



# ARTIGOS

## MENSURANDO SISTEMAS NACIONAIS DE INOVAÇÃO: EVIDÊNCIAS A PARTIR DA ANÁLISE MULTIVARIADA DE DADOS

Camila Maria de Andrade Tolentino<sup>1</sup>, Leandro Alves Silva<sup>1</sup>, Gustavo de Britto Rocha<sup>1</sup>

1- Cedeplar/ Universidade Federal de Minas Gerais

### RESUMO

---

Para compreendermos melhor as transformações econômicas e sociais de um conjunto heterogêneo de países, um possível caminho seria nos voltarmos para sua dinâmica tecnológica. Uma vez que indicadores econômicos tradicionais nos dizem pouco sobre sua capacidade de inovar, o presente estudo se propõe a construir um indicador agregado para caracterizar seus sistemas nacionais de inovação (NSI) por meio de análise multivariada de dados. Assim, busca-se enfatizar seu caráter sistêmico na construção de uma medida sintética que nos permita compará-los em termos da capacidade de geração de inovações. A análise culmina na construção de um ranking de países com base no indicador construído...

**Palavras Chave:** Sistema nacional de inovação; componentes principais; clusters.

### ABSTRACT

---

To better understand the economic and social transformations of a heterogeneous group of countries a possible alternative would be to regard at their technological dynamics. Given that traditional economic indicators say little about their innovation capacity, this present study attempt to build an aggregate indicator for their national systems of innovation (NSI) through multivariate data analysis. Thereby, it aims at emphasizing its systemic character in building a synthetic measure that allows for comparisons in terms of innovation capacity. The analysis culminates in a country ranking based on the resulting indicator..

**Keywords:** National innovation systems; principal components; clusters.

## INTRODUÇÃO

---

Um dos traços mais marcantes da literatura sobre crescimento econômico desde a década dos 60 é a incapacidade que os modelos tradicionais têm demonstrado em prover uma explicação satisfatória sobre a dinâmica econômica dos países. Como consequência, correntes alternativas, passaram a incorporar às suas análises as diferenças tecnológicas como fatores primordiais na explicação de diferentes níveis de desenvolvimento entre países (Fagerberg, 1994). Alternativamente às abordagens tradicionais, a mudança tecnológica deixou de ser tratada apenas como um resíduo e passou a ser abordada em termos do desenvolvimento de capacidades tecnológicas para o catching up (Abramovitz, 1986).

Nesse contexto, a construção de indicadores da capacidade tecnológica de diferentes países se coloca como uma ferramenta útil para a compreensão das transformações econômicas e sociais, assim como das divergências entre diferentes estágios de desenvolvimento. Contudo, a construção de indicadores dessa natureza é notavelmente mais complexa que a de uma variedade de indicadores sociais agregados. A heterogeneidade dos fatores envolvidos nas atividades tecnológicas, sobretudo quando

transpostos para uma análise sistêmica do processo de inovação, impõe uma série de limitações à construção de um indicador conciso.

Por um lado, a própria forma como as atividades inovativas são conduzidas varia muito entre países. Por outro, seus determinantes são multicausais e interdependentes, podendo ser influenciados por fatores de natureza diversa como, por exemplo, características locais do arranjo institucional, fatores climáticos, aspectos culturais e normas técnicas. Além disso, a construção de capacidades tecnológicas depende de um processo que é cumulativo e dependente de trajetória.

Contudo, é exatamente essa diversidade de fatores que busca ser contemplada pela abordagem do Sistema Nacional de Inovação (NSI na sigla em inglês) em termos dos aspectos qualitativos e quantitativos que influenciam a criação, difusão e utilização de inovações (Freeman, 1995; Lundvall, 1992; Nelson, 1993). Apesar de servir como referência para o tratamento dos determinantes da inovação, nessa literatura não existe consenso sobre qual a melhor forma de avaliar empiricamente os NSIs. Por um lado, há autores que defendem que a abordagem seja mantida aberta e flexível

(Lundvall, 2003). Por outro lado, alguns autores, apontam a necessidade de maior rigor na definição de uma metodologia comum com base nas funções e atividades do sistema (Edquist, 2004; Liu; Wight, 2001). O conceito de NSI permanece, portanto, bastante difuso, abrindo espaço para discuti-lo sobre diferentes perspectivas.

Embora a totalidade dos elementos desses sistemas dificilmente possa ser apreendida através de dados e tentar resumi-los inteiramente em um único indicador seja uma tarefa irrealista, indicadores sintéticos são muito úteis (Archibugi; Coco, 2005). Assim, este artigo se propõe a realizar um exercício empírico de construção de um indicador agregado que nos permita comparar diferentes países. Para tanto, a abordagem do NSI serve como referência para a identificação das dimensões relevantes para compreendermos a inovação e a mudança tecnológica. São consideradas também a disponibilidade de dados para o maior conjunto possível de países, assim como um método compatível com o aspecto sistêmico da inovação.

O artigo está organizado da seguinte forma. A seção seguinte apresenta um panorama geral de como o NSI foi abordado ao longo da literatura em termos dos

indicadores para sua caracterização. A terceira seção apresenta as dimensões do indicador a ser construído neste estudo e as respectivas variáveis que as integram. Cinco dimensões são consideradas: científica, tecnológica, internacional, produtiva e a infraestrutura de ICT (Tecnologias de Informação e Comunicação). Na quarta seção são apresentados os resultados obtidos por meio da aplicação de técnicas de análise multivariada de dados (componentes principais e fuzzy clusters) para a comparação entre países. Por fim, na seção cinco são apresentadas as considerações finais.

## **BREVE PANORAMA SOBRE NSIS**

---

A função primordial do NSI é a geração de inovações. Freeman (1987) foi o primeiro autor a utilizar esse termo ao se referir ao contexto doméstico no Japão. Posteriormente, os trabalhos seminais de Lundvall (1992) e Nelson (1993) exploraram esse conceito em termos da sua dinâmica e estrutura, enquanto sistemas constituídos por uma série de componentes articulados (firmas, governos, universidades, centros de pesquisa, bancos, etc), capazes de influenciar a geração de inovações. Por sua vez, as especificidades da interação entre os diversos atores definiriam arranjos distintos e, conseqüentemente, diferentes modos de

innovar. Estes, por sua vez, produziram resultados variados em termos de desenvolvimento econômico.

Na medida em que o desenvolvimento é moldado por um processo histórico, as circunstâncias às quais diversos países estão submetidos os fazem diferentes sobre vários aspectos. Elementos como acidentes históricos, características institucionais e valores específicos de cada nação moldam as interações entre os atores. Já a proximidade geográfica favorece a transmissão do conhecimento, que é eminentemente tácito, bem como a implementação de políticas deve ser feita dentro das fronteiras do país (Fagerberg, 1994; Freeman, 1995).

Assim sendo, tentativas de produzir generalizações muito amplas para caracterizar os NSIs pode ser equivocada. Por se tratar de um processo evolucionário e dependente de trajetória (path-dependent), deve-se tentar explicar os arranjos de cada país considerando suas particularidades, destacando as diferenças entre eles. Indicadores econômicos tradicionais, como renda per capita, podem ser úteis para comparar países, mas não são capazes de caracterizar seu modo de inovar (Lundvall, 1992). Por outro lado, abdicar da construção de indicadores agregados

negligenciaria o aspecto sistêmico da inovação e limitaria a compreensão da forma como seus determinantes se articulam (Liu, White, 2001).

Nas décadas de 1950 e 1960 a literatura empregou amplamente as estatísticas de gastos em pesquisa e desenvolvimento (P&D) como um padrão internacional de mensuração que resumiria as atividades relacionadas ao NSI. Contudo, embora tais estatísticas refletissem os esforços inovativos do país, emprega-las individualmente como um único indicador definia os sistemas de forma muito restrita. Já entre as décadas de 1970 e 1990, o aspecto sistêmico da inovação ganhou relevância crescente na medida em que as tecnologias da informação, da biotecnologia e de novos materiais se difundiram (Freeman, 1995). A ênfase sistêmica teria então motivado a incorporação de novas dimensões e a busca por indicadores complementares para caracterizar a capacidade nacional de inovar. A disponibilidade crescente de dados para um número maior de países também teve papel decisivo nesse processo.

Medidas como a proporção de novos produtos no comércio internacional, as estatísticas de patentes e o número de publicações de artigos científicos foram

sendo incorporadas ao longo do tempo. Ainda que essa abordagem permaneça difusa, esforços posteriores na busca de indicadores empregam determinadas medidas de forma mais recorrente. Além dos já mencionados, temos também as estatísticas referentes às taxas de licenciamento e pagamento de royalties, recursos humanos e infraestrutura de ICT, por exemplo (Archibugi; Coco, 2005).

Além disso, verifica-se também nessa literatura o consenso quanto à complementariedade das dimensões e fatores determinantes da geração de inovações. Isso se reflete em medidas de agregação por somatórios e regras de ponderação para médias (Archibugi; Coco, 2005). Enfatizar o aspecto sistêmico da inovação ao combinar indicadores se faz particularmente relevante quanto mais heterogêneas as economias em questão. Enquanto a comparação de sistemas muito semelhantes ficaria restrita à análise dos papéis desempenhados pelos mesmos tipos de atores, a comparação de sistemas diversos se faz possível apenas se recorrermos aos aspectos sistêmicos da sua estrutura e não aos seus componentes de forma isolada (Liu; White 2001). Diferentemente do que suporiam, por exemplo, os teóricos da contabilidade do crescimento ou dos modelos tradicionais de

crescimento, os determinantes do progresso tecnológico não se encontram isolados (Fagerberg, 1994).

Por fim, devemos salientar que embora os NSIs possam adquirir formas bastante distintas, inexistem alternativas ótimas ou uma situação de equilíbrio para a produção de inovações. Países com trajetórias de crescimento semelhantes, por exemplo, podem desenvolver modos bastante distintos de inovar. Já países em desenvolvimento podem apresentar arranjos distintos comparados aos países desenvolvidos, mas semelhantes entre si, compartilhando algumas particularidades relacionadas mais especificamente ao seu estágio de desenvolvimento.

Partindo dessas considerações, a seção seguinte introduz a construção do indicador proposto por este estudo, apresentando as dimensões e variáveis a serem incorporadas em um indicador geral dos NSIs.

## **MENSURANDO A CAPACIDADE NACIONAL DE INOVAR**

---

Exploramos aqui a hipótese de que a análise do NSI não deve ficar restrita ao estudo dos aspectos e determinantes da inovação isoladamente, mas sim explorá-los em conjunto de modo a apreender as relações entre eles. Além disso, estamos tratando de

um fenômeno complexo e multidimensional por natureza, logo uma análise baseada em único indicador seria capaz de elucidar apenas alguns aspectos específicos sobre ele<sup>1</sup>. Diante disso, como alternativa para essas limitações, indicadores compostos passaram a ser explorados na literatura, agregando diferentes variáveis em medidas sintéticas e abrangentes (Grupp; Schubert, 2010).

Usualmente tais medidas se baseiam em um conjunto de dimensões concebidas teoricamente às quais são atribuídos indicadores capazes de caracterizá-las individualmente. Quando tomadas em conjunto, tais dimensões contemplam o fenômeno de forma abrangente, combinando-as de forma a construir um indicador sintético capaz resumir e descrever o fenômeno em sua totalidade (Archibugi, Coco, 2005; Archibugi, Denni, Filippetti, 2009; Grupp; Schubert, 2010).

A combinação de diferentes indicadores em uma única medida agregada tornou-se uma prática recorrente, reunindo-se dados de diferentes fontes, muitas delas originalmente construídas para propósitos distintos da proposta de mensuração da capacidade inovativa de um país. Além disso, cabe ressaltar que a tecnologia é algo intangível, de modo que podemos apenas

reunir medidas indiretas para a construção de indicadores multidimensionais.

Outro passo chave para a construção de indicadores das capacidades tecnológicas de diferentes países é a escolha de um método. Para o estudo empírico das inovações, economistas usualmente empregam técnicas econométricas ou multivariadas. Nesse sentido, diferentes esforços foram combinados na busca de uma metodologia comum para a construção de tais indicadores<sup>2</sup> (Grupp; Schubert, 2010, 2011). Dentre as metodologias mais recorrentes podemos elencar o emprego de médias ponderadas entre diferentes indicadores (Archibugi; Coco, 2004), o uso análise de fatores e componentes principais (Fagerberg, Srholec, 2008 e Makkonen, 2015 são alguns exemplos), bem como os métodos denominados de “Benefit of Doubt” (BoD) e “Data Envelopment Analysis” (DEA) empregados por Filippetti e Peyrache (2011).

Entretanto, a construção de indicadores compostos da capacidade de inovar de diferentes países carrega alguns pressupostos que devem ser ressaltados. Primeiramente, temos que as fontes de inovação são complementares e não intercambiáveis (Archibugi; Coco, 2004). Sendo assim, embora a construção de

indicadores compostos permita uma visualização mais clara e imediata de um conjunto de países, eles sacrificam a complexidade inerente ao processo de inovação (Archibugi; Denni; Filippetti, 2009). Isto porque a construção de indicadores compostos estaria sujeita a alguns problemas de agregação.

Assim, é preciso levar em consideração que a soma (ou a média) de diferentes indicadores individuais significa que uma unidade de uma dada variável poderia ser substituída por uma unidade de outra. Em outras palavras, isso implicitamente pressupõe que diferentes dimensões e indicadores individuais sejam intercambiáveis e não complementares, indo de encontro à natureza ao processo de inovação e mudança tecnológica (Archibugi; Denni; Filippetti, 2009). Consequentemente, gera-se viés tal que países que totalizam valores próximos em um dado indicador podem ser, na realidade, bastante diferentes (Cerulli, Filippetti, 2012).

Além disso, as variáveis que servem de proxy para a capacidade inovativa de um país são altamente correlacionadas. Ademais, a seleção das variáveis e do método de agregação pode influenciar o resultado final, de modo que é importante que os resultados sejam robustos a essas

possíveis variações (Archibugi; Denni; Filippetti, 2009). Para além da robustez dos resultados é fundamental também que as escolhas sejam plausíveis do ponto de vista teórico (Grupp; Schubert, 2010).

Esforços renovados têm sido feitos para reunir diferentes medidas em níveis de análise distintos (firmas, setores, países), embora a disponibilidade de dados permaneça como um importante obstáculo. No nível nacional, os indicadores agregados resultantes constituem um tipo de indicador macroeconômico direcionado para comparar países. Embora eles sacrifiquem em parte a complexidade do processo inovativo, eles ainda incorporam aspectos diversos relevantes para caracterizarmos os NSIs.

Considerando as possibilidades abertas na literatura, este estudo, em primeiro lugar realiza um esforço para encontrar possíveis indicadores que incorporem variáveis referentes a cinco dimensões: científica, tecnológica, produtiva, internacional e infraestrutura de ICT. Embora a abordagem em questão permaneça bastante difusa, alguns indicadores têm se consolidado na literatura. É o caso das estatísticas de patentes, publicações científicas, proporção de novos produtos no comércio internacionais, recursos humanos e infraestrutura de ICT, por exemplo

(Archibugi; Coco, 2005; Archibugi; Denni; Filippetti, 2009).

Nesse sentido, busca-se aqui construir uma amostra representativa do conjunto global de NSIs. Os países considerados são bastante heterogêneos, abrangem todos os continentes, variam em tamanho e também quanto ao estágio de desenvolvimento<sup>3</sup>. Em seguida, propõe-se um método para agregação dessas variáveis que seja capaz de incorporar o caráter sistêmico, enfatizando a interdependência entre os fatores considerados. Com isso, espera-se conseguir caracterizar os NSIs enquanto arranjos específicos e com modos variados de produzir inovações, estendendo nossa compreensão sobre os mesmos.

Partimos de um conjunto de 117 países e 23 indicadores que potencialmente poderiam influenciar a capacidade nacional de inovar. De modo geral, economias desenvolvidas têm maior cobertura dos dados, enquanto que a disponibilidade e qualidade das informações para países em desenvolvimento são relativamente piores. No esforço de conciliarmos o maior número possível de países com a maior quantidade de indicadores, trabalhamos com uma amostra de 65 países e 12 indicadores.

As informações utilizadas aqui se encontram compiladas pelo Banco Mundial e integram a base World Development Indicators

referente ao ano de 2013. O portal Web of Knowledge disponibiliza o banco de dados que contêm informações sobre a produção científica, o Social Citation Index Expanded. Já informações sobre a produção tecnológica são fornecidas pelo United States of Patent and Trademark Office (USPTO). Por fim, a United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO) também produz uma compilação de dados de interesse referentes à educação.

O Quadro 1 apresenta as cinco dimensões consideradas na caracterização dos NSIs e seus respectivos indicadores. A dimensão científica abrange indicadores referentes à produção de conhecimento no âmbito das universidades e instituições de pesquisa. Para caracterizar essa dimensão foram empregadas estatísticas referentes à publicação de artigos científicos. Contudo, é importante ressaltar que existe um viés linguístico, que favorece países de língua inglesa, bem como aquele causado pelo diferente ritmo de publicação entre campos variados de pesquisa (Archibugi; Coco, 2005). Foram elencadas também variáveis relacionadas à formação de pessoal, de modo a captar o desenvolvimento de recursos humanos dentro de cada NSI. Porém elas não estavam disponíveis para um número satisfatório de países, não tendo sido incluídas na análise.

Dimensão	Indicadores
Científica	Artigos, matrículas no ensino superior, expectativa de vida escolar, mobilidade estudantil no exterior, gastos públicos em ensino, matrículas em curso de especialização, mestrado e doutorado.
Tecnológica	Patentes, gastos em P&D.
Produtiva	Valor adicionado na indústria, valor adicionado em serviços, valor adicionado na agricultura.
Internacionalização	Exportações de alta tecnologia, entrada de IED, saída de IED, royalties recebidos, royalties pagos, importações de alta tecnologia.
Infraestrutura (de ICT)	Usuários de internet, investimentos em energia com participação privada, investimentos em telecomunicações com participação privada, investimentos em transportes com participação privada, investimentos em água e saneamento com participação privada.

**Quadro 1 - Indicadores para mensuração dos NSIs**

**Nota:** Indicadores em *itálico* não foram incluídos na análise por falta de informações disponíveis.

Por sua vez, a dimensão tecnológica leva em conta, primeiramente o registro de patentes no USPTO como medida da capacidade de produção tecnológica de um NSI. Elas são um indicador de resultado da atividade inovativa e refletiram a busca de uma vantagem econômica no emprego de novas tecnologias na esfera econômica. Entretanto, vale salientar que tal estatística sofre viés pelos mesmos problemas apontados no caso da publicação de artigos científicos (Patel; Pavitt, 1995). Já os gastos em P&D são um indicador referente aos esforços de pesquisa aplicada para a geração de inovações.

No que se refere à dimensão produtiva, são considerados o valor adicionado da

indústria, dos serviços e da agricultura. Diferentemente da participação setorial no PIB, o emprego das estatísticas de valor adicionado reflete uma medida da maturidade e do desenvolvimento setorial, o que repercute nos níveis de produtividade em cada um deles.

A internacionalização, por sua vez, é uma dimensão referente à inserção dos NSIs nas redes globais de difusão e absorção de conhecimento. Ainda que suas estruturas e instituições tenham caráter marcadamente nacional, elas podem ser influenciadas por movimentos globais capazes de alavancar as atividades produtivas e inovativas locais. Processos de imitação, por exemplo, seriam canais adotados para a internalização de

competências estrangeiras (Carlsson, 2006). Além disso, o conhecimento, sobretudo de natureza técnica, tem se organizado cada vez mais por meio de redes internacionais integradas por multinacionais (Cantwell, 2000). Finalmente, existe um corpo considerável de investigação de como as redes corporativas globais têm se transmutado em redes globais de inovação, que incluem não só a interação entre diferentes agentes, como também a internacionalização de empresas e atividades inovativas (Britto et al, 2013; Ribeiro et al, 2014; Britto et al, 2015).

Assim, explica-se o emprego das estatísticas de entrada e saída de investimento estrangeiro direto (IED). São incluídos ainda o pagamento e recebimento de royalties e estatísticas de comércio internacional de produtos de alta tecnologia<sup>4</sup>.

Por fim, variáveis relativas à infraestrutura nos permitiriam fazer considerações sobre os requisitos básicos necessários para o processo de inovação. Contudo, dados referentes aos investimentos em infraestrutura básica não estão disponíveis para uma amostra maior de países. Assim, é incorporado aqui o número de usuários de internet enquanto medida da infraestrutura. Esta tem sido uma dimensão recorrente nos esforços de mensuração da capacidade

tecnológica dos países em termos da capacidade de penetração dos serviços de internet no espaço e da disponibilidade de acesso à informação, fator relevante para a difusão e incorporação de conhecimento e tecnologia (Archibugi; Coco, 2005).

Todos os indicadores são empregados em razão de um múltiplo da população (milhões de habitantes), ou seja, numa medida de intensidade e não de grandeza, permitindo-nos comparar países de diferentes dimensões. Além disso, dada a disponibilidade dos dados, são computadas as médias dos anos de 2007 a 2010, de modo a estender a cobertura de países no período mais recente o possível e evitar o efeito de choques esporádicos em anos específicos.

O passo seguinte é tratar a articulação entre as dimensões descritas acima a partir de um método adequado e coerente com a noção sistêmica da inovação. Se pretendermos estudar arranjos diversos resultantes de processos evolucionários, o método utilizado não pode pressupor uma relação causal unidirecional. Uma explicação satisfatória para o processo de inovação é multicausal e deve apreender a importância relativa dos seus determinantes (Edquist, 2004). Além disso, tendo em vista a heterogeneidade dos NSIs, o método deve

ser capaz também de tratar observações com alta variabilidade, assim como lidar com um conjunto amplo de variáveis correlacionadas.

Tendo isso em vista, são utilizadas aqui duas técnicas de análise multivariada de dados. Primeiramente é realizada uma análise de componentes principais seguida por uma análise de fuzzy clusters. Uma importante vantagem das técnicas multivariadas é que a combinação entre as diferentes dimensões e suas respectivas variáveis é menos arbitrária, sendo extraída da própria estrutura dos dados. A possibilidade de emprego desse método para caracterizar a capacidade tecnológica dos países já fora apontada por Archibugi e Coco (2005) e incorporada por Fagerberg (2008) por meio de análise de fatores. Os resultados encontrados por este estudo são apresentados e discutidos na seção seguinte.

## **EVIDÊNCIAS SOBRE OS NSIS**

---

O exercício se divide em três partes. Em primeiro lugar serão analisados os resultados da técnica multivariada de componentes principais, empregada para combinar diversas variáveis de diferentes dimensões em único indicador geral dos NSIs. Em seguida, com base nos componentes resultantes, serão construídos

agrupamentos de países por meio da técnica de fuzzy clusters de modo a facilitar a identificação das estruturas descritas pelos componentes. Por fim, como forma de apresentar um panorama geral dos NSIs considerados, os países serão ranqueados com base nos scores obtidos pela combinação dos componentes encontrados.

## **AGREGANDO OS DETERMINANTES DA INOVAÇÃO**

---

A técnica multivariada de análise componentes principais (ACP) tem por objetivo produzir uma representação simples de um conjunto amplo de variáveis correlacionadas, reduzindo sua multidimensionalidade e combinando-as de forma concisa. Isto é, espera-se explicar uma alta proporção da variância total dos dados com base em poucos componentes principais, resumindo sua multidimensionalidade e reduzindo o número de variáveis sem se perder muita informação<sup>5</sup>. Vale ressaltar que ao empregarmos a técnica de ACP não há a necessidade de assumirmos previamente nenhum tipo de pressuposto arbitrário sobre os dados ou relações de causalidade, apenas correlações. Assim, podemos definir categorias e identificar os aspectos mais relevantes diretamente da estrutura de dados. A partir dos componentes

resultantes, a informação pode ser interpretada como a variação total das variáveis originais (Afifi; Clark,1996).

A Tabela 1 a seguir apresenta os resultados obtidos. Nela estão representados os coeficientes de correlação entre as variáveis individuais (linhas) e os componentes (colunas). O valor dos coeficientes (ou pesos) indica em que medida cada variável individual carrega o componente principal (OECD, 2008). Variáveis com coeficientes maiores têm maior peso, seja numa relação positiva ou negativa. A caracterização dos NSIs é baseada aqui nos três primeiros componentes resultantes<sup>6</sup>.

Além disso, a aplicação dessa técnica produz componentes não correlacionados entre si (ortogonais), isto é, cada um deles explica um aspecto distinto a respeito dos NSIs. Desse modo, os três componentes considerados podem ser utilizados como indicadores intermediários de diferentes aspectos relacionados aos NSIs e quando combinados resultam em um indicador geral.

O componente 1 (C1) pode ser entendido como o indicador intermediário de referência para caracterizar os NSIs. Ele apreende mais da metade da variância total dos dados (58%). Neste ponto é importante lembrar mais uma vez que sob uma

perspectiva evolucionária não há um ponto ótimo para o qual se pressuponha que haja uma tendência de convergência desses sistemas. O que se propõe aqui é que C1 seja utilizado como referência para orientar comparações entre diferentes características e estruturas.

Neste componente, todas as variáveis consideradas têm sinal positivo, logo são complementares para a caracterização dos NSIs. Diante disso, países que totalizaram scores mais altos em C1 são aqueles cujo NSI têm maior capacidade de geração de inovações. Dentre aqueles com os scores mais altos nesse componente temos a Islândia, seguida da Irlanda, Noruega, Suécia e Bélgica. Por outro lado, com os scores mais baixos estão Uganda, Paquistão, Índia Quênia e as Filipinas.

Os pesos das variáveis em C1 mostram resultados consistentes com a literatura sobre inovação. Neste componente estão as variáveis clássicas de medidas de esforço e resultado inovativo. Assim, destacam-se os gastos em P&D, a publicação de artigos científicos, a saída de IED, o número de usuários de internet e o valor adicionado em indústria e serviços como aquelas mais importantes para obtermos um panorama geral de todo o conjunto de países considerados. Já as demais variáveis têm

destaque na definição de estruturas características de países em desenvolvimento descritas pelos componentes 2 e 3, discutidos a seguir. Entretanto, vale notar que embora importantes para explicarmos uma

proporção maior da variabilidade total dos dados, separadamente, esses dois componentes são residuais, já que apreendem uma parcela menor da variância total.

**Tabela 1 - Resultados da análise de componentes principais.**

Indicadores (milhões de habitantes)	Componente 1 (C1)	Componente 2 (C2)	Componente 3 (C3)
Patentes	0.2588	-0.2192	<b>-0.39</b>
Artigos	<b>0.3553</b>	0.0624	-0.06
Gastos em P&D	<b>0.3495</b>	-0.0657	-0.2374
Royalties recebidos	0.2916	<b>-0.3388</b>	-0.0052
Royalties pagos	0.1458	-0.2465	<b>0.5527</b>
Entrada de IED	0.264	0.1089	<b>0.4969</b>
Saída de IED	<b>0.3154</b>	-0.0603	<b>0.3779</b>
Exportações de alta tecnologia	0.1033	<b>0.6659</b>	0.1558
Valor adicionado na indústria	<b>0.3343</b>	-0.017	-0.0563
Valor adicionado em serviços	<b>0.3647</b>	-0.0441	-0.0749
Valor adicionado na agricultura	0.2073	<b>0.5504</b>	-0.1647
Usuários de internet	<b>0.3329</b>	0.0641	-0.1803
Autovalor	6.97435	1.56646	1.38842
Diferença	540,789	0.178033	0.745926
Proporção	0.5812	0.1305	0.1157
Cumulativo	0.5812	0.7117	0.8274

**Nota:** Foram destacados em negrito valores maiores que 0,30 em módulo

Analisando o componente 2 (C2) constatamos que este caracteriza principalmente estruturas de NSIs de países em desenvolvimento, uma vez que, diferentemente de C1, ele evidencia a falta de complementariedade entre alguns dos fatores determinantes da inovação. Nele, um conjunto de variáveis assumem pesos negativos, enquanto outras se mantêm com pesos positivos. A falta de

complementariedade entre diferentes aspectos dos NSIs já fora salientada por Bernardes e Albuquerque (2003), ao verificarem que a falta de conexões entre as dimensões científica e tecnológica configurariam estruturas típicas de NSIs menos desenvolvidos.

Dentre as variáveis com sinal positivo em C2, destacamos as exportações de alta tecnologia e o valor adicionado na

agricultura, enquanto que com sinal negativo destacamos o recebimento de royalties. Isto é, C2 estaria captando um descompasso envolvendo a dimensão produtiva e a internacionalização dos NSIs. Neste caso, teríamos, por um lado, estruturas nas quais a agricultura teria maior destaque na geração de valor adicionado e não a indústria ou os serviços, setores nos quais se concentrariam as atividades mais dinâmicas e com maiores spillovers de tecnologia. Por outro lado, temos os NSIs que concentram a produção tecnológica e licenciam o seu produto para o resto do mundo.

Isso nos leva a supor que num contexto global da produção estaríamos captando estruturas referentes aos NSIs de países com inserção intermediária nas cadeias globais de valor, atuando principalmente nas etapas de montagem da produção de bens cuja tecnologia é desenvolvida externamente<sup>7</sup>. Como notado por Lall (2000), esse seria um caso típico de países em desenvolvimento que se especializam em atividades intensivas em trabalho dentro das indústrias de alta tecnologia. Contudo, ao incorporar mais atividades intensivas em tecnologia maiores spillovers poderiam ser criados, favorecendo também a geração de inovações e reduzindo o gap de produtividade.

Nesse sentido, uma questão central para entendermos os países em desenvolvimento diz respeito a sua posição na divisão internacional do trabalho, caracterizada por fortes assimetrias, notadamente em termos de geração de tecnologia. O processo de inovação, como já mencionado, encontra-se fortemente concentrado em países desenvolvidos. Dessa forma, eles acabam por determinar a direção dos fluxos de tecnologia e os padrões de especialização em bens e serviços com diferentes conteúdos tecnológicos (Ocampo, Rada, Taylor, 2009).

Por sua vez, assim como C2, o componente 3 (C3) também apresenta uma dicotomia entre os fatores determinantes da inovação. Por um lado, com pesos positivos, temos os royalties pagos e a entrada e saída de IED, todas referentes à dimensão da internacionalização e difusão da tecnologia. Por outro lado, com valor negativo, destacamos o número de patentes concedidas, pertencente à dimensão tecnológica. Sendo assim, podemos supor que C3 estaria refletindo entraves à capacidade de absorver e incorporar domesticamente a tecnologia que é difundida através da dimensão internacional desses sistemas.

Já fora apontado que o processo catching-up de países em desenvolvimento e a construção de capacidades dentro das suas fronteiras poderiam contar com a incorporação dos avanços realizados pelas economias mais próximas à fronteira tecnológica (Kim, 1980; Abramovitz, 1986). Contudo, em NSIs menos desenvolvidos característicos de países mais atrasados, a limitada capacidade de absorção e os esforços restritos para a constrição de capacidades tecnológicas nas firmas seriam um importante entrave para que a tecnologia internacionalmente difundida fosse incorporada domesticamente, produzindo avanços na geração de novas tecnologias dentro do próprio país (Lall, 1992; 2001).

Esses resultados encontram grande ressonância com estudos empíricos recentes, que destacam os problemas relacionados à imaturidade dos sistemas de inovação de países periféricos (Albuquerque, 2007). Eles deixam claro como os indicadores de resultado mais nobre, como produção de patentes e artigos estão relacionados à estruturas produtivas mais modernas e, em última instância, a tipos de inserção mais nobre nas cadeias globais de valor de inovação (Ribeiro et al, 2010; Britto et al, 2015).

Tendo em vista as considerações acima, analisamos agora os padrões de dispersão dos países com base nos scores obtidos em cada componente. Os gráficos de dispersão que são apresentados a seguir auxiliam a análise sem a necessidade de identificarmos rótulos para cada componente. Além disso, facilitam a identificação de outliers<sup>8</sup>, pontos de agrupamento e outras possíveis peculiaridades na distribuição dos dados (Everitt, 2005; Izeman, 2008).

Lembrando que C1 é o indicador intermediário que nos serve de referência para avaliarmos as estruturas descritas pelos resultados da análise de componentes principais, o gráfico 1 a seguir apresenta a dispersão dos países segundo C1 e C2.

É possível observar que os países variam principalmente ao longo do eixo C1, enquanto a dispersão é menor no eixo C2. Lembrando que maior parte da variabilidade é explicada pelo primeiro componente, enquanto o segundo é um componente residual que capta uma parcela menor da variabilidade dos dados (13%).



Observando o gráfico, alguns pontos de agrupamento saltam aos olhos. O primeiro deles é composto por países que apresentam valores mais altos em C1 (acima de 2) e valores negativos em C2. Outro agrupamento intermediário pode ser observado para aqueles países que totalizaram valores aproximadamente entre -1 e 2 em C1. Já um terceiro ponto de agrupamento pode ser identificado para valores abaixo de -1 em C1 e próximos de zero em C2.

Verificamos que C1 foi capaz de diferenciar os NSIs entre aqueles comparativamente mais desenvolvidos, de modo que valores mais altos são atribuídos aos NSIs mais avançados. Já a interpretação de C2 não é tão direta, considerando que ele evidencia uma dicotomia entre as dimensões produtiva e internacional em termos do sinal dos pesos das variáveis que o compõe.

Podemos notar que os NSIs que apresentaram valores mais altos em C1 totalizam valores abaixo de zero em C2, lembrando que este é fortemente carregado pelo pagamento de royalties com sinal negativo. Por sua vez, o conjunto intermediário de países apresenta valores positivos em C2, que é fortemente carregado pelo valor adicionado na agricultura e exportações de alta tecnologia

com sinal positivo. Já o conjunto de NSIs menos desenvolvidos se distribui de forma ambígua. Eles apresentam valores abaixo de -1 em C1 e valores próximos de zero em C2.

Por sua vez, C3 é também um componente residual (explica 12% da variância dos dados) e têm uma interpretação similar a se C2. A relação entre C1 e C3 pode ser visualizada no Gráfico 2.

Enquanto os países desenvolvidos totalizam scores abaixo de zero em C3, no sentido do maior número de patentes, os grupos de países intermediários totalizam scores positivos. Já os países em desenvolvimento, mais uma vez apresentam uma distribuição ambígua e se agrupam entre aqueles com valores positivos e aqueles com valores negativos em C3. Os agrupamentos são muito semelhantes ao observados anteriormente e, assim como C2, o fato de C3 também ser um componente residual limita nossa clareza sobre essas estruturas em particular.

Para expandimos a análise, passamos agora aos resultados dos agrupamentos construídos por meio da técnica de fuzzy clusters. Esperamos que o agrupamento de NSIs semelhantes evidencie as estruturas descritas pelos componentes e delimite de forma menos arbitrária os grupos observados nos gráficos de dispersão.

## AGRUPANDO OS NSIS

---

A análise de fuzzy clusters<sup>9</sup> parte dos três componentes apresentados anteriormente. Como já observado nos gráficos anteriores, temos como resultado um cluster que reúne os NSIs desenvolvidos e outro agrupando NSIs intermediários. Já dentre aqueles menos desenvolvidos sugere-se sua separação em dois clusters distintos. Os quatro clusters resultantes são apresentados no gráfico 3. Nele pode ser observado o mesmo padrão de dispersão dos gráficos anteriores, sendo que países agrupados em um mesmo cluster estão conectados por linhas de mesma cor.

Como resultado dessa análise reúne-se os NSIs semelhantes em um mesmo grupo, com base na articulação entre os elementos do sistema. O cluster 1, identificado na cor roxa (AUS, AUT, CAN, FIN, FRA, DEU, IRL, JPN, KOR, NLD, NOR, SWE, GBR, USA), agrupa aqueles países com NSIs mais avançados e desenvolvidos em termos da sua avançada capacidade científica e tecnológica, alta produtividade e ativa participação nos fluxos internacionais de difusão de inovações, tanto através da sua inserção internacional quanto pela sua infraestrutura de ICT. Esse resultado é fruto não só da magnitude dos determinantes da inovação nesses países, como também da

complementariedade das relações entre eles, com destaque para sua atuação na geração de inovações e difusão dos avanços tecnológicos em direção aos países menos desenvolvidos.

Já o cluster 2, de cor laranja (BEL, CYP, CZE, EST, ISL, ITA, MLT, PRT, SGP, SVN, ESP, URY), reúne NSIs intermediários que compartilham características tanto de sistemas desenvolvidos quanto em desenvolvimento. Isto é, têm uma estrutura que se aproxima daquelas de países desenvolvidos, mas com uma inserção internacional intermediária, sem maior domínio das capacidades necessárias para a criação de inovações internamente. Podemos notar também que se trata do cluster com a maior variabilidade interna e que incorpora a maior parte dos outliers identificados nos gráficos de dispersão.

Por sua vez, os dois últimos clusters reúnem os NSIs relativamente mais atrasados tanto no que se refere ao desenvolvimento dos determinantes da inovação quanto à interação ainda incipiente entre eles.

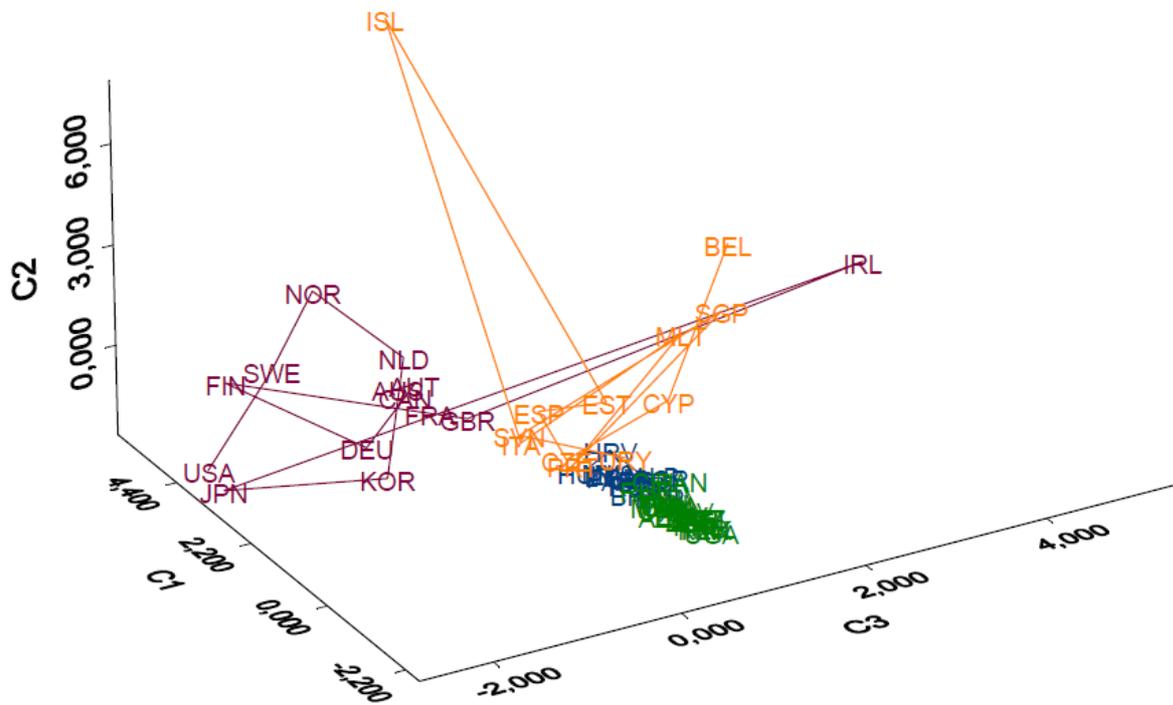


Gráfico 3 - Clusters formados a partir dos componentes principais.

Tabela 2 - Estatísticas descritivas dos componentes principais por cluster

	C1		C2		C3	
	média	desvio padrão	média	desvio padrão	média	desvio padrão
Cluster 1	3.648	1.497	-0.838	0.92	-0.779	1.974
Cluster 2	1.311	2.427	1.060	2.332	0.609	1.389
Cluster 3	-1.297	0.419	0.247	0.217	-0.045	0.123
Cluster 4	-2.115	0.357	-0.194	0.174	0.184	0.105

Como evidência disso temos as médias mais baixas obtidas em C1, ainda que os países pertencentes ao cluster 3, em azul (ALB, ARG, BLR, BRA, BGR, CRI, HRV, HUN, LVA, LTU, MYS, POL, ROM, SRB), tenham apresentado, em média, um desempenho um pouco melhor que aqueles do cluster 4, em verde (AZE, BIH, CHL, CHN, COL, EGY, SLV, GTM, IND, IDN, KEN, KGZ, MEX, MAR, PAK, PAN, PHL, RUS, ZAF, THA, TUN, UGA, UKR). Esse resultado aponta na direção de estruturas caracterizadas por infraestruturas científicas e tecnológicas mais desarticuladas, menor produtividade na indústria e serviços, bem como menor capacidade de atuar na difusão e absorção e inovações.

Como já observado nos gráficos anteriores, esses dois clusters poderiam ser melhor caracterizados por C2 e C3, os quais descrevem estruturas típicas de países menos desenvolvidos. Entretanto, a caracterização desses dois últimos clusters é especialmente difícil tendo em vista o caráter residual desses dois componentes. Vale notar ainda que os scores obtidos por esses países em C2 e C3 são próximos de zero, o que limita nossa clareza sobre suas estruturas em particular.

Conforme já foi discutido, não se espera que um conjunto completo de informações possa ser combinado de modo a descrever a capacidade inovativa e tecnológica de um país. Contudo, nos propomos a avançar na busca de um indicador sintético. Em conjunto, os três componentes obtidos aqui correspondem a uma parcela considerável da variância total explicada (83%). Tendo isso em vista, será proposta a seguir uma forma de combina-los de forma a obtermos um panorama geral que será ilustrado na forma de um ranking de países.

## **ORDENANDO OS NSIS**

---

O propósito da construção do ranking não é mapear as semelhanças e diferenças entre países, mas sim ordená-los. Desse modo, podemos ter um parâmetro de referência para avaliar o nível de desempenho de um NSI em comparação aos demais em termos da sua colocação. Para tanto precisamos de uma medida única capaz de diferenciar aqueles no topo e no fim do ranking.

Até aqui assumimos C1, C2 e C3 como indicadores intermediários dos NSIs do conjunto de países analisado. Além disso, partimos de C1 como o indicador base para caracterizar os NSIs, segundo o qual valores mais altos correspondem a NSIs mais avançados. Por sua vez, valores negativos

em C2 e C3 apontam na direção de dimensões tecnológicas mais maduras, que concentram a produção de inovações e a determinação dos fluxos tecnológicos. Ou seja, o primeiro componente, que reflete estruturas desenvolvidas, aponta na direção contrária dos dois últimos, nos quais as variáveis com sinais positivos apontam na direção de estruturas típicas de países em desenvolvimento.

Sendo assim, para obtermos uma medida capaz de ordenar todos os países da nossa amostra propomos combinar os três componentes que representam indicadores intermediários, subtraindo dos scores contabilizados em C1 os resultados de C2 e C3. Além disso, devemos incorporar também o fato de que C2 e C3 são componentes residuais. Logo, a combinação dos três componentes em um indicador composto deve também ser ponderada pela contribuição individual de cada componente intermediário no total da variância explicada por eles<sup>10</sup> (OECD, 2008). No quadro 2 é apresentada a classificação resultante<sup>11</sup>.

Além da colocação dos países é apresentado também o cluster no qual cada um deles foi agrupado. Podemos observar que não seria possível segmentar o ranking e definirmos recortes claros para as colocações dos

países com base nos clusters uma vez que a colocação de alguns países se torna ambígua. Contudo, observando o quadro 2 temos que os países do cluster 1 se encontram colocados até a 17ª posição. Em seguida, a maior parte dos países pertencentes ao cluster 2 estão classificados entre a 18ª e 26ª posições. Já a maior parte dos países pertencentes ao cluster 3 estão entre a 27ª e 47ª posições. Por fim, a maior parte dos países pertencentes ao cluster 4 se encontra reunida da 48ª posição em diante.

Contudo, devemos lembrar que a classificação dos NSIs envolve um alto grau de complexidade, principalmente ao compararmos países tão heterogêneos. Além disso, a construção dos indicadores por meio da análise de componentes principais considera não só a magnitude de cada uma das variáveis como também sua relação em termos de uma dinâmica sistêmica. A classificação caminha daqueles sistemas mais dinâmicos e complexos em direção àqueles menos desenvolvidos e cujos elementos são menos integrados. Ainda que estes possam apresentar um bom desempenho em dimensões específicas ou em variáveis específicas dentro de cada uma delas, em seu conjunto, elas não se complementam de modo a atingir o mesmo patamar dos primeiros colocados.

Colocação	País	Cluster	Colocação	País	Cluster
1º	Suécia	(1)	33º	Uruguai	(2)
2º	Noruega	(1)	34º	Rússia	(4)
3º	Irlanda	(1)	35º	Romênia	(3)
4º	Finlândia	(1)	36º	Sérvia	(3)
5º	Estados Unidos	(1)	37º	Bulgária	(3)
6º	Bélgica	(2)	38º	Brasil	(3)
7º	Países Baixos	(1)	39º	Argentina	(3)
8º	Islândia	(2)	40º	Panamá	(4)
9º	Japão	(1)	41º	Costa Rica	(3)
10º	Singapura	(2)	42º	México	(4)
11º	Áustria	(1)	43º	Bósnia e Herzegovina	(4)
12º	Canadá	(1)	44º	Tunísia	(4)
13º	Alemanha	(1)	45º	Belarus	(3)
14º	Reino Unido	(1)	46º	Colômbia	(4)
15º	Austrália	(1)	47º	Albânia	(3)
16º	França	(1)	48º	Marrocos	(4)
17º	Coréia do Sul	(1)	49º	China	(4)
18º	Espanha	(2)	50º	Azerbaijão	(4)
19º	Itália	(2)	51º	Tailândia	(4)
20º	Eslovênia	(2)	52º	África do Sul	(4)
21º	Estônia	(2)	53º	Egito	(4)
22º	República Tcheca	(2)	54º	Ucrânia	(4)
23º	Hungria	(3)	55º	El Salvador	(4)
24º	Portugal	(2)	56º	Guatemala	(4)
25º	Chipre	(2)	57º	Quirguistão	(4)
26º	Malta	(2)	58º	Filipinas	(4)
27º	Croácia	(3)	59º	Indonésia	(4)
28º	Polônia	(3)	60º	Quênia	(4)
29º	Lituânia	(3)	61º	Índia	(4)
30º	Letônia	(3)	62º	Paquistão	(4)
31º	Malásia	(3)	63º	Uganda	(4)
32º	Chile	(4)			

**Quadro 2 - Ranking geral dos NSIs**

Portanto, considerando que os indicadores  
construídos refletem razoavelmente a

concepção de NSI adotada como referência,  
podemos concluir que os países estariam

organizados no ranking acima em termos da sua capacidade de geração de inovações, sua utilização e sua difusão. Para produzir essa classificação o enfoque sistêmico foi especialmente relevante, uma vez que a análise de componentes principais nos permitiu inferir sobre a relação entre os elementos dos sistemas e o seu efeito em termos do nível de desenvolvimento relativo desses NSIs.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

---

Na medida em que a inovação envolve um conjunto de fatores articulados e em interação, recorreremos a uma abordagem sistêmica e evolucionária. Conhecer e mapear o conjunto completo dos fatores que estão engajados no processo de inovação não seria uma tarefa realista, entretanto é possível buscarmos identificar alguns aspectos chave que permitam melhorar a compreensão da sua dinâmica. Conforme discutido, a construção de um indicador conciso pode ajudar a captar as diferenças tecnológicas como fonte de explicação para a diferença entre os níveis de crescimento e desenvolvimento entre os países.

Ao empregarmos a análise de componentes principais para a construção de um indicador geral dos NSIs enfatizou-se o caráter sistêmico da inovação, segundo o

qual todos os componentes do NSI reforçam uns aos outros. Dado que estamos tratando de relações multicausais e que se retroalimentam, uma vez que seus componentes estejam bem articulados, todo o sistema se reforça para avançar na execução da sua função primordial que é a geração de inovações. Por outro lado, quando ele está desarticulado, os feedbacks seriam fracos e, portanto, não seriam capazes de impulsioná-lo com a mesma intensidade.

O resultado da análise nos permite captar essas características. Enquanto C1 incorpora todas as variáveis com sinal positivo e atribui scores mais altos aos NSIs mais desenvolvidos, C2 e C3 elucidam estruturas características de países em desenvolvimento, nas quais os pesos relativos de cada variável revelam descompassos entre as diferentes dimensões consideradas. Estamos aqui nos referindo particularmente à dicotomia entre as dimensões produtiva e internacional e também entre esta última e a dimensão tecnológica. Ainda que tais estruturas sejam descritas por componentes residuais, elas são relevantes não só para explicar a variabilidade total dos dados, como indicam possíveis caminhos para o desenvolvimento desses sistemas, sejam eles pela promoção da maior articulação entre suas dimensões e

também pela absorção e internalização de tecnologias e capabilities externas através da sua inserção em redes globais e incorporação de atividades mais dinâmicas e intensivas em tecnologias. Por fim, o panorama geral do desempenho dos NSIs pôde ser visualizado a partir do ranking.

O presente trabalho apresentou um exercício inicial no emprego dessa técnica e pode ser expandido na medida em que mais informações estiverem disponíveis para um maior número de países. Estudos posteriores também podem complementar a análise comparando essas estruturas ao longo do tempo, ou incorporando dados desagregados que abranjam em maior detalhe a composição setorial dos países, sua intensidade tecnológica, áreas de expertise ou agendas nacionais de ciência e tecnologia, por exemplo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

ABRAMOVITZ, Moses. Catching up, forging ahead, and falling behind. *The Journal of Economic History*, v.46, n.2, 1986, p. 385-406.

ALBUQUERQUE, E. M. Inadequacy of technology and innovation systems at the periphery. *Cambridge Journal of Economic*, v. 31, p. 669-690, 2007.

ARCHIBUGI, Daniele; COCO, Alberto. Anew indicator of technological capabilities for developed and developing countries (ArCo). *World Development*, v.32, n.4, 2004, p.629-654.

ARCHIBUGHI, Daniele; COCO, Alberto. Measuring technological capabilities ate the country level: a survey and a menu for choice. *Research Policy*, v.34, 2005, p.175-194.

ARCHIBUGHI, Daniele; DENNI, Mario; FILIPPETTI, Andrea. The technological capabilities of nations: the state of the art synthetic indicators. *Technological Forecasting & Social Change*, v. 76, 2009, p.917-931.

BRITTO, Gustavo , Camargo, O. S., Kruss, Glenda, Albuquerque, E.M. . Global interactions between firms and universities. *Innovation and Development*, v. 3, p. 71-87, 2013.

BRITTO, Gustavo ; Santos, Ulisses P. ; Kruss, Glenda ; Albuquerque, E.M. . Global Innovation Networks and University-Firm Interactions: an Exploratory Survey Analysis. *Revista Brasileira de Inovação*, v. 14, p. 163-192, 2015.

AFIFI, Abdelmonem; CLARK, Virginia. *Computer- aided multivariate analysis*. Nova York: Chapman & Hall, 1996.

BERNARDES, Américo.; ALBUQUERQUE, Eduardo. Cross- over, thresholds, and interactions between science and technology: lessons for less-developed countries. *Research Policy*, v.32, p. 865-885, 2003.

CANTWEL, John. A survey of theories of international production. In: PITELIS, Christos N.; SUGDEN, Roger. *The nature of the transnational firm*. Nova York: Routledge, p.10-57, 2000.

CARLSSON, Bo. Internationalization of innovation systems: a survey of the literature. *Research Policy*, v.35, p.56-67, 2006.

CASTELLACCI, Fulvio; ARCHIBUGI, Daniele. The technology clubs: the distribution of knowledge across nations. *Research Policy*, v. 37, 2008, p.1659-1673.

CASTELLACCI, Fulvio; Technological paradigms, regimes and trajectories: manufacturing and service industries in a new taxonomy of sectoral patterns of innovation. *Research Policy*, v.37, 2008, p.978-994.

CERULLI, Giovanni; FILIPPETTI, Andrea. The complementary nature of technological capabilities: measurement and robustness issues. *Technological Forecasting & Social Change*, v.79, 2012, p.875-887.

DUNNNG, John; LUNDAN, Sarianna. Multinational enterprises and the global economy. Cheltenham: Edward Elgar Publishing Limited, 2008.

EDQUIST, Charles. Systems of innovation: perspectives and challenges. In: FAGERBERG, Jan; MOWERY, David C.; NELSON, Richard. The oxford handbook of innovation. Oxford: Oxford University Press, p. 181-208, 2004.

EVERITT, Brian. An R and S-PLUS® companion to multivariate analysis. London: Springer, 2005.

FAGERBERG, Jan. Technology and international differences in growth rates. Journal of Economic Literature, v.31, 1994, p.1147-1175.

FAGERBERG, Jan; SHROLEC, Martin. National innovation systems, capabilities and economic development. Research Policy, v.37, 2008, p.1417-1435.

FAGERBERG, Jan; FELDMAN, Mayrann P.; SRHOLEC, Martin. Technological dynamics and social capability: US states and European nations. Journal of Economic Geography, v.14, 2014, p.313-337.

FREEMAN, Christopher. Technology policy and economic performance: lessons from Japan. Londres: Frances Printer, 1987.

FREEMAN, Christopher. The national system of innovation in historical perspective. Cambridge Journal of Economics, v.19, p.5-24, 1995.

FREEMAN, Chris.; SOETE, Luc. A economia da inovação industrial. Campinas: Editora da Unicamp, 2008.

GRUPP, Hariolf; MOGEE, Mary Ellen. Indicators for national science and technology policy: how robust are composite indicators? Research Policy, v.33, 2004, p. 1373–1384.

GRUPP, Hariolf; SCHUBERT, Torben. Review and new evidence on composite innovation indicators for evaluating national performance. Research Policy, v.39, 2010, p.67-78.

IZEMAN, Alan J. Modern multivariate statistical techniques: regression, classification, and manifold learning. Nova York: Springer, 2008.

KIM, Linsu. Stages of development of industrial technology in a developing country: a model. Research Policy, v.9, 1980, p. 254-277.

LALL, Sanjaya. Technological capabilities and industrialization. World Development, v.20, n.2, 1992, p.165-186.

LALL, Sanjaya. The technological structure and performance of developing country manufactured exports, 1985–98. Oxford Development Studies, v.28, n.3, 2000, p.337–369.

LALL, Sanjaya. Competitiveness, technology and skills. Cheltenham: Edward Elgar, 2001.

LIU, Xielin, WHITE, Steven. Comparing innovation systems: a framework and application to China's transitional context. *Research Policy*, v.30, 2001, p.1091–1114.

LUNDEVALL, Bengt- Åke. National innovation system: analytical focusing device and policy learning tool. Working Paper. Swedish Institute for Growth Policy Studies. 2007.

LUNDEVALL, Bengt- Åke. National innovation systems: history and theory. Working Paper. Aalborg University. 2003.

LUNDEVALL, Bengt- Åke. National systems of innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning. Londres: Pinter, 1992.

LUNDEVALL, Bengt-Age; JOHNSON, Björn. The learning economy. *Journal of Industry Studies*, v.1, n.2, 1994, p23-42.

MAKKONEN, Teemu. National innovation system capabilities among leader and follower countries: widening gaps or global convergence? *Innovation and Development*, v.5, n.1, 2015, p.113-129.

METCALFE, John S. Innovation, competition and enterprise: foundations for economic evolution in learning economics. Discussion Paper. University of Manchester. 2005.

MINGOTI, Sueli. Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2013.

NELSON, Richard. National systems of innovation: a comparative analysis. Oxford: Oxford University Press, 1993.

NIOSI, Jorge; BELLON, Bertrand. The global interdependence of national innovation systems: evidence, limits, and implications. *Technology in Society*, v.16, n.2, 1994, p.173–197.

NIOSI, Jorge; BELLON, Bertrand. The globalization of national innovation systems. In: MOTHE, John; PAQUET, Gilles (Eds). *Evolutionary economics and the new international political economy*. Nova York: Pinter, p. 1996, 138–159.

OCAMPO, José Antônio; RADA, Codrina; TAYLOR, Lance. Growth and policy in developing countries: a structuralist approach. New York: Columbia University Press, 2009.

ORGANISATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). Handbook on constructing composite indicators: methodology and user guide, 2008.

PATEL, Pari; PAVITT, Keith. Patterns in technological activity: their measurement and interpretation. In: STONEMAN, Paul (Ed). *Handbook of the economics of innovation and technological change*. Oxford: Blackwell, 1995.

RIBEIRO, L. C.; RUIZ, R. M.; BERNARDES, A. T.; ALBUQUERQUE, E. M.. Matrices of science and technology interactions and patterns of structured growth: implications for development. *Scientometrics (Print)*, v. 83, p. 55-75, 2010.

RIBEIRO, L. C., Kruss, Glenda, BRITTO, Gustavo , BERNARDES, A. T., Albuquerque, E.M. Methodology for Unveiling Global Innovation Networks: Patent Citations as Clues to Cross Border Knowledge Flows. *Scientometrics*, 2014.

SCHUMPETER, Joseph A. *Capitalismo, socialismo e democracia*. Rio de Janeiro: Fundo de Cultura, 1961.

SCHUMPETER, Joseph A. *Teoria do desenvolvimento econômico*. São Paulo: Nova Cultural, 1997.

SRHOLEC, Martin. High-tech exports from developing countries: a symptom of technology spurts or statistical illusion? *Review of World Economics*, v.143, n.2, 2007, p.227–255.

UNCTAD. UNCTADstat. Disponível em: <<http://unctadstat.unctad.org/ReportFolders/>> Acesso em 22 mai 2013.

UNITED STATES PATENTS AND TRADEMARK OFFICE. Patent counts by country/state and year utility patents January 1, 1963 - December 31, 2010. Disponível em <<http://www.uspto.gov>>. Acesso em: 01 jun 2012.

WEB OF SCIENCE. Science Citation Index Expanded (SCIE). In: Web of knowledge. Disponível em: <<http://apps.webofknowledge.com/>> Acesso em: 01 jun. 2012.

WORLD BANK. World development indicators 2013. Disponível em: <<http://data.worldbank.org/data-catalog/world-development-indicators/>> Acesso em: 18 mai. 2013.

## NOTAS METODOLÓGICAS

---

1 - Contudo, a elaboração de políticas permanece fortemente influenciada por perspectivas teóricas que atribuem as diferenças entre países exclusivamente à P&D (Aghion; Howttit, 1992; Romer, 1986). Diante disso, alguns governos de países europeus, por exemplo, focaram em políticas para fomentar os investimentos em P&D, negligenciando outros fatores sociais, institucionais e econômicos relevantes para a incorporação desses esforços (Fagerberg; Feldman; Srholec, 2014).

2 - Um resultado importante desses esforços é a construção do *Handbook of building composite indicators: a user's guide*, que é um produto dos esforços conjunto da comissão europeia JRC (Joint Research Centre-European Commission) e da OCDE. Este trabalho fornece sugestões de diretrizes para a construção de indicadores compostos e é utilizado nesse estudo como referência. Grupp e Schubert (2011) apresentam uma revisão dos principais manuais construídos sobre essa questão.

3 - Algumas ressalvas quanto à aleatoriedade e representatividade da amostra devem ser feitas. No campo das ciências sociais dificilmente é possível obtermos informações completas e sem erros de medida, porém, ainda assim, as informações disponíveis continuam sendo as melhores estimativas possíveis (OECD, 2008).

4 - Porém, as importações não foram incluídas tendo em vista a menor cobertura dos dados.

5 - Como resultado da ACP é gerado um número total de componentes equivalente ao número de variáveis incorporadas na análise. Em conjunto, todos os componentes gerados contemplam a variância total dos dados em ordem decrescente em termos da proporção da variância explicada. Parte desses componentes principais, portanto, se torna negligenciável para explicar a variação total dos dados (OECD, 2008).

6 - Um critério relevante que indica a qualidade da análise de componentes principais é a variância alta e resumida em poucos componentes. Neste estudo a aplicação dessa técnica resultou em doze componentes, equivalente ao total de variáveis empregadas. Destes, os três primeiros apresentam autovalor maior que um e juntos totalizam mais de 80% da variância explicada, sendo, portanto adequados e suficientes para o desenvolvimento uma boa análise sem se perder muita informação (Afifi; Clark, 1996; Everitt, 2005; Izeman, 2008; OECD, 2008).

7 - A inserção internacional de países caracterizados por essa estrutura seria motivada, sobretudo pela busca por vantagens locais dissociadas das competências tecnológicas, mas sim orientadas por fatores como o baixo custo da mão-de-obra, por exemplo (Dunning; Lundam, 2008).

8 - Tanto no gráfico 1 quanto no gráfico 2 será possível verificarmos a presença de alguns outliers, notadamente Islândia (ISL), Singapura (SGP), Bélgica (BEL) e Irlanda (IRL).

9 - Diferentemente dos métodos de agrupamento que exigem a definição de um critério de partição (hard clustering), o método fuzzy permite certa ambiguidade dos dados. Assim, a formação dos clusters é menos arbitrária, estimando o grau de pertencimento de cada país aos agrupamentos definidos, bem como permite obtermos informações mais detalhadas sobre a estrutura dos dados (Kaufman; Rousseeuw, 2005).

10 - Os três componentes em conjunto são capazes de abranger 83% da variância dos dados. Logo, o peso dado a C1 é de 0,702, de 0,178 para C2 e, por fim, de 0,140 para C3.

11 - O ranking aqui apresentado se assemelha aos quatro rankings construídos pelos estudos analisados por Archibugi e Coco (2005), tendo como referência 38 países em comum entre eles. A principal diferença entre o ranking construído no presente estudo reside na escolha do método multivariado de componentes principais, extraído da própria estrutura dos dados a importância relativa das variáveis incorporadas.

## Contato

---

Camila Maria de Andrade Tolentino - [camilamatolentino@cedeplar.ufmg.br](mailto:camilamatolentino@cedeplar.ufmg.br)