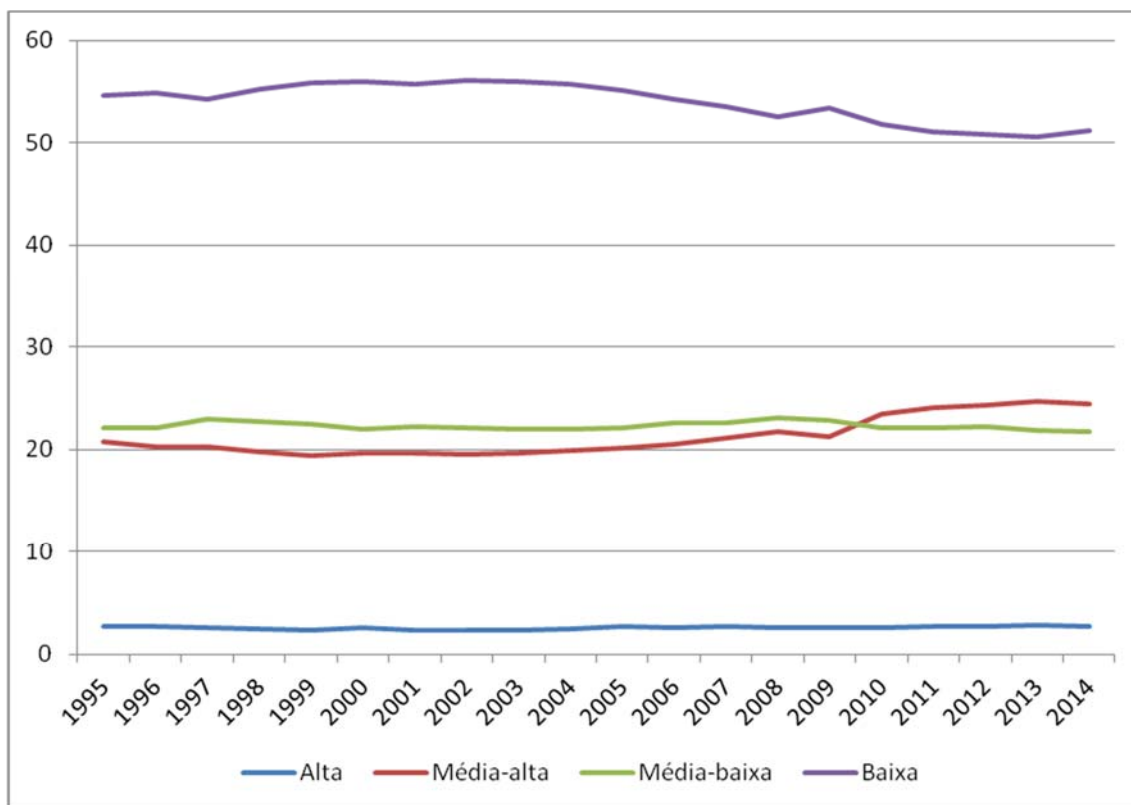
Fonte: Elaboração própria a partir de RAIS-MTE.

A partir do Gráfico 4 são analisados os dados de emprego na indústria de transformação segundo os níveis de intensidade tecnológica dos setores que a compõem.

Percebe-se que o ritmo de crescimento observado para o emprego nos quatro estratos de intensidade tecnológica gerou poucas mudanças na distribuição dos trabalhadores entre eles ao longo do período 1995-2014. Como pode ser verificado pelo Gráfico 4, a principal mudança diz respeito à troca de posições observada entre os segmentos de média-baixa e média-alta intensidades tecnológicas, a partir de 2010. Enquanto o primeiro reduziu sua participação no emprego industrial no país de 22% para 21,7%, o segundo ampliou sua participação de 20,7 para 24,4%, no período entre 1995 e 2014. A melhora da participação dos setores de intensidade tecnológica média-alta foi resultante do ritmo mais acelerado de crescimento do emprego observado para eles, em relação aos outros setores. Ao longo do período observado, o número de postos de trabalho em setores industriais de média-alta tecnologia cresceu 91%. Para os setores de tecnologia média-baixa, tal crescimento foi de 52%.

⁸ Informação disponível nas bases de dados on line da RAIS-MTE <http://bi.mte.gov.br/bgcaged/login.php>.

GRÁFICO 4
Participação dos setores segundo nível de intensidade tecnológica no emprego da indústria de transformação (1995-2014)



Fonte: Elaboração própria a partir de RAIS-MTE.

Para o grupo de alta intensidade tecnológica foi observada estabilidade em sua participação no emprego industrial no país, a despeito do crescimento no número de postos de trabalho para os setores que o compõem. Deste modo, os setores com alta intensidade tecnológica mantiveram participação próxima de 3% do emprego formal na indústria de transformação durante todo o período analisado. Nesse sentido, o crescimento de 65% no número de empregos formais para os segmentos de alta tecnologia não foi capaz de alterar sua representatividade frente ao total da indústria doméstica.

De uma forma geral, os dados indicam que as mudanças observadas na estrutura do emprego formal na indústria de transformação brasileira entre os níveis de intensidade tecnológica foram apenas superficiais. A mudança de posições entre os segmentos de média-baixa e média-alta intensidades tecnológicas não pode ser tomada como uma grande alteração desta estrutura, dado que a participação dos dois grupos no emprego industrial no país sempre esteve bastante próxima. Ademais, a inércia na participação dos setores de alta intensidade tecnológica no emprego industrial no país indica que a defasagem na estrutura produtiva do país em relação às economias centrais se ampliou ao longo da série considerada. Enquanto a participação do emprego em setores de alta intensidade tecnológica, em relação ao total da indústria, no Brasil se

manteve em torno de 3%, este passou de 45% para um patamar próximo a 60% na Coreia do Sul, entre 1995 e 2013 (OECD, 2015). Tal comparação com a Coreia do Sul, que conseguiu realizar o processo de catch up no decorrer desse período, ajuda a compreender as razões pelas quais a economia brasileira não conseguiu avançar no mesmo sentido. Nesse sentido, a ausência de mudanças na estrutura industrial no Brasil, privilegiando setores com maior intensidade tecnológica e com maior tendência à ocorrência de inovações explicaria incapacidade do país em reduzir a sua distância em relação às economias mais desenvolvidas (LEE, 2012).

As restrições à realização do catch up pelo Brasil seriam potencializadas, ainda, pela grande representatividade dos setores de baixa intensidade tecnológica na estrutura industrial brasileira. Num cenário de ampliação da competição internacional, pautada, sobretudo nas vantagens comparativas dinâmicas, em detrimento das vantagens comparativas estáticas, a forte dependência de setores de baixa intensidade tecnológica figura como um limitador da participação do país em mercados externos. Isso pois, tais setores, geralmente pautados em tecnologias já maduras apresentam baixa margem para a introdução de inovações e pequeno grau de diferenciação de produtos. Mais uma vez, cabe a comparação com a Coreia do Sul, cuja representatividade de setores de alta intensidade tecnológica na pauta de exportações chegou a 29% em 2006, enquanto que no Brasil tais setores foram responsáveis por 7% das exportações no mesmo ano (ROMERO et al, 2015).

Observa-se, desta forma, que o período entre 1995 e 2014 não foi suficiente para que se observasse mudanças significativas na estrutura industrial do país. Ao longo deste intervalo foi mantida a grande representatividade dos segmentos de baixa intensidade tecnológica na absorção do trabalho em contraposição à pequena participação dos setores de alta intensidade tecnológica. Esse quadro, frente às mudanças vigentes na economia global desde o final do século XX, indica o aprofundamento do atraso estrutural da indústria brasileira, defasada tanto em termos de práticas produtivas quanto da internalização de setores com maior grau de dinamismo tecnológico.

O gráfico 4 indica assim um crescimento sem mudança estrutural. Portanto, a persistência da posição relativa da indústria de alta tecnologia significa uma base para o limitado avanço do país em relação a ciência e tecnologia, ou seja, uma movimentação no gráfico 3 que não escapa do efeito rainha vermelha. Essa condição fica ainda mais evidente quando se confronta a trajetória brasileira com a da Coreia do Sul, ao longo desse período.

Essa nota sugere que é possível compatibilizar trajetórias de sistemas nacionais de inovação - construídas a partir de estatísticas de ciência e tecnologia - com análises mais detalhadas de estruturas industriais nacionais. As duas abordagens são compatíveis inclusive em termos dinâmicos

6. CONCLUSÃO

Estatísticas de ciência e tecnologia permitem o acompanhamento de trajetórias intertemporais de sistemas nacionais de inovação, uma ferramenta importante para avaliar estágios de desenvolvimento e níveis de construção da capacitação tecnológica de países.

A metodologia de agrupamento de países proposta em AUTOR mostrou-se capaz de contribuir para articular a análise de estatísticas de ciência e tecnologia com avaliações mais estruturais da dinâmica capitalista global, das metamorfoses do capitalismo, como definiu Celso Furtado (2002). Em especial, a definição, a partir da técnica de agrupamento utilizada, de limiares entre os três "regimes de interação" contribui para a avaliação de uma dimensão especial dessas metamorfoses do capitalismo: a persistência e as mudanças na divisão centro-periferia.

Dado o papel das revoluções tecnológicas (Freeman e Louçã, 2001) nas metamorfoses do capitalismo (Furtado, 2002), o papel da ciência e da tecnologia na sustentação da riqueza das nações tem crescido ao longo do tempo. Essas mudanças são captadas pela movimentação dos limiares na fronteira entre países desenvolvidos e o resto do mundo (ver gráfico 3). A movimentação desse limiar pode ser traduzida como mudanças na divisão centro-periferia. Por sua vez, essa mudança na posição da divisão centro-periferia, é uma indicação do desafio crescente colocado para políticas de países periféricos necessárias para a superação do subdesenvolvimento.

A metodologia apresentada neste texto também é capaz de indicar a heterogeneidade entre a periferia, diferenciada por dois grupos bem delimitados e por uma nascente subdivisão do grupo periférico mais próximo do centro. Ou seja, a crescente heterogeneidade da periferia é captada pela metodologia aqui proposta.

Finalmente, a metodologia se mostrou capaz de captar a possibilidade de superação do subdesenvolvimento - a condição periférica não é insuperável. As trajetórias da Coreia do Sul e de Taiwan são indicações dessa superação. Ou seja, a metodologia mostrou-se capaz de captar estatisticamente processos de *catch up* bem sucedidos.

O conjunto dos dados coletados e analisados aqui podem servir de introdução para uma discussão do caso brasileiro, a partir de um diagnóstico da estagnação relativa do sistema de inovação brasileiro - um sistema ainda sob a maldição do "efeito Rainha Vermelha", que pode ser interpretado como uma constatação em termos das estatísticas de ciência e tecnologia da "armadilha da renda média". Que só pode ser superada através de uma efetiva construção de um sistema de inovação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BLATT, M., WISEMANM, S., DOMANY, E. (1996) *Physical Review Letters*, 76, p. 3251.
- BLATT, M., WISEMANM, S., DOMANY, E. (1997) *Neural Computation* 9, 8, p. 1805.
- BLATT, M., WISEMANM, S., DOMANY, E. (1998) *Physical Review E*, 57, p. 3767.
- CAVALCANTE, L. R (2014). *Classificações tecnológicas: uma sistematização*. IPEA. Nota Técnica n. 17: Brasília.
- CASSIOLATO, J. E., LASTRES, H.M.M., MACIEL, M. L. (Eds.) (2003). *Systems of Innovation and Development, Evidence from Brazil*. Cheltenham: Edward Elgar.
- COHEN, W.; NELSON, R.; WALSH, J. (2002) Links and impacts: the influence of public R&D on industrial research. *Management Science*, v. 48, n. 1, pp. 1-23.
- COUTINHO, L.; SUZIGAN, W. (1991). *Desenvolvimento tecnológico e a constituição de um sistema nacional de inovação no Brasil*. Campinas, IPT/FECAMPAJNICAMP. (Relatório de Pesquisa).
- DORNBUSCH, R. (1987). Purchasing power parity. In: *The New Palgrave: a Dictionary of Economia*. New York: Stockton Press.
- DOSI, G.; FREEMAN, C.; NELSON, R.; et al. (eds). (1988) *Technical change and economic theory*. London: Pinter.
- DOSI, G., LLERENA, P., LABINI, M. S. (2006). The Relationships between Science, Technologies and Their Industrial Exploitation. *Research Policy*, v 35, n. 10, p. 1441-1674.
- DUTRÉNIT, G., ARZA, V. (2010). Channels and benefits of interactions between public research organisations and industry: comparing four Latin American countries. *Science and Public Policy*, 37(7), 541–553.
- FAGERBERG, J.; MOWERY, D.; NELSON, R. (2005) *The Oxford Handbook of Innovation*. Oxford: Oxford University Press.
- FREEMAN, C. (ed.) (1983) *Long waves in the world economy*. London: Frances Pinter (Publishers) Ltd.
- FREEMAN, C. (1987). *Technology policy and economic performance: lessons from Japan*. London, Pinter.
- FREEMAN, C. (1995). The “National System of Innovation” in historical perspective. *Cambridge Journal of Economics*, v. 19, n.1, p. 5-24.
- FREEMAN, C.; LOUÇÃ, F. (2001) *As time goes by: from the industrial revolutions and to the information revolution*. Oxford: Oxford University.
- FURTADO, C. (2002) *Metamorfoses do Capitalismo*. Rio de Janeiro: Discurso na Universidade Federal do Rio de Janeiro no recebimento do título de Doutor Honoris Causa, 2002. Disponível em: <http://www.redcelsofurtado.edu.mx> Acessado em 15/09/2016.

- GRILICHES, Z. (1990). Patent statistics as economic indicators: a survey. *Journal of Economic Literature*, v. 28.
- HALL, B.; ROSENBERG, N. (eds) (2010) *Handbook of the economics of innovation*. Volume II. Amsterdam: North Holland.
- KRUSS, G., ADEOTI, J., NABUDERE, D. (2012). Universities and knowledge-based development in sub-Saharan Africa: comparing university–firm interaction in Nigeria, Uganda and South Africa. *Journal of Development Studies*, 48(4), 516–530.
- LEE, K. (2013) *Schumpeterian analysis of economic catch up: knowledge, path-creation, and the middle-income trap*. Cambridge: Cambridge University Press.
- LUNDEVALL, BENGT-ÅKE; JOSEPH, K.J.; CHAMINADE, CRISTINA; VANG, JAN. (2009) *Handbook of Innovation Systems and Developing Countries: Building Domestic Capabilities in a Global Setting*. Cheltenham: Edward Elgar Publishing.
- MOED, H.; GLÄNZEL, W.; SCHMOCH, U. (eds) (2004) *Handbook of quantitative science and technology research: the use of publication and patent statistics in studies of S&T systems*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- NELSON, R. (ed.) (1993) *National innovation systems: a comparative analysis*. New York, Oxford: Oxford University.
- NELSON, R. (2004) The challenge of building an effective innovation system for catch-up. *Oxford Development Studies*, v. 32, n. 3, pp. 365-374.
- ORGANIZAÇÃO PARA COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO. OECD Science, Technology and Industry Scoreboard 2015. Disponível em: <http://www.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/oecd-science-technology-and-industry-scoreboard-2015_sti_scoreboard-2015-en>.
- PATEL, P.; PAVITT, K. (1994) National innovation systems: why they are important, and how they might be measured and compared. *Economics of Innovation and New Technology*, v. 3, n. 1, p. 77-95.
- PAUS, E. (2014) *Latin America and the middle income trap*. Santiago: CEPAL (Series Financing for development).
- PAVITT, K. (1991). What makes basic research economically useful? *Research Policy*, Amsterdam, v. 20, n. 2, p.109-119.
- PEREZ, C. (2010) Technological revolutions and techno-economic paradigms. *Cambridge Journal of Economics*, v. 34, n. 1, pp. 185-202.
- RELAÇÃO ANNUAL DE INFORMAÇÕES SOCIAIS – disponível em <http://bi.mte.gov.br/bgcaged/login.php>. Acesso entre 01 e 15 de julho de 2016.
- ROMERO, J. P.; FREITAS, E.; BRITO, G.; COELHO, C. (2015). *The Paths of Industrial Competitiveness in Brazil and South Korea: Textos para Discussão*. Belo Horizonte: Cedeplar - UFMG.

- SANDELIN, N., SARAFOGLOU, N. (2004). Language and scientific publication statistics: a note. *Language Problems & Language Planning*, v.28, n.1, p.1-14, 2004. Disponível em: <<http://www.handels.gu.se/epc/archive/00003001/01/gunwpe0109.pdf>>
- SCHMOCH, U. (1997). Indicators and the relations between science and technology. *Scientometrics*, n. 38, v. 1, p. 103-116.
- SEOUL JOURNAL OF ECONOMICS (2009). Special Issue: Industry–Academy Linkages and Economic Performance. *Seoul Journal of Economics*, 22(4).
- SILVA, L. (2003) *Padrões de interação entre ciência e tecnologia*. Dissertação de Mestrado. Belo Horizonte: Cedeplar-UFMG.
- TEIXEIRA, AURORA A. C. (2014) Evolution, roots and influence of the literature on National Systems of Innovation: a bibliometric account. *Cambridge Journal of Economics*, v. 38, n. 1, pp. 181-214.
- UNITED STATES PATENTES AND TRADEMARK OFFICE. Disponível em: <http://www.uspto.gov>
- VILLASCHI, A. (1992) The Brazilian national system of innovation: opportunities and constraints for transforming technological dependence. London: University College of London (PhD Dissertation).
- VIOTTI, E. (2002) National Learning Systems A new approach on technological change in late industrializing economies and evidence from the cases of Brazil and South Korea, *Technological Forecasting & Social Change*, v. 69, n. 7, pp. 653-680.