**Fluxos de conhecimento tecnológicos intersetoriais de países do BRICS: uma análise de insumo-produto**

**RESUMO:** Esse artigo avalia oSistema Nacional de Inovação de países doBRICS no que tange a ligações setoriais entre usuário e produtor e a fluxos de conhecimento tecnológico de setores produtivos de Brasil, Rússia, China e África do Sul. Utiliza-se a abordagem de insumo-produto, combinada com estatísticas setoriais de P&D, a partir de metodologia proposta por Hauknes e Knell (2009). São utilizadas as matrizes insumo-produto de 2005 para Brasil e África do Sul e de 2000 para Rússia e China, disponibilizadas pela Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), assim como dados de P&D da ANBERD e da PINTEC. Os principais resultados apontam que, em comparação com países desenvolvidos, há diferenças significativas em termos de setores que podem ser considerados produtores e utilizadores de tecnologia nos BRICS. Além disso, em alguns setores, pode-se observar que as direções dos fluxos de conhecimento tecnológico seguem o mesmo sentido de países desenvolvidos, ressaltando a importância de setores de alta e média tecnologia para a produção, difusão e uso de conhecimento tecnológico.

**PALAVRAS-CHAVE:** BRICS, P&D, Conhecimento Incorporado, Insumo-Produto.

**ABSTRACT:** The aim of this paper is to evaluate the National Innovation System of the BRICS countries, emphasizing industry linkages between user and producer sectors and technological knowledge flows between productive sectors in Brazil, Russia, China and South Africa. Based on an input-output tables for Brazil and South Africa (2005) and Russia and China (2000), drawn from Organization for Economic Cooperation and Development (OECD), as well as R&D data from ANBERD for Russia, China and South Africa, and from Technological Innovation Survey (PINTEC) for Brazil. The main results points towards significant differences among industries which could be considered technological producers or users in the BRICS countries, in comparison with developed countries. Besides, for some industries, the directions of technological knowledge flows are the same than those observed in developed countries, highlighting the importance of high and medium technology industries for the production, diffusion and use of technology.

**KEY-WORDS:** BRICS, R&D, Embodied Knowledge, Input-Output.

**JEL CODE:** O57, O30, R15.

1. **Introdução**

Esse artigo tem o propósito de explorar os fluxos de conhecimento tecnológico intersetoriais do Brasil, China, Rússia e África do Sul. Para tanto, utiliza-se a metodologia de Hauknes e Knell (2009) que combina a abordagem de insumo-produto com dados de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), seguindo a tradição inaugurada por Scherer (1982), Papaconstantinou*et al*. (1998), Wolff (1997), VanMeijl (1997), Sakurai*et al.* (1997),Vuori (1997) e Verspagen (1997).

Diferentemente desses autores, porém, Hauknes e Knell (2009) reformulam e estendem a abordagem para captar, de forma mais precisa, os fluxos de conhecimento tecnológico, considerando a interação de setor por setor e evitando problemas de dupla contagem. Ao mesmo tempo, Hauknes e Knell (2009) avançam no sentido de agrupar os setores da matriz de insumo-produto por intensidade tecnológica, considerando e ampliando a taxonomia originariamente estabelecida por Pavitt (1984).

Ao realçar a interdependência setorial no que tange a fluxos produtivos e de conhecimento tecnológico, a abordagem metodológica permite explicitar algumas características de um Sistema Nacional de Inovação - SNI. Segundo Cassiolato e Lastres (2011, p. 3), um sistema de inovação "compreende uma série de elementos e relações que juntas ligam produção, assimilação, uso e difusão de conhecimento".

O conhecimento tecnológico é tradicionalmente medido por medidas de insumo inovador como os gastos em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D). Entretanto, o conhecimento tecnológico produzido por um setor não se limita aos gastos em P&D que ele efetua, pois as relações de compra e venda intersetoriais permitem que os setores adquiram conhecimento tecnológico incorporado em insumos e bens de capital. É por isso que Schmookler (1966), por exemplo, associa as melhorias de desempenho tecnológico de um setor ao seu próprio esforço inovador, mas também ao esforço inovador oriundo das demais indústrias da economia.

Ao permitir a análise de fluxos interindustriais, a abordagem de insumo-produto é uma forma de mensurar os transbordamentos de conhecimento tecnológico que ocorrem entre os setores industriais. Transbordamentos de conhecimento podem ser definidos como externalidades geradas pelo investimento em P&D de um agente que facilita o esforço inovativo de outro agente (Breschi e Lissoni, 2001). Os métodos de insumo-produto, em geral, captam o tipo de transbordamentoconhecido como “*rentspillovers”.* Segundo Griliches (1979), esses últimos refletem transações com insumos intensivos em P&D que são comprados a um preço que não reflete seu verdadeiro valor, considerando a melhoria na qualidade.

Nesse sentido, o presente trabalho busca avançar no entendimento de alguns aspectos dos SNI de países em desenvolvimento, como Brasil, China, Rússia e África do Sul, explorando o potencial setorial de geração e uso de conhecimento tecnológico. Embora marcados por grande heterogeneidade estrutural, nas suas dimensões sociais, industriais, científicas e tecnológicas (Albuquerque, 2003), Lundvall (2011) destaca a importância desses países, que, ao lado da Índia, compõem o acrônimo BRICS.

Com base no autor, essa crescente importância no cenário internacional vai além da extensão territorial, do contingente populacional e do total de produção, pois também está associada a mudanças nos SNI destes países nos últimos anos, que os capacitaram como grandes produtores de conhecimento, além do Japão, Estados Unidos e Europa.

Para conhecer o potencial desses países, é preciso realizar estudos comparativos no sentido de suprir algumas lacunas na literatura empírica. Isso porque poucos trabalhos foram realizados a fim de comparar e detalhar os SNI’s dos BRICS. Entre estes, podem ser citados o estudo de Albuquerque (2003), que aborda Brasil, Índia e África do Sul, apresentando características do sistema de ciência e tecnologia desses países a partir de dados de publicações científicas e patentes registradas no escritório norte-americano de patentes. Outro exemplo é a série de artigos organizados por Cassiolato e Vitorino (2011), que apresentam uma série de estudos sobre cada um dos países.

Seguindo a mesma linha metodológica de Hauknes e Knell (2009), o objetivo deste trabalho é estimar e analisar os fluxos diretos e indiretos de conhecimento entre diferentes indústrias, abordando as ligações entre setores fornecedores e consumidores. Para tanto, são utilizadasas matrizes insumo-produto de Brasil, China, Rússia e África do Sul. Nos casos de Brasil e África do Sul, os dados se referem ao ano de 2005, enquanto que, para China e Rússia, a base é de 2000. Todos os dados são oriundos da Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) e os dados de P&D são referentes à *Analytical Business Enterprise Research and Development* (ANBERD), nos casos de África do Sul, China e Rússia, e à Pesquisa de Inovação Tecnológica (PINTEC), no caso brasileiro.[[1]](#footnote-2)

Esse trabalho se divide em mais quatro partes. Na segunda,será apresentada uma breve discussão sobre o SNI dos BRICS. Na terceira, apresenta-se a metodologia utilizada. Na quarta seção são discutidos os resultados. Por fim, são apresentadas as considerações finais.

1. **Características gerais do sistemas produtivos e de inovação dos BRICS**

O SNI não pode ser entendido apenas como o processo inovativo derivado da P&D. O SNI possui diversas dimensões, que englobam a estrutura produtiva, o capital humano, o sistema financeiro e creditício, entre outros (Cassiolato e Lastres, 2011). Nesse sentido, a posição relativa de cada SNI reflete um conjunto de condições históricas de cada país. No caso dos países como Brasil, Chinae África do Sul, há uma combinação singular de atraso tecnológico e social (Albuquerque, 2003).

 Além de ser influenciado por diferentes condições históricas, o SNI desses países, é uma construção recente, que data aproximadamente dos últimos 30 anos. Ao comparar os BRICS, Cassiolato e Lastres (2011) e Cassiolato e Vitorino (2011) destacam que: i) a Rússia possui grande contingente de mão-de-obra qualificada, em relação aos outros países do BRICS; ii) o Brasil e África do Sul possuem, em setores ligados ao meio-ambiente, as suas principais oportunidades tecnológicas e restrições; e iii) a China obteve sucesso em numa transformação quantitativa e qualitativa de infraestrutura técnica e científica, além de mobilizar o sistema nacional de educação e acumular capacidades produtivas.

 Dados da Redesist (2011) permitem que sejam evidenciados os principais setores nas economias dos BRICS para o ano de 2006. De forma resumida, é possível destacar alguns resultados para os países analisados neste trabalho, como para o Brasil, no qual o setor primário é de grande importância, principalmente como agroexportador. Os serviços apresentam duas características fundamentais: possuem peso na economia e são disseminadores de tecnologia. Dos principais setores, destacam-se os ligados aos processamentos de recursos naturais e o de refino de petróleo e coque, além dos combustíveis.

 Para Rússia, o setor primário correspondia a 13% do PIB, sendo os principais componentes, petróleo e gás e agricultura. O setor secundário representava 24% do PIB com destaque para refino do petróleo e coque, metalurgia, máquinas e alimentos. O setor terciário, por sua vez, apresentava 51% do PIB, com o comércio responsável por 35% e educação com 6,8%. O setor mais dinâmico cabe aos softwares, sendo a Rússia a terceira maior exportadora, atrás de Índia e China respectivamente.

 A China, por sua vez, tinha em 2006 mais de 60% do PIB associado à agricultura e à indústria. O setor primário apresentava cerca de 12% do PIB e o setor secundário cerca de 50% do PIB com destaque para mineração, manufatura, produção e distribuição de eletricidade, gás e água, além da construção. Quanto ao setor terciário – cerca de 40% do PIB, os principais componentes estão nos transportes e comércio.

 Já a África do Sul apresenta um setor secundário com 24% do valor adicionado e um setor terciário com 65% do valor adicionado. A participação do governo no PIB tem diminuído, assim como a participação dos serviços tem aumentado. Destacam-se os setores de alimentos, metais, metalurgia e máquinas.

Em termos de produção mundial de inovações, quando medida por patentes, verifica-se que os BRICS[[2]](#footnote-3) constituem participação modesta (menos de 5%) no número de patentes dos principais escritórios de patenteamento mundiais, que são o europeu (*European Patent Office*-EPO), o japonês (*Japan Patent Office*-JPO) e o norte-americano (*US Patent and Trademark Office*-USPTO), segundo OCDE (2008). Desagregando a análise para algumas áreas específicas de patenteamento, a representatividade desses países é de 5,2% para tecnologia de informação e comunicação (ICT), 2,7% para biotecnologias (BIO) e 6,5% para energias renováveis (ER). Ainda que representem pouco no total do patenteamento mundial, essas áreas apresentaram notável crescimento nos últimos anos, entre 1995 e 2005.

 Na área de ICT, os países do BRICS foram os quemais cresceram, com média de crescimento de 37,9% *vis-à-vis* a média mundial, de 15,5% Na área de BIO, a média de crescimento dos BRICS foi também a maior, sendo em média 22%, contra 5% de média mundial. Analisando as patentes de energia renovável, o Japão foi quem mais cresceu (27,7%), seguido pelos BRICS (27,6%), enquanto a média mundial foi de 15,8%.

1. **Aspectos Metodológicos**
	1. **O modelo de insumo-produto e os fluxos diretos e indiretos de atividade de P&D**[[3]](#footnote-4)

Seja o modelo de insumo-produto que descreve os fluxos monetários para os setores da economia:

|  |  |
| --- | --- |
| $$Z+f=X$$ | (1) |

tal que ***Z*** é a matriz de Consumo Intermediário, ***f*** é a matriz de Demanda Final e ***X*** é a matriz de Produto Final. Definindo então $\hat{X}=diag\left(X\right)$é possível encontrar a matriz de coeficientes técnicos ***A***:

|  |  |
| --- | --- |
| $$A=Z(\hat{X})$$ | (2) |

Cada elemento de ***A*** é definido de forma geral como $a\_{ij}={x\_{ij}}/{x\_{j}}$, correspondendo à proporção de insumos do setor *i* que o setor *j* necessita para produção de $ 1 de produto.

 Resolvendo o problema,

|  |  |
| --- | --- |
| $$AX+f=X$$ | (3) |

o que por manipulação algébrica, redunda em:

|  |  |
| --- | --- |
| $$X=Bf$$ | (4) |

onde, ***B*** é a matriz inversa de Leontief dada por $B=(I-A)^{-1}$. Os elementos *bij*da matriz ***B***podem ser entendidos como os requerimentos diretos e indiretos da indústria*j* para suprir um aumento unitário da produção de *i*.

Uma limitação desta abordagem é o fato de que variações tecnológicas são exógenas ao sistema econômico, já que a tecnologia está representada pelos coeficientes técnicos da matriz de insumo-produto. Entretanto, a análise realizada neste trabalho, além de ser para apenas um período de tempo, ela se foca na estrutura de produção e nos fluxos de insumos entre os diferentes setores da economia sendo esta metodologia, portanto, apropriada para tal análise.

Em termos de atividade inovadora, define-se que os gastos de P&D contidos na indústria *j*são compostos pelos gastos diretos em P&D e pelo P&D incorporado nos insumos domésticos adquiridos, bens e serviços de investimento domésticos, insumos intermediários importados e bens e serviços de investimentos importados. Pode-se, então, definir intensidade direta de P&D como:

|  |  |
| --- | --- |
| $$r\_{i}=\frac{R\_{i}}{X\_{i}}$$ | (5) |

Onde *Ri* é gasto em P&D no setor *i* e *Xi* é o produto bruto do setor *i*.

Sendo a matriz $r=[r\_{i}]$**,** e definindo $\hat{r}=diag(r)$, é possível então encontrar a matriz ***T*** de P&D doméstico incorporado total por unidade da demanda final

|  |  |
| --- | --- |
| $$T=\hat{r}B=[t\_{ij}]$$ | (6) |

A matriz ***T***, porém, contém um problema de dupla contagem, o que pode gerar problemas. A dupla contagem surge porque $t\_{ij}$ inclui tanto as ligações para trás que *j* requer para determinação da intensidade de P&D industrial incorporado, assim como as ligações interindustriais para frente da indústria *j*, antes de chegar nas categorias exógenas de demanda final de *j* (Hauknes e Knell, 2009). Baseando-se então em Miller e Blair (2009) e Papaconstantinou*et al.* (1998), remove-se o problema da dupla contagem utilizando o multiplicador baseado no produto-por-produto[[4]](#footnote-5), o que leva a:

|  |  |
| --- | --- |
| $$Tx=\hat{r}B^{\*}=[tx\_{ij}]$$ | (7) |

 Onde, $B^{\*}=B(\hat{B})^{-1}$, sendo que $\hat{B}=diag(B)$.

***Tx***irá medir, então, o P&D total incorporado, ou a intensidade tecnológica da indústria *j,* relativa ao produto total desta indústria. Hauknes e Knell (2009) destacam o fato de que, enquanto ***T***mede a intensidade tecnológica por unidade da demanda final, ***Tx*** mede a intensidade tecnológica por unidade do produto total.

Adotando então ***Tx***, é possível escrever o P&D próprio como:

|  |  |
| --- | --- |
| $r\_{j}^{d}=tx\_{ij} $se *i=j*. | (8) |

O P&D incorporado nos insumos domésticos é, então, igual a:

|  |  |
| --- | --- |
| $$t\_{j}^{d}=\sum\_{i=1, i\ne j}^{N}\left(r\_{i}^{b\_{ij}}/\_{b\_{jj}}\right)$$ | (9) |

a partir do qual é possível definir, $s^{d}$ – intensidade do P&D doméstico total contido (em *j*) – como a soma de $r\_{j}^{d}$e $t\_{j}^{d}$:

|  |  |
| --- | --- |
| $$s\_{j}^{d}=r\_{j}^{d}+t\_{j}^{d}=\sum\_{i=1}^{N}\left(r\_{i}^{d}^{b\_{ij}}/\_{b\_{jj}}\right)$$ | (10) |

Hauknes e Knell (2009) apontam que a fórmula acima apresenta um viés “para baixo” que aumenta com a agregação. Ainda são necessários os outros canais de fluxos de P&D incorporados, que foram definidos acima. Assim, uma maneira simples de considerar comércio internacional é[[5]](#footnote-6):

|  |  |
| --- | --- |
| $$s\_{j}^{x}=r\_{j}^{d}+t\_{j}^{d}+t\_{j}^{m}=\sum\_{i=1}^{N}\left(r\_{i}^{d}\frac{b\_{ij}}{b\_{jj}}+R\_{i}^{F}m\_{ij}\right)$$ | (11) |

onde, $t\_{j}^{m}$ é o gasto de P&D incorporado em insumos importados, $R\_{i}^{F}$é a fronteira tecnológica, definida como a média de intensidade de P&D entre os Estados Unidos e a Europa-15[[6]](#footnote-7), e $m\_{ij}$ são os elementos da matriz ***M*** de coeficientes importados de todos os setores estrangeiros *i* para o setor doméstico *j*.

Tomando o vetor de formação bruta de capital fixo da demanda final $(Y\_{i}^{I})$ e dividindo pelo produto total do setor $(X\_{j}^{})$, tem-se o vetor $I\_{ij}^{d}$. Assim, o P&D incorporado nas compras de bens de capital domésticos é:

|  |  |
| --- | --- |
| $$t\_{j}^{dc}=\sum\_{i=1}^{N}r\_{i}\left(\sum\_{k=1}^{}b\_{ik}I\_{ik}^{d}\right)$$ | (12) |

Enquanto o P&D incorporado nas compras de bens de capital estrangeiros é:

|  |  |
| --- | --- |
| $$t\_{j}^{mc}=\sum\_{i=1}^{N}R\_{i}^{F}I\_{ij}^{m}$$ | (13) |

onde *Im*, é vetor de investimentos por unidade total do produto do setor *j*.

Por fim, então, a intensidade tecnológica total incorporada pela indústria *j* é:

|  |  |
| --- | --- |
| $$s\_{j}^{x}=r\_{j}^{d}+t\_{j}^{d}+t\_{j}^{m}+t\_{j}^{dc}+t\_{j}^{mc}$$ | (14) |

* 1. **Ligações do produtor e usuário**

A subseção acima tratou apenas na parte doméstica da matriz de Insumo-Produto e focou na análise de setores específicos, não sendo, portanto adequados para descreverem ligações intersetoriais. A equação que mede $s^{d}$ (intensidade do P&D doméstico total) capta as ligações para trás focando apenas um setor, no sentido do índice de Hirschman (1958).

Além da questão do foco em apenas um único setor, a equação de $s^{d}$ superestima as ligações entre pares de indústrias *i* e *j*. A dupla contagem implica a necessidade de retirar o caminho de primeiro tipo (setor *i* → setor *i*) para então ser capaz de capturar a interligação total entre *i* e *j*.[[7]](#footnote-8) Seja então a matriz de insumo-produto total ***Zt***, agora considerando também as importações. ***At*** será considerada a matriz de coeficientes técnicos e ***Bt*** é a inversa de Leontief, definida como $B^{t}=(I-A^{t})^{-1}=\left[b\_{ij}^{t}\right]$. A matriz ***L*** de elementos *lij* irá medir a amplitude da ligação agregada entre as indústrias *i* e *j*, tal que:

|  |  |
| --- | --- |
| $$l\_{ij}=\frac{b\_{ij}^{t}}{b\_{ii}^{t}b\_{jj}^{t}-b\_{ij}^{t}b\_{ji}^{t}}$$ | (15) |

É importante destacar que nesta parte se usa a matriz ***Bt***, não fazendo a transformação para a matriz ***B\*****,* pois, como apontado por Hauknes e Knell (2009), apesar de fazer sentido matemático, a matriz ***B\**** não apresenta nenhum sentido econômico. Assim,as ligações para trás ou do produtor serão calculadas utilizando a matriz fechada (***Bt***). Porém, seguindo Jones (1976), Hauknes e Knell (2009) utilizam a matriz doméstica (***B***) para calcular as ligações para frente ou de usuário, pois, dessa forma, apenas a produção nacional é considerada.

É possível definir as ligações do produtor, ou para frente, *p*, como:

|  |  |
| --- | --- |
| $$p=^{l\_{ij}X\_{j}}/\_{X\_{j}}$$ | (16) |

As ligações do usuário, ou para trás, *u,* são:

|  |  |
| --- | --- |
| $$u=^{l\_{ij}X\_{j}}/\_{X\_{i}}$$ | (17) |

 Por fim, os fluxos de tecnologia dimensionados pelo gasto total em P&D são:

|  |  |
| --- | --- |
| $$f=^{r\_{i}l\_{ij}X\_{j}}/\_{r\_{j}X\_{j}}$$ | (18) |

Utilizando os índices de ligação, é possível definir $d\_{ij}=\left(p\_{ij}+u\_{ij}\right)-\left(p\_{ji}+u\_{ji}\right)$, como os impactos líquidos. Assim, existem quatros fluxos possíveis para cada par de grupos: i) ligação de usuário *i→j*; ii) ligação de produtor *i→j*; iii) ligação de usuário *j→i*; e iv) ligação de produtor *j→i*. Com essa análise, alguns padrões podem ser definidos para cada país e entre os países.

* 1. **Base de dados**

Para realizar o trabalho proposto, foram utilizados dois tipos de informações, a saber: a) as matrizes de insumo-produto disponibilizadas pela OCDE, com 48 setores[[8]](#footnote-9) para Brasil, Rússia, China e África do Sul; e b) dados de P&D disponibilizados também pela OCDE através da ANBERD*[[9]](#footnote-10)*. Por questão de disponibilidade de ambos os tipos de dados, decidiu-se por utilizar o ano de 2005 para Brasil e África do Sul e 2000 para China e Índia. Apesar de haver disponibilidade de dados de insumo-produto para Índia, a falta de dados relativos a gastos setoriais de P&D, que fossem comparáveis aos da ANBERD, impossibilitou a inclusão desse país na análise.

Para o Brasil, diferentemente, por não possuir informações na ANBERD, foram utilizados os dados de P&D da PINTEC, pesquisa realizada trienalmente pelo IBGE. Ressalta-se que a PINTEC segue o mesmo critério da ANBERD, o que faz com que as bases possam ser utilizadas concomitantemente.

É importante ressaltar que, para África do Sul e Rússia, os dados da indústria farmacêutica estavam agregados com o da indústria química e, para não haver perda de informações, foi assumido que esses países têm uma estrutura produtiva similar à brasileira, ou seja, a mesma tecnologia de produção captada pelos coeficientes técnicos (matriz A). Para alguns setores, não foi possível fazer uma desagregação, podendo, então, em alguns casos, haver sub ou superestimação dos resultados. Para a construção da fronteira tecnológica, o mesmo problema foi encontrado com esses países, sendo então adotada a estrutura britânica para os demais países que compõem a fronteira tecnológica.[[10]](#footnote-11)

Seguindo Hauknes e Knell (2009), esses setores foram reduzidos a oito grupos, que representam uma nova classificação baseada na taxonomia de Pavitt (1984). Esta taxonomia classifica as indústrias em quatro grupos: i) baseado em ciência – que são aquelas que dependem muito da atividade de P&D e do aprendizado tecnológico; ii) fornecedores especializados – são aquelas que requerem capacidades específicas e assim adaptar seus produtos para as necessidades dos consumidores; iii) intensivo em escala – dependem fortemente da redução de custos e melhorias do produto, via engenharias; e iv) dominados pelo fornecedor – que são aquelas firmas que fazem apenas melhorias incrementais e adaptações de novas tecnologias dos fornecedores à montante.

Assim, a classificação proposta por Hauknes e Knell (2009) amplia de quatro para oito os grupos setoriais de Pavitt (1984) - Figura 1. Primeiro, os autores decompõem o grupo “dominado pelos fornecedores” em dois: energéticos e tradicionais; segundo, o grupo de materiais é classificado separadamente. Terceiro, eles identificam dois tipos de serviços, os serviços de negócios intensivos em conhecimento (KIBS) e os demais. Assim tem-se: i) Energéticos, ii) Tradicionais, iii) Materiais, iv) Intensivos em escala, v) Fornecedores especializados, vi) Baseados em ciência, vii) Serviços e viii) KIBS.

Figura 1 – Principais ligações entre grupos industriais



Fonte: Baseado em Hauknes e Knell (2009)

1. **Resultados**

Seguindo a metodologia descrita na seção 3.1 foi possível decompor a intensidade tecnológica total em cinco partes como descrito na equação 14. O resultado é mostrado no gráfico 1 abaixo, que apresenta a intensidade tecnológica total decomposta para cada país e ainda apresenta o multiplicador tecnológico, que pode ser definido como a razão entre a intensidade tecnológica total e a intensidade em P&D, isto é:

|  |  |
| --- | --- |
| $$MTec=^{\sum\_{j}^{}s\_{j}^{x}}/\_{\sum\_{j}^{}r\_{j}}$$ | (19) |

Em termos de interpretação, deve-se ter em mente que se o multiplicador de tecnologia é igual um, a indústria é puramente produtora de tecnologia, e se tende para o infinito a indústria será uma usuária pura de tecnologia. Em relação à sua magnitude, os multiplicadores tecnológicos podem ser interpretados da seguinte forma: países produtores de conhecimento possuem um baixo multiplicador, enquanto países usuários de conhecimento possuem um alto multiplicador.

Como é possível notar, a Rússia apresenta o menor valor absoluto para o multiplicador. Por esse critério, a China seria o país mais usuário de conhecimento tecnológico externo. Em geral, os valores absolutos dos multiplicadores são maiores que aqueles apresentados por Hauknes e Knell (2009) para os países da OECD (ver anexo III), apresentando coerência em relação ao papel de cada bloco de países no que tange à proximidade da fronteira tecnológica. Um caso que é interessante é o da China, que apesar de investir muito em P&D ainda é mais usuário que produtor de conhecimento, inclusive tendo o maior multiplicador entre os países do BRICS.

Como é possível notar, o P&D próprio representa mais de 40% da intensidade tecnológica total, exceto para o caso chinês. O P&D em bens de capital importados representa 21% do componente de intensidade tecnológica para o Brasil, 17% para África do Sul e China e apenas 5% para Rússia. Tomando a participação percentual dos componentes domésticos, essa se mostra importante, sendo maior que 60% para todos os países. Para Brasil e China, que possuem os maiores multiplicadores, essa proporção é a menor, 64% em ambos, e para Rússia, que possui a maior proporção (83%), o seu multiplicador é o menor.

|  |
| --- |
| Gráfico 1 - Componentes do multiplicador tecnológico no BRICS\* |
|  |
| \* Para Brasil e África do Sul os dados são de 2005 e para China e Rússia são de 2000.Fonte: Elaboração própria a partir de dados da OECD, ANBERD e PINTEC. |

Ao se comparar a composição dos multiplicadores tecnológicos desses países acima com os países desenvolvidos, derivados do trabalho de Hauknes e Knell (2009), nota-se que, em ambos os casos, o P&D próprio é o mais importante componente do multiplicador. Por outro lado, o traço de dependência tecnológica emerge quando se verifica que, em média, a participação do P&D incorporado em bens de capital importados é bem menor no caso dos países desenvolvidos *vis-à-vis* a participação média desse componente nos países do BRICS.

A tabela 1 desagrega as informações contidas no gráfico 1 por setores. Os seus resultados também são derivados da equação 19, exceto pelo uso dos somatórios. A tabela confirma a análise do gráfico acima, evidenciando que o P&D próprio é o componente mais importante na maioria dos setores, exceto naqueles casos em que o multiplicador assume magnitude elevada, o que revela a pouca expressividade do P&D próprio, como nos casos de setores Intensivos em Escala ou de Materiais da África do Sul ou setores Tradicionais e de Serviços da Rússia.

Há também um padrão similar entre os países do BRICS. Os setores Tradicionais e Serviços possuem a menor intensidade de P&D próprio em geral, sendo que KIBS, setores Baseados em Ciência e os Intensivos em Escala possuem as maiores participações de P&D próprio, embora isso varie por país. Por exemplo, em todos os casos os setores KIBS aparecem entre os que mais se destacam em termos de P&D próprio. No Brasil, os setores Baseados em Ciência e Intensivos em Escala também se destacam além do KIBS. Entretanto, nos casos da Rússia e China, os mais importantes nesse ranking não são os KIBS, mas sim os setores Baseados em Ciência, ao passo que na África do Sul destacam-se os Fornecedores Especializados e os KIBS, nessa ordem.

Para o caso dos setores com menor intensidade tecnológica total, há o mesmo padrão dos países da OECD, apresentados por Hauknes e Knell (2009). Mas, uma diferença importante entre esses últimos e os BRICS é a grande distância relativa entre os setores que lideram em termos de P&D próprio, que são sempre os Baseados em Ciência, e os outros setores da taxonomia. Além disso, no caso dos setores Fornecedores Especializados, Intensivos em Escala e KIBS, a intensidade em P&D situava-se de forma intermediária entre os Baseados em Ciência e os Tradicionais e de Serviços.

Tabela 1 - Intensidade de P&D, P&D incorporado no produto e multiplicador tecnológico para países do BRICS\*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|   |   | P&D Próprio | P&D em insumos domésticos | P&D em insumos importados | P&D em bens de capital domésticos | P&D em bens de capital importados | Total de P&D Contido | Multiplicador |
| Tecnológico |
| Brasil | 1 – Energia | 0,003 | 0,002 | 0,001 | 0,000 | 0,000 | 0,006 | 2,032 |
| 2 – Tradicional | 0,001 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,002 | 2,123 |
| 3 – Materiais | 0,002 | 0,001 | 0,002 | 0,000 | 0,000 | 0,006 | 2,500 |
| 4 - Intensivo em Escala | 0,010 | 0,007 | 0,003 | 0,003 | 0,001 | 0,024 | 2,321 |
| 5 – Fornecedor Especializado | 0,008 | 0,001 | 0,001 | 0,003 | 0,008 | 0,021 | 2,723 |
| 6 - Baseado em Ciência | 0,011 | 0,000 | 0,010 | 0,003 | 0,018 | 0,043 | 4,043 |
| 7 – Serviços | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,001 | 4,606 |
| 8 – KIBS | 0,020 | 0,006 | 0,000 | 0,001 | 0,000 | 0,028 | 1,359 |
| Rússia | 1 – Energia | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,000 | 0,000 | 0,002 | 2,622 |
| 2 – Tradicional | 0,000 | 0,000 | 0,001 | 0,000 | 0,000 | 0,002 | 6,227 |
| 3 – Materiais | 0,001 | 0,000 | 0,002 | 0,000 | 0,000 | 0,003 | 3,460 |
| 4 - Intensivo em Escala | 0,045 | 0,009 | 0,006 | 0,001 | 0,000 | 0,061 | 1,340 |
| 5 – Fornecedor Especializado | 0,006 | 0,001 | 0,003 | 0,002 | 0,005 | 0,017 | 2,756 |
| 6 - Baseado em Ciência | 0,017 | 0,001 | 0,001 | 0,000 | 0,000 | 0,018 | 1,105 |
| 7 – Serviços | 0,000 | 0,000 | 0,001 | 0,000 | 0,000 | 0,002 | 6,749 |
| 8 – KIBS | 0,009 | 0,001 | 0,000 | 0,002 | 0,000 | 0,012 | 1,350 |
| China | 1 – Energia | 0,001 | 0,001 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,002 | 2,368 |
| 2 – Tradicional | 0,001 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,002 | 3,234 |
| 3 – Materiais | 0,002 | 0,003 | 0,001 | 0,000 | 0,000 | 0,007 | 2,931 |
| 4 - Intensivo em Escala | 0,004 | 0,003 | 0,002 | 0,001 | 0,001 | 0,011 | 2,490 |
| 5 – Fornecedor Especializado | 0,004 | 0,003 | 0,009 | 0,001 | 0,003 | 0,020 | 4,794 |
| 6 - Baseado em Ciência | 0,013 | 0,002 | 0,003 | 0,001 | 0,008 | 0,028 | 2,213 |
| 7 – Serviços | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,001 | 2,901 |
| 8 – KIBS | 0,002 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,003 | 1,251 |
| África do Sul | 1 – Energia | 0,005 | 0,002 | 0,001 | 0,000 | 0,000 | 0,008 | 1,625 |
| 2 – Tradicional | 0,002 | 0,001 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,003 | 1,945 |
| 3 – Materiais | 0,001 | 0,001 | 0,005 | 0,000 | 0,001 | 0,009 | 5,933 |
| 4 - Intensivo em Escala | 0,002 | 0,001 | 0,004 | 0,000 | 0,002 | 0,009 | 5,748 |
| 5 – Fornecedor Especializado | 0,018 | 0,002 | 0,001 | 0,003 | 0,003 | 0,027 | 1,528 |
| 6 - Baseado em Ciência | 0,011 | 0,001 | 0,003 | 0,001 | 0,013 | 0,029 | 2,682 |
| 7 – Serviços | 0,001 | 0,002 | 0,001 | 0,000 | 0,000 | 0,003 | 4,016 |
| 8 – KIBS | 0,017 | 0,006 | 0,000 | 0,001 | 0,000 | 0,024 | 1,428 |

\* Para Brasil e África do Sul os dados são de 2005 e para China e Rússia são de 2000.

Fonte: Elaboração própria a partir de dados da OECD, ANBERD e PINTEC.

De forma geral, essas diferenças entre os BRICS e os países desenvolvidos demonstram a fragilidade daqueles no que tange à presença de setores Baseados em Ciência em suas estruturas industriais. Quando presentes na estrutura industrial dos BRICS, os setores Baseados em Ciência possuem pouca autonomia para realização de P&D próprio. Em alguns casos, como no brasileiro e sul-africano, o P&D incorporado em bens de capital importados é superior ao esforço setorial interno de P&D (comparação da quinta coluna com a primeira, da tabela 1).

A conclusão acima se reforça ao se observar o valor absoluto dos multiplicadores. Setores como os Baseados em Ciênciapossuem multiplicadores maiores que os de Energia, Tradicionais e Materiais, o que não ocorre em países desenvolvidos. Entre os BRICS, a Rússia é a que mais se aproxima de uma estrutura dos países mais desenvolvidos.

Após analisar a intensidade própria de P&D e a dependência externa de P&D de cada grupo setorial por países, é preciso analisar os fluxos intersetoriais. Dessa forma, as tabelas de 2 a 5 apresentam os impactos líquidos $d\_{ij}$,definidos na seção 3.2.

 Os impactoslíquidos intersetoriais permitem traçar padrões dos grupos entre os países analisados. Dada a estrutura de $d\_{ij}$, ele pode variar entre -∞ e ∞, de tal forma que,quanto mais próximo de -∞, mais o setor tem uma relação *downstream* (de comprador ou para trás)com osoutros setores, enquanto que, quanto mais próximo de ∞ mais *upstream* é a relação com os outros setores (de produtor ou para frente). Por outro lado, quanto mais próximo de 0, mais intermediária é a relação entre o grupo de setores. Deve-se destacar que a leitura e interpretação das tabelas 2 a 5 devem ser feitas tomando-se como referência suas linhas, sendo que a análise feita na linha para cada grupo pode ser invertida. Uma relação *upstream* com outros setores significa que o setor é mais importante como fornecedor e vice-versa.

 O grupo 1 – Energético – possui uma relação *upstream* como todos os demais grupos, exceto KIBS, para todos os países, menos a China. Em geral, Rússia e África do Sul apresentam valores mais intermediários para os setores de energia, em relação a Brasil e China.

 O grupo 2 – Tradicional – apresenta uma relação *downstream* com todos grupos em todos os países, excetuando-se KIBS na Rússia. Outro fato que deve ser destacado é que os valores do grupo 2 são, em geral, maiores, demonstrando que o grupo 2 está na ponta da cadeia produtiva em todos os países.

Tabela 2 –Fluxos líquidos entre setores do Brasil

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|   | 2 – Tradicional | 3 – Materiais | 4 - Intensivo em escala | 5 - Fornecedor especializado | 6 - Baseado em Ciência | 7 - Serviços | 8 - KIBS |
| 1 – Energia | 0,133 | 0,139 | 0,119 | 0,025 | 0,052 | 0,137 | -0,096 |
| 2 – Tradicional |  | -0,271 | -0,215 | -0,082 | -0,019 | -0,056 | -0,085 |
| 3 – Materiais |  |  | 0,096 | 0,208 | 0,073 | -0,070 | -0,040 |
| 4 - Intensivo em Escala |  |  |  | 0,073 | 0,066 | -0,122 | -0,086 |
| 5 – Fornecedor Especializado |  |  |  |  | 0,079 | -0,092 | -0,043 |
| 6 - Baseado em Ciência |  |  |  |  |  | -0,032 | -0,071 |
| 7 – Serviços |   |   |   |   |   |   | -0,411 |

Fonte: Resultado da Pesquisa

O grupo 3 – Materiais – apresenta para todos os países relações *upstream* com os grupos 4, 5 e 6 e uma relação *downstream* com os grupos 7 e 8. Cabe mais uma vez ressaltar que a análise feita na linha para cada grupo pode ser invertida, ou seja, se Energia (grupo 1) possui uma relação *upstream* com o grupo 3, este por sua vez apresentará uma relação *downstream* com aquele, sendo assim, como já foi apresentada uma análise, as demais se tornam redundantes.

Tabela 3 – Fluxos líquidos entre setores da Rússia

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|   | 2 – Tradicional | 3 – Materiais | 4 - Intensivo em escala | 5 - Fornecedor especializado | 6 - Baseado em Ciência | 7 - Serviços | 8 - KIBS |
| 1 – Energia | 0,093 | 0,111 | 0,073 | 0,056 | 0,080 | 0,040 | -0,096 |
| 2 – Tradicional |  | -0,172 | -0,113 | -0,091 | -0,062 | -0,002 | 0,009 |
| 3 – Materiais |  |  | 0,002 | 0,160 | 0,014 | -0,060 | -0,010 |
| 4 - Intensivo em Escala |  |  |  | 0,059 | 0,048 | 0,096 | 0,024 |
| 5 – Fornecedor Especializado |  |  |  |  | -0,029 | 0,056 | -0,029 |
| 6 - Baseado em Ciência |  |  |  |  |  | 0,033 | 0,006 |
| 7 – Serviços |   |   |   |   |   |   | -0,248 |

Fonte: Resultado da Pesquisa

O grupo Intensivo em Escala – 4 – apresenta para o Brasil relação *upstream* com os outros grupos de setores, enquanto, para China e Rússia há uma relação *downstream* com o grupo de setor de Serviços (7). Já na África do Sul a relação é inversa que a dos últimos dois países.

 O grupo 5– Fornecedor Especializado – não apresenta um padrão entre todos os países, mas nota-se algumas semelhanças entre os países. Para o Brasil, a relação é *upstream* com os setores 6 e *downstream* com os setores dos grupos 7 e 8. Para a Rússia, essa relação é invertida menos para o grupo 8. Para a China, a relação é semelhante à brasileira com exceção do grupo 8, enquanto para a África do Sul, a relação é igual à brasileira, exceto para o grupo 7.

Tabela 4 – Fluxos líquidos entre setores da China

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|   | 2 – Tradicional | 3 – Materiais | 4 - Intensivo em escala | 5 - Fornecedor especializado | 6 - Baseado em Ciência | 7 - Serviços | 8 - KIBS |
| 1 – Energia | 0,387 | 0,214 | 0,228 | 0,105 | 0,072 | 0,134 | 0,091 |
| 2 – Tradicional |  | -0,381 | -0,337 | -0,184 | -0,009 | -0,159 | -0,115 |
| 3 – Materiais |  |  | 0,058 | 0,311 | 0,141 | -0,046 | 0,027 |
| 4 - Intensivo em Escala |  |  |  | 0,110 | 0,085 | -0,055 | 0,044 |
| 5 – Fornecedor Especializado |  |  |  |  | 0,360 | -0,009 | 0,031 |
| 6 - Baseado em Ciência |  |  |  |  |  | 0,059 | 0,073 |
| 7 – Serviços |   |   |   |   |   |   | 0,005 |

Fonte: Resultado da Pesquisa

Tabela 5 – Fluxos líquidos entre setores da África do Sul

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|   | 2 – Tradicional | 3– Materiais | 4 - Intensivo em escala | 5 - Fornecedor especializado | 6 - Baseado em Ciência | 7 - Serviços | 8 - KIBS |
| 1 – Energia | 0,140 | 0,053 | 0,065 | 0,007 | 0,012 | 0,079 | -0,030 |
| 2 – Tradicional |  | -0,187 | -0,135 | -0,221 | -0,088 | -0,098 | -0,205 |
| 3 – Materiais |  |  | 0,120 | 0,093 | 0,028 | -0,073 | -0,092 |
| 4 - Intensivo em Escala |  |  |  | -0,084 | -0,022 | 0,069 | -0,042 |
| 5 – Fornecedor Especializado |  |  |  |  | 0,038 | 0,024 | -0,028 |
| 6 - Baseado em Ciência |  |  |  |  |  | 0,117 | 0,015 |
| 7 – Serviços |   |   |   |   |   |   | -0,204 |

Fonte: Resultado da Pesquisa

O grupo 6 – Baseado em Ciência – merece destaque pois o caso brasileiro é o único em que a relação é *downstream* para os demais grupos, enquanto para os outros países a relação é *upstream*. Isso significa que esses setores intensivos em P&D são mais importantes como fornecedores, como é esperado, apenas na Rússia, China e África do Sul e não para o Brasil.

Por fim, analisando-se o grupo 7 – Serviços – a relação com o grupo 8 (KIBS) é *downstream* e com alto valor, para todos os países, menos para China que possui uma relação *upstream* e intermediária.

Analisados os componentes da intensidade tecnológica de cada país e os fluxos intersetoriais, torna-se importante incorporar a análise de fluxos de conhecimentos tecnológicos, que está definida na equação 18 de acordo com a seção 3.2. Seguindo a sugestão de Hauknes e Knell (2009), será feita a proporção deste fluxo em relação ao P&D próprio, e será seguida a mesma ideia de $d\_{ij}$, isto é:

|  |  |
| --- | --- |
| $$f\_{ij}= \frac{f\_{ij}}{r\_{j}}- \frac{f\_{ji}}{r\_{i}}$$ | (20) |

 Os resultados da equação 20 serão apresentados no Anexo IV, de tal forma que, baseado neste, a tabela 6 é construída sendo adotado o seguinte critério: para valores positivos, assume-se que há transferência tecnológica de *i* para *j*, sendo o inverso verdadeiro.

 A tabela 6 então permite evidenciar os fluxos intersetoriais de conhecimento, sendo que alguns padrões emergem para os países, como o fluxo de Energia para Tradicionais, e do KIBS para todos os demais setores para o Brasil e África do Sul. O grupo KIBS constitui a parcela dos serviços que é intensivo em conhecimento científico e tecnológico, como atividades de informática, serviço de P&D e outros serviços empresariais. Nesse sentido, há, em geral, um fluxo desse setor para os demais.Nos casos da China e Rússia, há um fluxo de Intensivo em Escala e Baseados em Ciência para o KIBS. Isso deve estar relacionado ao peso dos setores como eletrônica e química nesses dois países, o que faz o fluxo de conhecimento tecnológico se inverter, em relação ao Brasil e à África do Sul. No caso da relação entre Baseados em Ciência e KIBS, a direção constatada (daquele para este) para China e Rússia são as mesmas dos países desenvolvidos (França, Alemanha, Noruega, Suécia), conforme resultados de Hauknes e Knell (2009).

Tabela 6 – Fluxos de conhecimento tecnológico nos BRICS

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|   |   | 1 – Energia | 2 - Tradicional | 3 - Materiais | 4 - Intensivo em Escala | 5 - Fornecedor Especializado | 6 - Baseado em Ciência | 7 - Serviços |
| Brasil | 2 – Tradicional | ← |   |   |   |   |   |   |
| 3 – Materiais | ← | → |  |  |  |  |  |
| 4 - Intensivo em Escala | → | → | → |  |  |  |  |
| 5 - Fornecedor Especializado | → | → | → | ← |  |  |  |
| 6 - Baseado em Ciência | → | → | → | ← | ← |  |  |
| 7 – Serviços | ← | ← | ← | ← | ← | ← |  |
| 8 – KIBS | → | → | → | → | → | → | → |
| Rússia | 2 – Tradicional | ← |   |   |   |   |   |   |
| 3 – Materiais | ← | → |  |  |  |  |  |
| 4 - Intensivo em Escala | → | → | → |  |  |  |  |
| 5 - Fornecedor Especializado | → | → | → | ← |  |  |  |
| 6 - Baseado em Ciência | → | → | → | ← | → |  |  |
| 7 – Serviços | ← | ← | ← | ← | ← | ← |  |
| 8 – KIBS | → | → | → | ← | → | ← | → |
| China | 2 – Tradicional | ← |   |   |   |   |   |   |
| 3 – Materiais | → | → |  |  |  |  |  |
| 4 - Intensivo em Escala | → | → | → |  |  |  |  |
| 5 - Fornecedor Especializado | → | → | → | ← |  |  |  |
| 6 - Baseado em Ciência | → | → | → | → | ← |  |  |
| 7 – Serviços | ← | ← | ← | ← | ← | ← |  |
| 8 – KIBS | → | → | → | ← | ← | ← | → |
| África do Sul | 2 – Tradicional | ← |  |  |  |  |  |  |
| 3 – Materiais | ← | → |  |  |  |  |  |
| 4 - Intensivo em Escala | ← | → | → |  |  |  |  |
| 5 - Fornecedor Especializado | → | → | → | → |  |  |  |
| 6 - Baseado em Ciência | → | → | → | → | ← |  |  |
| 7 – Serviços | ← | ← | ← | ← | ← | ← |  |
| 8 – KIBS | → | → | → | → | → | → | → |

Fonte: Resultado da pesquisa.

 Com base em dados da Redesist (2011), os setores intensivos em tecnologia e ciência apresentam menos de 2% do PIB no Brasil. Apesar disso, o fluxo de setores intensivos em P&D, como Baseados em Ciência e KIBS, ocorre na direção desses setores para os demais, com exceção de Intensivos em Escala e Fornecedor Especializado. Um padrão semelhante é notado na China e Rússia, os quais, como mostrado anteriormente, são importantes fabricantes desses bens e, de alguma forma, desenvolvedores de tecnologias/softwares. Isso mostra que, apesar de haver diferenças em tamanho, a direção do fluxo pouco varia.

 Para todos os países, o grupo Fornecedor Especializado apresenta fluxos em direção aos setores mais básicos (Energia, Tradicionais e Materiais). Segundo Pavitt (1984), essas firmas se relacionam com firmas usuárias de grande porte, propiciando a elas conhecimento especializado e experiência acumulada de sua capacitação em desenho e desenvolvimento de equipamentos especializados. Um exemplo seria o setor de maquinaria e instrumentos que direciona seus esforços tecnológicos para melhoria de performance de seus equipamentos, atendendo, muitas vezes, necessidades específicas de clientes dispersos por vários setores da economia.

 O grupo Serviços, por sua vez, apresenta, em relação a todos os setores, um fluxo receptor de tecnologia, como esperado, visto que o setor não é produtor de tecnologia. Dentro da taxonomia de Pavitt (1984), grande parte dos serviços constituem os setores "dominados pelos fornecedores" cujas características também se reproduzem em economias dependentes tecnologicamente. Entre estas podem ser citadas: pequenos gastos em P&D, fraca capacitação interna de P&D, a direção da trajetória tecnológica se baseia no corte de custos e a maioria das inovações vem de fornecedores de equipamentos e materiais. Em geral, as inovações são de caráter incremental apenas.

 O grupo de intensivos em escala, por dependerem pesadamente de capacitações relacionadas ao sistema produtivo e à engenharia, é composto por grandes firmas que procuram cortar custos e melhorar a qualidade de seus produtos, como nos casos de siderurgia e setores de bens de consumo duráveis e de montagem de veículos, conforme Pavitt (1984). Nos casos de EUA, Suécia, França e Alemanha há fluxos no sentido de Baseados em Ciência para Intensivos em Escala (Hauknes e Knell, 2009). Nos países do BRICS, esse sentido somente é observado nos casos da China e África do Sul. Para Brasil e Rússia, a direção é oposta, talvez devido ao peso dos setores supracitados na estrutura industrial e tecnológica desses países.

1. **Considerações Finais**

Devido à crescente importância relativa dos BRICS, até mesmo quando o tema se refere à produção e à disseminação de tecnologia, e motivado pela pouca literatura comparativa entre os SNI's desses países, este trabalho buscou contribuir de forma empírica para essa discussão. Nesse sentido, compararam-se diferentes indicadores, como os multiplicadores tecnológicos, os fluxos setoriaisbaseados na classificação de Pavitt (1984) e estendido por Hauknes e Knell (2009), e os fluxos de conhecimentos tecnológicos. Para tal, foi utilizada a estrutura de insumo-produto para Brasil, Rússia, China e África do Sul.

Os principais resultados apontam, em geral, para algumas similaridades entre os países dos BRICS. Quanto aos multiplicadores, notam-se valores absolutos mais elevados, o que indica que são usuários de tecnologia e não produtores, sendo a Rússia exceção, que apresenta um multiplicador tecnológico próximo ao de países desenvolvidos. No que se refere à composição da intensidade tecnológica, nota-se que o P&D próprio é o componente mais importante em geral, e para os países dos BRICS analisados, menos a Rússia, os componentes importados, principalmente de bens de capital, demonstram grande participação neste indicador.

Os fluxos líquidos intersetoriais permitiram classificar a relação entre os setores como usuários ou produtores na cadeia produtiva. Alguns dos principais resultados são, por exemplo, a relação *upstream*de Energia com os demais setores, menos para o KIBS, nos países analisados, com exceção da Rússia. O grupo de Materiais por sua vez tem uma relação *downstream* com os demais setores, com exceção do KIBS na Rússia. O grupo de setores Intensivo em Escala no Brasil possui uma relação *upstream* com os outros grupos e não há um padrão visível no que concerne ao grupo de Fornecedores Especializados. Outros resultados que valem mencionar são referentes aos grupos Baseados em Ciência e Serviços, de forma que no primeiro a relação com os outros setores é *upstream* em todos os países (exceto Brasil), e no último, a relação é *downstream* em todos os países, menos na China.

Por fim, foi realizada a análise de fluxos de conhecimento tecnológico entre os setores de países do BRICS. Da mesma maneira, os países em geral apresentaram para cada grupo de setores características comuns, como o grupo de setores de Energia, que possui fluxo de conhecimento tecnológico em direção aos setores Tradicionais. Fornecedores Especializados apresentam seus fluxos para setores como Energia, Tradicionais e Materiais, que não possuem um esforço inovativo tão acentuado. O grupo KIBS, por sua vez, para Brasil e África do Sul, apresentam fluxos para todos os demais setores, sendo responsáveis pela disseminação de tecnologias e conhecimentos. No caso chinês, KIBS são receptores com relação a Intensivo em Escala, Fornecedores Especializados e Baseados em Ciência e no caso russo, o mesmo ocorre com relação Intensivo em Escala e Baseados em Ciência.

**Referências bibliográficas**

ALBUQUERQUE, E.M. **Immature systems of innovation**: introductory notes about a comparison between South Africa, India, Mexico and Brazil based on science and technology statistics. Belo Horizonte: CEDEPLAR/UFMG, 2003 (Texto para Discussão; 221).

ANBERD - Analytical Business Enterprise Research and Development. Disponível em: <http:// www.OCDE.org/sti/anberd>. Acesso em fevereiro de 2011.

BRESCHI, S.; LISSONI, F. Knowledge Spillover and Local Innovation Systems: A Critical Survey.**Industrial and Corporate Change,** v. 10, n.4, 2001.

CASSIOLATO, J. E., VITORINO, V.**BRICS and Development Alternatives**: Innovation Systems and Policies. London: Anthem Press, 2011.

CASSIOLATO, J. E., LASTRES, H. M. M. Science, technology and Innovation Policies in the BRICS Countries: an introduction. In: CASSIOLATO, J. E., VITORINO, V.**BRICS and Development Alternatives**: Innovation Systems and Policies. London: Anthem Press, 2011.

FREEMAN, C. Japan: a new national system ofinnovation? In: DOSI, G.; FREEMAN, C.; NELSON, R.;SILVERBERG, G.; SOETE, L. (eds). **Technical change and economic theory**. London: Pinter, 1988

GRILICHES, Z. Issues in Assessing the Contribution of P&D to Productivity Growth. **Bell Journal of Economics**, v. 10, p. 92-116, 1979.

HAUKNES, J., KNELL, M. Embodied knowledge and sectoral linkages: An input–outputapproach to the interaction of high- and low-tech industries. **Research Policy**, v. 38, p. 459-469,2009.

HIRSCHMAN, A. D. **The Strategy of Economic Development**.New Haven, Conn.:Yale University Press. 1958.

LUNDVALL, B.A. Innovation as an interactive process: from user-producerinteraction to the national system of innovation. In: DOSI,G.; FREEMAN, C.; NELSON, R.; SILVERBERG, G.; SOETE, L.(eds). **Technical change and economic theory**. London: Pinter, 1988.

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_. The BRICS Countries and Europe. In: CASSIOLATO, J. E., VITORINO, V.**BRICSand Development Alternatives**: Innovation Systems and Policies. London: Anthem Press, 2011.

MILLER, R. E; BLAIR, P. D. **Input-Output Analysis**: Foundations and Extensions.2nd Edition.New York: Cambridge University Press, 2009.

MOHEN, P. Introduction: Input-Output Analysis and Interindustry R&D Spillovers.**Economic Systems Research**, v. 9, n. 1, p. 3-8, 1997.

MOWERY, D. C, ROSENBERG, N. The U.S. national innovation system. In: NELSON, R. (Ed.) **National innovation systems: a comparative analyses**. New York/Oxford: Oxford University Press,1993. (Cap. 2)

NELSON, R. Institutions supporting technical change in the United States. In: DOSI, G.; FREEMAN, C.; NELSON, R.;SILVERBERG, G.; SOETE, L. (eds). **Technical change and economic theory**. London: Pinter, 1988

OCDE – Organisation for Economic Co-operation and Development.**COMPENDIUM OF PATENT STATISTICS 2008**. Disponível em: <http://www.OCDE.org>

PAPACONSTANTINOU, G., SAKURAI, N., WYCKOFF, A. Domestic and international product-embodied R&D diffusion.**Research Policy**, v. 27, p. 301-314, 1998.

PAVITT, K. Sectoral patterns of technological change: towards a taxonomy anda theory. **Research Policy**, v. 13, p. 343–373, 1984

PINTEC– Pesquisa Industrial de Inovação Tecnológica 2003-2005. Disponível em <http:// http://www.ibge.gov.br >.

RASMUSSEN, P.N. **Studies in Inter-sectoral relations**. North-Holland, Amsterdam, 1997.

REDESIST. **Comparative and Summary Report on BRICS National Innovation Systems.** Disponível em:<http://www.ie.ufrj.br/redesist/> . Acesso em 13 de maio de 2011.

SAKURAI, N., PAPACONSTANTINOU, G., IOANNIDIS, E. Impact of R&D andTechnology Diffusion on Productivity Growth: Empirical Evidence for 10 OCDECountries. **Economic Systems Research**, v. 9, n. 1, p. 81-109, 1997.

SCHERER, F. M. Inter-Industry Technology Flows and Productivity Growth.**Review ofEconomics and Statistics**, v. 64, p. 627-634, 1982.

VAN MEIJL, H. Measuring Intersectoral Spillovers: French Evidence. **Economic Systems Research**, v.9, n. 1, p. 25-46, 1997.

VERSPAGEN, B. Measuring Intersectoral Technology Spillovers: Estimates from theEuropean and US Patent Office Databases.**Economic Systems Research**, v. 9, n. 1, p. 47-65, 1997.

VUORI, S. Interindustry Technology Flows and Productivity in FinnishManufacturing. **Economic Systems Research**, v. 9, n. 1, p. 67-80, 1997.

WOLFF, E. Spillovers, Linkages and Technical Change.**Economic Systems Research**, v. 9, n.1, p. 9-23, 1997.

**Anexos**

Anexo I – Compatibilização Matriz Insumo-Porduto e Classificação proposta

|  |  |
| --- | --- |
| Insumo Produto OCDE | Classificação proposta |
| 1 Agriculture, hunting, forestry and fishing | 2 |
| 2 Mining and quarrying (energy) | 1 |
| 3 Mining and quarrying (non-energy) | 3 |
| 4 Food products, beverages and tobacco | 2 |
| 5 Textiles, textile products, leather and footwear | 2 |
| 6 Wood and products of wood and cork | 2 |
| 7 Pulp, paper, paper products, printing and publishing | 2 |
| 8 Coke, refined petroleum products and nuclear fuel | 1 |
| 9Chemicals excluding pharmaceuticals | 4 |
| 10 Pharmaceuticals | 6 |
| 11 Rubber& plastics products | 3 |
| 12 Other non-metallic mineral products | 3 |
| 13 Iron & steel | 3 |
| 14 Non-ferrous metals | 3 |
| 15 Fabricated metal products, except machinery & equipment | 4 |
| 16 Machinery & equipment, nec | 5 |
| 17 Office, accounting & computing machinery | 6 |
| 18 Electricalmachinery & apparatus, nec | 5 |
| 19 Radio,television& communication equipment | 6 |
| 20 Medical, precision & óptical instruments | 6 |
| 21 Motor vehicles, trailers & semi-trailers | 4 |
| 22 Building & repairing of ships & boats | 2 |
| 23 Aircraft & spacecraft | 2 |
| 24 Railroad equipment & transport equip nec. | 2 |
| 25 Manufacturing nec; recycling (include Furniture) | 2 |
| 26 Production, collection and distribution of electricity | 1 |
| 27 Manufacture of gas; distribution of gaseous fuels through mains | 1 |
| 28 Steam and hot water supply  | 1 |
| 29 Collection, purification and distribution of water | 3 |
| 30 Construction | 2 |
| 31 Wholesale & retailtrade; repairs | 7 |
| 32 Hotels & restaurants | 7 |
| 33 Land transport; transport via pipelines | 7 |
| 34 Water transport | 7 |
| 35 Air transport | 7 |
| 36 Supporting and auxiliary transport activities; activities of travel agencies | 7 |
| 37 Post & telecommunications | 7 |
| 38 Finance & insurance | 7 |
| 39 Real estate activities | 7 |
| 40 Renting of machinery & equipment | 7 |
| 41 Computer & related activities | 8 |
| 42 Research & development | 8 |
| 43 Other Business Activities | 8 |
| 44 Public admin. & defence; compulsory social security | 7 |
| 45 Education | 7 |
| 46 Health & social work | 7 |
| 47 Other community, social & personal services | 7 |
| 48 Private households with employed persons & extra-territorial organizations & bodies | 7 |

Fonte: Elaboração própria com base em Hauknes e Knell (2009).

Anexo II – Compatibilização ANBERD, PINTEC e classificação proposta.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Classificação Proposta | Setores ANBERD | Setores PINTEC |
| 1 – Energia | 23, 40 | 23 |
| 2 - Tradicional | 15-22 ,36-37,45 | 15-22, 36-37 |
| 3 – Materiais | 25-27, 41 | 25-27 |
| 4 - Intensivo em Escala | 24 (exceto 2423), 28, 34-35,  | 24(exc. 24.5), 28, 34, 35 |
| 5 - FornecedorEspecializado | 29, 31 | 29,31 |
| 6 - Baseado em Ciência | 2423, 30, 33 | 24.5, 30, 32, 33 |
| 7 – Serviços | 50-52,55,60-67,70-71,75-99 | 61 |
| 8 – KIBS | 72-74 | Atividades de informáticas e serviços relacionados; P&D. |

Fonte: Elaboração própria com base em Hauknes e Knell (2009).

Anexo III – Tabela 1 de Hauknes e Knell (2009)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|   |   | P&D Próprio | P&D em insumos domésticos | P&D em insumos importados | P&D em bens de capital domésticos | P&D em bens de capital importados | Total de P&D Contido | Multiplicador Tecnológico |
|  |  |
| France | 1 – Energia | 1,9 | 0,7 | 0,6 | 0,1 | 0,0 | 3,4 | 1,7 |
| 2 – Tradicional | 0,7 | 1,3 | 0,2 | 0,2 | 0,0 | 2,4 | 3,4 |
| 3 – Materiais | 3,7 | 1,9 | 0,8 | 0,4 | 0,0 | 6,9 | 1,8 |
| 4 - Intensivo em Escala | 9,3 | 2,8 | 2,0 | 1,4 | 0,4 | 15,8 | 1,7 |
| 5 - Fornecedor Especializado | 6,0 | 2,2 | 0,8 | 1,8 | 0,9 | 11,7 | 1,9 |
| 6 - Baseado em Ciência | 25,3 | 3,0 | 3,2 | 3,6 | 3,1 | 38,1 | 1,5 |
| 7 – Serviços | 0,1 | 0,4 | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,6 | 4,9 |
| 8 – KIBS | 0,7 | 0,5 | 0,2 | 0,2 | 0,0 | 1,6 | 2,3 |
| Germany | 1 – Energia | 0,4 | 0,7 | 0,6 | 0,4 | 0,0 | 2,1 | 5,6 |
| 2 – Tradicional | 0,4 | 1,0 | 0,3 | 0,1 | 0,0 | 1,9 | 4,4 |
| 3 – Materiais | 2,1 | 1,3 | 0,9 | 0,4 | 0,0 | 4,8 | 2,2 |
| 4 - Intensivo em Escala | 13,6 | 1,5 | 2,1 | 1,4 | 0,7 | 19,2 | 1,4 |
| 5 - Fornecedor Especializado | 5,4 | 1,0 | 1,1 | 1,4 | 0,4 | 9,2 | 1,7 |
| 6 - Baseado em Ciência | 23,1 | 1,1 | 3,8 | 4,0 | 4,8 | 36,8 | 1,6 |
| 7 – Serviços | 0,1 | 0,3 | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,5 | 5,7 |
| 8 – KIBS | 1,1 | 0,2 | 0,1 | 0,2 | 0,0 | 1,6 | 1,5 |
| Norway | 1 – Energia | 0,3 | 0,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,6 | 2,0 |
| 2 – Tradicional | 1,2 | 1,4 | 0,4 | 0,3 | 0,0 | 3,2 | 2,8 |
| 3 – Materiais | 2,4 | 1,5 | 0,9 | 0,5 | 0,0 | 5,4 | 2,3 |
| 4 - Intensivo em Escala | 4,7 | 1,8 | 1,5 | -0,2 | 4,0 | 11,9 | 2,5 |
| 5 - Fornecedor Especializado | 8,2 | 1,6 | 1,5 | 1,5 | 1,6 | 14,4 | 1,7 |
| 6 - Baseado em Ciência | 27,9 | 2,1 | 5,2 | 7,6 | 10,8 | 53,6 | 1,9 |
| 7 – Serviços | 0,3 | 0,6 | 0,2 | 0,1 | 0,0 | 1,2 | 4,4 |
| 8 – KIBS | 3,7 | 0,9 | 0,5 | 0,5 | 0,0 | 5,6 | 1,5 |
| Sweden | 1 – Energia | 0,9 | 0,6 | 0,8 | 0,2 | 0,0 | 2,6 | 2,8 |
| 2 – Tradicional | 1,0 | 1,4 | 0,5 | 0,2 | 0,0 | 3,0 | 3,2 |
| 3 – Materiais | 3,6 | 2,1 | 1,1 | 0,5 | 0,0 | 7,3 | 2,0 |
| 4 - Intensivo em Escala | 12,1 | 2,0 | 2,4 | 1,2 | 0,9 | 18,6 | 1,5 |
| 5 - Fornecedor Especializado | 9,6 | 2,1 | 1,9 | 1,2 | 1,0 | 15,9 | 1,6 |
| 6 - Baseado em Ciência | 54,1 | 3,4 | 6,5 | 2,6 | 5,4 | 72,0 | 1,3 |
| 7 – Serviços | 0,2 | 0,7 | 0,3 | 0,1 | 0,0 | 1,2 | 5,1 |
| 8 – KIBS | 3,4 | 1,2 | 0,5 | 0,8 | 0,1 | 6,0 | 1,7 |
| USA | 1 – Energia | 0,7 | 1,2 | 0,2 | 0,2 | 0,0 | 2,4 | 3,5 |
| 2 – Tradicional | 0,6 | 2,0 | 0,1 | 0,4 | 0,0 | 3,2 | 5,0 |
| 3 – Materiais | 1,8 | 2,4 | 0,3 | 1,1 | 0,0 | 5,6 | 3,1 |
| 4 - Intensivo em Escala | 10,3 | 2,9 | 1,0 | 3,1 | 0,8 | 18,2 | 1,8 |
| 5 - Fornecedor Especializado | 6,7 | 2,8 | 0,5 | 2,7 | 0,6 | 13,2 | 2,0 |
| 6 - Baseado em Ciência | 27,0 | 3,5 | 2,2 | 8,7 | 2,9 | 44,3 | 1,6 |
| 7 – Serviços | 0,5 | 0,9 | 0,1 | 0,1 | 0,0 | 1,5 | 3,1 |
| 8 – KIBS | 3,0 | 0,6 | 0,1 | 0,7 | 0,0 | 4,4 | 1,4 |

Fonte: Hauknes e Knell (2009)

Anexo IV – Intensidade tecnológica relativa ao P&D próprio.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | 1 - Energia | 2 - Tradicional | 3 – Materiais | 4 - Intensivo em escala | 5 - Fornecedor especializado | 6 - Baseado em Ciência | 7 - Serviços | 8 - KIBS |
| Brasil | 1 – Energia | 573,93 | 236,04 | 67,32 | 2,65 | 4,04 | 1,15 | 1842,68 | 0,21 |
| 2 – Tradicional | 3,18 | 1798,83 | 6,93 | 0,30 | 0,48 | 0,24 | 589,15 | 0,14 |
| 3 – Materiais | 5,54 | 243,35 | 559,25 | 2,97 | 7,57 | 1,16 | 568,40 | 0,13 |
| 4 - Intensivo em Escala | 41,83 | 1273,16 | 301,58 | 138,48 | 25,76 | 6,24 | 3383,43 | 0,57 |
| 5 - Fornecedor Especializado | 21,91 | 199,45 | 49,98 | 2,55 | 144,67 | 3,38 | 831,65 | 0,12 |
| 6 - Baseado em Ciência | 3,38 | 101,69 | 9,62 | 0,62 | 2,19 | 111,66 | 1429,44 | 0,21 |
| 7 – Serviços | 3,41 | 56,63 | 9,70 | 0,54 | 0,84 | 0,36 | 4766,48 | 0,13 |
| 8 – KIBS | 105,41 | 839,87 | 129,13 | 7,12 | 11,08 | 8,57 | 15297,27 | 51,76 |
| Rússia | 1 – Energia | 477,62 | 195,04 | 39,97 | 0,21 | 1,13 | 0,55 | 822,58 | 0,32 |
| 2 – Tradicional | 5,77 | 1683,86 | 5,36 | 0,04 | 0,22 | 0,10 | 301,49 | 0,13 |
| 3 – Materiais | 5,58 | 202,41 | 636,74 | 0,08 | 1,86 | 0,21 | 223,05 | 0,15 |
| 4 - Intensivo em Escala | 256,51 | 3774,11 | 379,87 | 116,34 | 24,21 | 31,50 | 11790,18 | 7,37 |
| 5 - Fornecedor Especializado | 64,33 | 1060,20 | 98,60 | 0,46 | 155,97 | 1,14 | 3444,41 | 2,12 |
| 6 - Baseado em Ciência | 22,32 | 326,62 | 32,91 | 1,09 | 2,09 | 97,40 | 1018,23 | 0,64 |
| 7 – Serviços | 18,45 | 112,62 | 17,21 | 0,07 | 0,52 | 0,19 | 4753,06 | 0,16 |
| 8 – KIBS | 88,84 | 234,37 | 44,70 | 0,20 | 3,32 | 0,52 | 2439,36 | 59,23 |
| China | 1 – Energia | 547,18 | 199,66 | 30,90 | 3,10 | 3,25 | 0,55 | 1227,73 | 2,42 |
| 2 – Tradicional | 6,60 | 1857,02 | 8,78 | 0,86 | 1,15 | 0,32 | 886,27 | 1,96 |
| 3 – Materiais | 72,93 | 661,94 | 647,78 | 7,76 | 16,86 | 2,28 | 2105,95 | 4,58 |
| 4 - Intensivo em Escala | 70,52 | 1027,51 | 98,62 | 143,34 | 15,64 | 2,89 | 3584,96 | 9,42 |
| 5 - Fornecedor Especializado | 102,96 | 646,18 | 55,08 | 5,39 | 167,06 | 9,42 | 4410,27 | 9,57 |
| 6 - Baseado em Ciência | 74,38 | 450,71 | 37,85 | 4,09 | 7,51 | 113,09 | 8063,02 | 24,84 |
| 7 – Serviços | 10,09 | 81,61 | 7,52 | 0,89 | 1,20 | 0,24 | 4902,17 | 1,35 |
| 8 – KIBS | 14,48 | 154,67 | 9,68 | 1,09 | 1,83 | 0,44 | 1289,45 | 54,56 |
| África do Sul | 1 – Energia | 390,53 | 156,03 | 68,12 | 18,06 | 1,87 | 1,74 | 549,31 | 0,33 |
| 2 – Tradicional | 4,31 | 1725,07 | 13,05 | 4,01 | 0,43 | 0,38 | 382,04 | 0,34 |
| 3 – Materiais | 8,76 | 108,01 | 574,22 | 11,25 | 1,97 | 0,91 | 198,23 | 0,16 |
| 4 - Intensivo em Escala | 7,81 | 78,94 | 18,22 | 130,07 | 0,96 | 0,75 | 359,55 | 0,20 |
| 5 - Fornecedor Especializado | 11,96 | 191,43 | 40,84 | 18,21 | 147,82 | 3,22 | 362,97 | 0,27 |
| 6 - Baseado em Ciência | 7,64 | 80,54 | 21,25 | 7,99 | 1,07 | 98,17 | 641,69 | 0,76 |
| 7 – Serviços | 8,31 | 120,55 | 40,10 | 8,56 | 1,02 | 0,74 | 5408,99 | 0,85 |
| 8 – KIBS | 35,87 | 639,93 | 156,63 | 29,82 | 5,09 | 3,58 | 3551,12 | 54,64 |

Fonte: Resultado da Pesquisa.

1. A ausência da Índia nesse estudo se deve à inexistência de dados de P&D comparáveis aos dados provenientes da ANBERD e PINTEC. [↑](#footnote-ref-2)
2. Para os resultados descritivos apresentados por OCDE (2008) deve-se ler BRIICS – Brasil, Rússia, Índia, Indonésia, China e África do Sul. [↑](#footnote-ref-3)
3. Baseado em Miller e Blair (2009) e Hauknes e Knell (2009) [↑](#footnote-ref-4)
4. Ver Miller e Blair (2009): *output-to-output based multiplier*. [↑](#footnote-ref-5)
5. Hauknes e Knell (2009) elaboram melhor o problema do viés, e desenvolvem diferentes fórmulas para captar o comércio internacional, sendo que aqui será apresentada aquela de fato utilizada no trabalho dos autores. [↑](#footnote-ref-6)
6. Alemanha, Áustria, Bélgica, Dinamarca, Espanha, Estados Unidos, Finlândia, França, Holanda, Irlanda, Itália, Suécia e Reino Unido. [↑](#footnote-ref-7)
7. Maiores detalhes em Hauknes e Knell (2009) [↑](#footnote-ref-8)
8. Ver Anexo I. [↑](#footnote-ref-9)
9. ANBERD é um banco de dados desenvolvido para prover analistas com dados de gastos de P&D industrial compreensíveis e internacionalmente comparáveis garantindo também uma série histórica para os mesmos (OECD). [↑](#footnote-ref-10)
10. O uso deste procedimento se justifica dada a suposição de que os países comparados estão num mesmo estágio de desenvolvimento industrial. [↑](#footnote-ref-11)