



### EVIDÊNCIAS E PADRÕES DE COOPERAÇÃO EM CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO NA AMÉRICA LATINA

#### EVIDENCE AND PATTERNS OF COOPERATION ON SCIENCE, TECHNOLOGY AND INNOVATION IN LATIN AMERICA

Israel Marcellino<sup>a</sup>; Renata R. Del-Vecchio<sup>a</sup>; Marcelo Pessoa de Matos<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Universidade Federal Fluminense (UFF) - Niterói, RJ, Brasil – Programa de Pós-Graduação em Economia

<sup>b</sup> Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) - Rio de Janeiro, RJ, Brasil – Instituto de Economia

#### Resumo

O presente trabalho visa fornecer evidências preliminares a respeito da configuração da rede de cooperação em ciência, tecnologia e inovação em países selecionados da América Latina. Tal análise foi desenvolvida a partir de informações levantadas junto aos tratados internacionais de cooperação nestas áreas. A metodologia foi ancorada no instrumental de medidas de centralidade em redes oferecido pela teoria dos grafos. No exercício de comparação das hierarquias identificadas na rede latinoamericana de cooperação em ciência, tecnologia e inovação, foi possível reconhecer certos padrões e casos notáveis. O estudo revela o papel mais ou menos central exercido por diferentes países da região, o que guarda relativa relação com seu nível de desenvolvimento. Contudo, um Sistema Nacional de Inovação que estabelece uma quantidade relativamente importante de vias institucionais para a cooperação em ciência e tecnologia não necessariamente consegue fazê-lo com vistas à inovação tecnológica. O artigo, portanto, evidencia o caráter qualitativamente distinto destas formas de cooperação, trazendo subsídios para o avanço na discussão de iniciativas institucionais e de política que visam fomentar estes processos.

**Palavras-chave:** Teoria dos Grafos, Medidas de Centralidade, Sistemas Nacionais de Inovação, Redes de Interação, Inovação.

#### Abstract

*This paper aims to provide preliminary evidence about cooperation network in science, technology and innovation, amongst selected Latin American countries. The analysis is based on information gathered from international treaties of cooperation between the countries. The methodology was anchored in the networks centrality measures, offered by the graph theory. Comparing the levels of hierarchy in the Latin American in science, technology and innovation cooperation network, it is possible to identify different patterns and notable cases. The study reveals the more or less central role played by different countries in the region, which to a certain extent, stands related to its level of development. However, a National Innovation System establishing a relatively large amount of institutional channels for cooperation in science and technology does not necessarily do so, concerning cooperation for technological innovation. The paper therefore stresses the qualitatively distinct character of these forms of cooperation, offering insights for the debate on institutional and policy initiatives aiming at promoting these processes.*

**Keywords:** Graph Theory, Centrality Measures, National Innovation Systems, Interaction Networks, Innovation.

#### INTRODUÇÃO

Uma das linhas de estudo mais promissoras na agenda de pesquisa neoschumpeteriana está no conceito de sistemas de inovação. Este conceito surge a partir dos esforços de

acadêmicos neoschumpeterianos e institucionalistas para identificar os condicionantes que conduzem a dinâmicas inovativas distintas em diferentes países, as quais influenciam as respectivas trajetórias de desenvolvimento. Estes condicionantes estão relacionados à diversidade existente entre os diferentes países dadas suas características históricas, linguísticas, culturais e sociais específicas e que influenciam diretamente a configuração da



estrutura política e institucional. Por isto, a origem do termo encontra-se intimamente relacionada, em sua aplicação analítica, à dimensão dos estados nacionais, constituindo o referencial de Sistemas Nacionais de Inovação, doravante SNIs (Freeman, 1982, 1987; Lundvall, 1985, 1992; Nelson, 1992). Conforme discutido em Cassiolato *et al.* (2012), esse referencial tem sido crescentemente aplicado à análise de trajetórias de desenvolvimento de países, regiões e localidades, dando destaque ao papel do aprendizado, da acumulação de capacitações e seus desdobramentos em termos de capacidades produtivas e inovativas.

Importantes esforços têm sido feitos no âmbito dos países latinoamericanos de adaptar este referencial conceitual à análise das realidades dos países da região (Katz, 1987; Arocena *et al.* 2003, Cassiolato *et al.*, 2003). Mas, enquanto que uma vasta literatura tem se desenvolvido sobre os sistemas de inovação em suas dimensões nacionais e subnacionais (além de setoriais), atenção relativamente menor tem sido dedicada à dimensão supranacional dos sistemas de inovação. Como estudos sobre essa dimensão, pode-se entender as análises de como a interação e a cooperação entre atores de diferentes países contribuem para a geração de capacitações científicas e tecnológicas e para a introdução de inovações.

O levantamento feito em Cassiolato *et al.* (2012) sobre os artigos publicados no principal congresso da rede global de estudos em sistemas de inovação, aprendizagem e construção de competências – a GLOBELICS – evidencia que somente 4% dos artigos publicados na conferência entre 2003 e 2011 usam conceitos de sistemas supranacionais de inovação (cf. *ibidem*, p.9).

O foco na dimensão supranacional tem se desenvolvido de forma mais expressiva no escopo de países desenvolvidos, como no caso norte-americano e do continente europeu e o conjunto de instâncias institucionais constituídas no escopo da união europeia para fomentar a cooperação internacional em Ciência, tecnologia e inovação (NiosietBellon, 1994; Warrington *et al.*, 2010). Exemplos de contribuições feitas através de estudos em sistemas de inovação voltados à questão da cooperação internacional, em regiões subdesenvolvidas, são as pesquisas aplicadas a grupos de países africanos (*e.g.* Djeflat, 2007; Baskaran *et al.* Muchie, 2003; Muchie, 2003; Kraemer-Mbula *et al.* Muchie, 2009). Essa preocupação também é presente para o caso da América Latina (*e.g.* Lamarchand, 2010), porém este se constitui em um campo ainda pouco explorado.

Neste trabalho, busca-se investigar evidências de interação entre os Sistemas de Inovação de países selecionados da América Latina. Como base para tal discussão, são analisados os acordos de cooperação internacional em ciência,

tecnologia e inovação firmados entre os seguintes países: Argentina, Bolívia, Brasil, Chile, Colômbia, Costa Rica, Cuba, Equador, México, Peru, Paraguai, Uruguai e Venezuela<sup>1</sup>.

Os dados extraídos dos tratados foram interpretados a partir das ferramentas fornecidas pela teoria dos grafos. Desta maneira, construiu-se um grafo que representa a rede formada pelos canais institucionais de cooperação internacional, ancorados nos referidos acordos. Portanto, buscamos fazer uma ordenação dos países selecionados por critérios de centralidade dentro do grafo que representa a rede de cooperação internacional. Assim, é possível identificar as principais características desta rede de interações e fazer considerações relevantes a respeito dos padrões de cooperação entre os países latinoamericanos.

Desta introdução, seguem três seções e uma conclusão. A primeira seção busca apresentar o referencial teórico que embasa as reflexões feitas neste artigo. Na segunda seção, são esclarecidos detalhes a respeito dos dados e sua construção bem como da metodologia utilizada para abordar o tema. Os critérios de análise e classificação das informações oriundas do levantamento dos acordos são detalhados e os conceitos e instrumentos matemáticos têm sua definição expostos de forma clara nesta passagem. A terceira seção apresenta as análises e interpretações realizadas. A partir de indicadores sintéticos, são comparadas as hierarquias formadas para os diferentes grafos construídos. Verificando os graus de semelhança e assimetrias existentes, conclusões bastante relevantes puderam ser tiradas na interpretação dos resultados quantitativos.

## 1. SISTEMAS NACIONAIS DE INOVAÇÃO

A partir da década de 1980, observam-se esforços por parte de intelectuais neoschumpeterianos na direção de desenvolver um novo arcabouço analítico que, ao mesmo tempo, superasse as limitações do tradicional modelo linear de inovação e contemplasse elementos pouco ou fracamente abordados pela teoria tradicional para explicar o desenvolvimento econômico. Destacam-se as contribuições feitas por economistas americanos, britânicos e escandinavos na formulação do conceito SNI.

Uma síntese das contribuições de teóricos norteamericanos é apresentada por Nelson *et al.* Rosemberg (1993). Estes autores privilegiam o papel das instituições e organizações na produção científica e tecnológica e no papel do mercado na mobilização destes *outputs* de maneira economicamente útil. A questão histórica da trajetória da formação do SNI e a própria história econômica

<sup>1</sup> Cabe observar que a compilação destas informações foi atualizada para dezembro de 2012.



do país seriam determinantes para explicar a performance desta economia e sua capacidade inovativa. O conjunto de pesquisadores do SPRU<sup>2</sup> propõem uma ampliação deste referencial, destacando o papel também das instituições informais no direcionamento dos esforços inovativos (Freeman, 1995). Por fim, Lundvall e outros acadêmicos da universidade de Aalborg contribuem para consolidar este referencial, explicitando a importância de se adotar uma perspectiva ampla dos sistemas de inovação.

De acordo com Lundvallet *al.* (2001): “A versão do conceito de sistema nacional de inovação de Aalborg pode ser vista como uma combinação de quatro elementos: a reinterpretação neoschumpeteriana dos sistemas nacionais de produção, trabalhos empíricos baseados na teoria do mercado doméstico em comércio internacional, a abordagem microeconômica da inovação como um processo interativo inspirado por uma pesquisa do SPRU e, finalmente, ‘insights’ sobre o papel das instituições como modeladoras das atividades inovativas.”<sup>3</sup>

O primeiro elemento, de acordo com os autores<sup>4</sup>, remete à visão de List (1841) combinada com a releitura proporcionada pelos autores estruturalistas como Prebisch (1949), Singer (1950), Myrdal (1958) e Hirschman (1958). Buscou-se combinar a teoria schumpeteriana tradicional à ideia de Leontief em sua análise insumo-produto. A leitura estruturalista teve a limitação de dar maior ênfase aos elementos associados à visão de Leontief em primeiro plano agregando alguns elementos keynesianos. Desta maneira, o papel dos encadeamentos produtivos como canal de interação e esta como catalisadora do processo de aprendizado ganhou espaço no novo modelo neoschumpeteriano. Neste novo cenário analítico, buscou-se, também, integrar questões evolutivas relacionadas à perspectiva do ciclo de vida de produtos e indústrias e houve a explícita preocupação em tomar uma economia aberta como unidade básica de análise. De tal maneira, em Lundvallet *al.* (2001): “com essas revisões, o foco estava explicitamente no desenvolvimento de nova tecnologia em uma interação entre setores usuários e setores produtores”.

O segundo elemento, a questão do mercado doméstico e seu papel na especialização econômica, coloca que esta especialização produtiva encontra, de fato, um importante determinante no mercado interno<sup>5</sup>. Esta direção, indicada de forma incipiente por estudos empíricos, acabou por inspirar a formulação de estatísticas de fluxos de comércio internacional por complexidade tecnológica.

Os elementos derivados da análise microeconômica

<sup>2</sup> *Science and Technology Policy Research*, da Universidade de Sussex, chamado anteriormente de *Science Policy Research Unit*.

<sup>3</sup> Tradução livre do original em inglês.

<sup>4</sup> *Ibidem*, 2001.

<sup>5</sup> *Ibidem*, 2001.

da inovação são especialmente importantes para o escopo deste trabalho. Elaborando sobre um conjunto amplo de esforços que buscavam caracterizar os processos inovativos, desenvolve-se o que pode ser considerado um modelo sistêmico da inovação. Baseado nos fundamentos da teoria neoschumpeteriana, este se inspira, sobretudo, em evidências empíricas aportadas por uma série de estudos empíricos, com destaque para o Projeto SAPHO (Rothwell 1977) e o Yale Innovation Survey (Klevorick *al.*, 1995). Passou-se a ver a inovação não como um fenômeno estanque, mas como um processo interativo e sistêmico permeado por relações estáveis entre agentes internos e externos às firmas.

Por fim, destaca-se a importância do arcabouço institucional. De acordo com Lundvallet *al.* (2001), o foco no aprendizado interativo indica que as instituições cumprem um papel importante no sentido de imprimir um grau de coordenação e coerência aos diversos esforços inovativos e interações estabelecidos em um SNI. De certa forma, a institucionalidade cumpre esse papel formalmente através de sua capacidade de conduzir processos sociais e estabelecer diretrizes e limites de comportamentos dos agentes que são influenciados por elas. Estes esforços de indução por parte das instituições abrangem, também, as esferas do aprendizado e do conhecimento (Johnson, 1992; Freeman, 1995).

A partir destas considerações, pode-se definir um sistema de inovação como uma rede de instituições distintas que contribuem para o desenvolvimento da capacidade de inovação e aprendizado de um país, região ou localidade. Este é constituído de elementos e relações que interagem na produção, difusão e uso dos conhecimentos novos e economicamente úteis, sejam estes científicos, tecnológicos ou tradicionais (Lundvall, 1992).

Portanto, os processos de aprendizagem possuem um papel de destaque para a geração de capacidades produtivas e inovativas que podem se traduzir em trajetórias dinâmicas de desenvolvimento. Como colocado, a aprendizagem se caracteriza como o processo interativo, de caráter cumulativo, que permite incorporar novos conhecimentos, aperfeiçoar procedimentos de busca e refinar habilidades em desenvolver, produzir e comercializar bens e serviços (Lundvall, 1992; CimolietGiusta, 2000). A aprendizagem é um processo essencialmente social e interativo que depende do contexto para possibilitar a criação e transmissão de conhecimentos. Portanto, a proximidade entre os agentes, em termos de seu contexto social, cultural e institucional se revela um elemento potencializador dos processos de aprendizagem (LundvalletJohnson 1994).

Colocam-se, portanto, argumentos a favor da importância da análise dos processos de cooperação em C&I na América Latina, tanto sob um ponto de vista positivo, quanto sob



o ponto de vista normativo. No que se refere à dimensão positiva, os elementos teóricos discutidos acima permitem levantar a hipótese de que se estabeleçam processos interativos de geração, transmissão e uso de conhecimentos entre atores diversos e com diferentes competências que compõe os sistemas de inovação da região. Estes atores podem também ser de diferentes países. Adicionalmente, os elementos teóricos discutidos permitem supor que a proximidade existente entre os países latinoamericanos – em termos geográficos, em termos de sua trajetória histórica de desenvolvimento, e em termos de aspectos socioculturais (com destaque para o idioma) – favoreçam o estreitamento de laços e, portanto, uma dinâmica interativa mais intensa em matéria de ciência, tecnologia e inovação.

Sob um ponto de vista normativo, destaca-se o potencial que existe para se promover o estreitamento da cooperação na região, sobretudo considerando o conjunto de desafios e oportunidades similares que muitos dos países enfrentam. A título de exemplo, o bioma amazônico se estende pelo território de nove países sulamericanos. Tendo em vista a importância crescentemente evidenciada de aproveitamento sustentado de elementos da biodiversidade, fica claro o potencial de agregação de competências e esforços em ciência, tecnologia e inovação.

Em Lundvallet *al.* (2001), os autores colocam que a dimensão nacional ganhou forte destaque por questões pragmáticas. Conforme diz seu texto, “Ao passo que existem Estados-Nação como entidades políticas com suas próprias agendas relacionadas à inovação, é útil trabalhar com sistemas *nacionais* como objetos analíticos”. Desta maneira, pode-se entender que o recorte em questão é o mais adequado por fornecer conclusões que vão ao encontro das necessidades de *policymakers* capazes de realizar, efetivamente, políticas de inovação. Por outro lado, diferentes unidades analíticas tem sido exploradas, tais como a região (Cooke, 1992), o setor de atividade (BreschietMalerba, 1997), a dimensão local (Cassiolato *et Lastres*, 2005) e inclusive dimensões mais etéreas como o ramo de competências econômicas adotado por Carlsson *et Stankiewicz* (1991) em seus sistemas tecnológicos.

Tendo em vista o escopo do presente estudo, aponta-se a dimensão nacional como a mais adequada, devido ao fato de o Estado-Nação encerrar em si a maior parte das instituições formais e informais que coordenam e induzem os processos sistêmicos de inovação. De forma mais objetiva, é esta a dimensão político-institucional que estabelece as bases para as relações interativas em esfera internacional, os acordos e tratados de cooperação. Estes documentos formais constituem a base para a análise empreendida neste estudo.

## 2. DADOS E METODOLOGIA

Os dados utilizados neste trabalho são produto de análises quantitativas e qualitativas dos principais canais institucionais para a interação entre SNIs, os tratados de cooperação em ciência, tecnologia e inovação. Estes tratados foram identificados e compilados a partir de uma pesquisa através das consultas aos sites institucionais dos países estudados. O critério básico para selecionar os sites que constituíram as fontes de dados foi identificar as instituições estrangeiras que cumprem funções paralelas às que MCT, CAPES, CNPq, Itamaraty e MEC cumprem no Brasil.

Realizado este trabalho de coleta de informações oficiais, tomou-se o cuidado de selecionar aqueles tratados que estavam vigentes no mês de dezembro de 2012, quando foi terminada esta etapa da pesquisa.

As informações quantitativas a respeito do levantamento feito consistem na contagem dos tratados estabelecidos entre um país e cada um dos outros. Dentre estes acordos, havia aqueles bilaterais e os multilaterais. O critério utilizado para os tratados bilaterais foi que estes consistem em um único canal de interação entre dois SNIs. No caso dos acordos multilaterais, parte-se do entendimento que um único instrumento representava múltiplos canais de cooperação, em que um país estabelece uma relação de cooperação com cada país que firma o mesmo tratado.

Como forma de esclarecer o caso dos tratados multilaterais, um bom exemplo é o caso do tratado que viabilizou o PROSUL, programa sulamericano de apoio às atividades de cooperação em ciência e tecnologia firmado por todos os países da América do Sul. Dentre estes países, somente Suriname, Guiana e Guiana Francesa não estão na amostra. Considera-se que, do ponto de vista deste acordo, cada país sulamericano estabeleceu uma relação de cooperação com outros nove parceiros, totalizando um quantitativo de nove vínculos para cada país sulamericano, somente para este tratado.

A dimensão qualitativa da análise foi baseada em uma distinção de qual elemento seria mobilizado pela relação de cooperação específica prevista no tratado. Estes três elementos são: ciência, tecnologia e inovação. É importante mencionar que esta tipologia foi utilizada para qualificar as interações viabilizadas pelos tratados na direção de indicar as que geram ganhos em termos de ampliação da base tecnocientífica de um SNI ou em termos de sua dinamização quando da aplicação economicamente útil de conhecimento para a geração de inovações.

Como cooperação internacional em ciência, entende-se as relações circunscritas ao campo da **pesquisa básica**, ao treinamento de recursos humanos em áreas abrangentes de conhecimento e/ou ao reconhecimento mútuo de diplomas, publicações e canais de divulgação de conhecimento



científico. Como cooperação internacional em tecnologia, entende-se as interações que implicam a cooperação permeada pela transmissão de saberes técnicos derivados da **pesquisa aplicada** ou pertinentes ao uso e transmissão de saberes acerca de máquinas, equipamentos, instalações e técnicas específicos. Como cooperação internacional em inovação, acredita-se que esta se concretiza à medida que há alguma forma de **transmissão de conhecimento**, tácito ou codificado, incorporado ou não, **com utilidade e aplicabilidade direta e plena em um processo econômico produtivo**.

Esclarecidas as características gerais dos dados e a formulação da tipologia descrita, é importante mencionar algumas assimetrias e limitações dos dados que influenciarão na análise a ser feita adiante.

Em primeiro lugar, é importante ressaltar que a quantidade de tratados depende muito dos padrões de relações internacionais de um país. Além disso, a partir das possíveis formas de tratamento dado às políticas e institucionalidades de ciência, tecnologia e inovação, doravante C,T&I, resulta um destaque maior ou menor aos tratados e a forma como são apresentados em seus sites institucionais. Como consequência, podem ser afetados significativamente os resultados do levantamento realizado.

Em suma, destas características, podem ser tiradas duas conclusões: a quantidade de vínculos institucionais formais não necessariamente denota a intensidade da cooperação internacional em C,T&I entre dois países (a partir do momento em que um tratado pode se concretizar em uma interação mais intensa que uma quantidade grande de acordos existentes e pouco explorados) e a segunda conclusão está no fato de que países que realizam um esforço mais intenso e coordenado em termos de políticas de C,T&I tendem a compilar de maneira mais organizada as informações relativas aos acordos de cooperação internacional entre o SNI de seu país com os SNIs estrangeiros em seus sites oficiais.

Como caso mais relevante das ditas assimetrias que podem provocar distorções nos dados, temos o do Equador. Detendo um banco de dados com um nível de organização muito acima da média<sup>6</sup>, foi possível coletar um número de tratados maior que o esperado para este país, conferindo-lhe uma centralidade também acima da expectativa nas análises. Pode-se dizer, portanto, que o caso equatoriano constitui um possível *outlier*.

A partir dos dados oriundos do levantamento descrito anteriormente, serão feitas análises com o instrumental fornecido pela teoria dos grafos. Descreveremos brevemente as noções básicas desta teoria, necessárias para dar prosseguimento.

## 2.1 Definições em Teoria dos Grafos

Seja um grafo simples, não-orientado com vértices, arestas, e sequência de graus. A matriz quadrada simétrica de ordem  $n$ , para a qual, se  $e_{ij}$  e  $a_i$ , se  $e_{ij}$ , é denominada matriz de adjacência de  $G$ . Se considerarmos pesos nas arestas, dizemos que  $G$  é um grafo valorado e, neste caso, a matriz de adjacência é definida por  $w_{ij}$  e  $a_i$ , caso contrário, em que  $w_{ij}$  é o peso da aresta entre os vértices  $i$  e  $j$ . O polinômio característico associado a esta matriz (de zeros e uns ou valorada) é dado por  $P_G(\lambda) = \det(A - \lambda I)$ , onde  $\lambda$  são os autovalores de  $G$ . O maior autovalor deste polinômio,  $\rho(A)$ , é o raio espectral de  $A$ , e denominado índice do grafo.

Um caminho de  $k$  a é uma sequência alternada de vértices e arestas começando por  $v_1$  e terminando por  $v_k$  tal que cada aresta conecta o vértice precedente com o vértice que a sucede. O comprimento de um caminho é a soma de suas arestas (ou a soma dos valores das arestas, no caso valorado). Um caminho mínimo entre 2 vértices  $v_i$  e  $v_j$  é um caminho com menor comprimento possível, ligando  $v_i$  a  $v_j$ .

Estaremos interessados no uso de medidas de centralidade em grafos, que passaremos a definir abaixo:

## 2.2 Medidas de Centralidade em Grafos

A metodologia a ser usada consiste na comparação de três medidas de centralidade da rede de relações entre os países, a saber, centralidade de grau (*degreecentrality*), centralidade de intermediação (*betweennesscentrality*) e centralidade de autovetor (*eigenvectorcentrality*), que descreveremos a seguir. Com cada uma destas medidas, é possível medir a importância relativa de um país no contexto da rede construída a partir de um ponto de vista diferente, gerando um panorama geral acerca das interações entre os SNCTI's selecionados na América Latina.

A centralidade de grau é um parâmetro que determina um importante aspecto da posição estrutural do vértice (Ruhnau, 2000) e corresponde ao número de interações ou conexões diretas que um elemento estabelece com os demais e é dada pelo grau do vértice correspondente. Na matriz de adjacência do grafo associado à rede, a centralidade de grau de um vértice  $v_i$  pode ser obtida somando-se os valores da linha ou da coluna correspondente a ele, como mostrado abaixo.

$$C_D(v_i) = d(v_i) = \sum_{j=1}^n a_{ij}, \text{ onde } v_i \in V \quad (1)$$

Construindo um ranking das centralidades de grau dos países, foi possível compará-los levando em conta sua importância em termos absolutos na rede. Ou seja,

<sup>6</sup> <http://web.mmrree.gov.ec/sitrac/Consultas/Busqueda.aspx>



quanto maior o número de vínculos estabelecido, maior a centralidade de grau de um vértice do grafo.

A centralidade de intermediação avalia o quanto um vértice está no “menor caminho” entre dois outros vértices, isto é, analisa a importância do vértice na passagem e transmissão de informação entre outros dois. Assim, a centralidade de intermediação de um vértice  $v$  é definida como:

$$Bet(v) = \sum_{i \neq v, j \neq v} \frac{\sigma_{i,j}(v)}{\sigma_{i,j}}, \quad (2)$$

em que  $\sigma_{i,j}$  é o número de caminhos mínimos que ligam os vértices  $i$  e  $j$  enquanto  $\sigma_{i,j}(v)$  representa o número de caminhos mínimos que ligam os vértices  $i$  e  $j$  passando por  $v$ . Portanto, se um nó  $v$  tem alto valor de intermediação, então  $v$  ocorre um maior número de vezes entre os menores caminhos entre todos os pares de vértices de grafo que os demais vértices  $u \in V$ .

A centralidade de autovetor classifica o vértice como mais central na medida em que ele estabeleça relações com elementos que também estejam em uma posição central (Ruhnau, 2000). A centralidade de autovetor de um elemento é uma combinação linear das centralidades dos elementos com ele conectados (Bonacich, 2001). Considerando a matriz de adjacência  $A = (a_{ij})$ , a centralidade de autovetor do vértice  $v_i$  é dada por  $x_i$ , que satisfaça à equação:

$$\lambda x_i = a_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 + \dots + a_{in}x_n \quad (3)$$

(ou  $Ax = \lambda x$  em notação matricial) em que  $\lambda$  é o maior autovalor de  $A$  e  $(x_1, \dots, x_n)$  é o autovetor unitário com coordenadas positivas correspondente a  $\lambda$ . Os valores das coordenadas do autovetor associado ao índice de  $G$  induzem uma ordenação dos vértices de forma que os vértices correspondentes às maiores componentes do autovetor são ditos de maior centralidade de autovetor.

Existem ainda outras maneiras de mensurar a importância de um vértice numa rede (medidas de centralidade em grafo), como, por exemplo, centralidade de proximidade (*closeness centrality*). No entanto, buscamos nos ater aos três critérios mencionados acima. Todos se inserem no referencial teórico de SNI à medida que a centralidade de grau é um indicador de importância absoluta do vértice na rede estudada, a centralidade de intermediação é um indicador importante ao passo que a inovação é um fenômeno permeado por processos de interação e difusão e a centralidade de autovetor é relevante ao passo que evidencia os vértices

quanto à importância que seus principais parceiros têm no contexto geral da rede.

A partir destas medidas de centralidade, analisando importâncias relativas de grau, intermediação e de poder de propagação, pretende-se contemplar as principais dimensões das interações relevantes para os SNIs.

### 3. COOPERAÇÃO ENTRE SNIS NA AMÉRICA LATINA A PARTIR DE GRAFOS

A partir da metodologia esclarecida na seção anterior deste trabalho, organizaram-se os dados referentes aos canais institucionais formais de cooperação em C,T&I estabelecidos entre os países estudados. O primeiro passo é a construção da matriz de representação do grafo. Nesta matriz, o termo  $a_{ij}$  com  $i \neq j$ , representa o número de vínculos que os países representados pelas respectivas linha e coluna mantém entre si. Temos então um grafo em que os vértices são os países considerados e as arestas a quantidade de relações de cooperação entre eles. Obviamente, como não se trata de um grafo direcionado e com laços, a dita matriz é simétrica e sua diagonal principal é composta por zeros.

Na tabela 1, em anexo, temos a matriz de representação geral, construída sem discriminar o tipo de relação estabelecida.

A partir dos dados reunidos e dos critérios utilizados, foram construídas outras duas matrizes de representação, cujos grafos modelam as relações de interação em dois tipos. A tabela 2, em anexo, representa a matriz que sintetiza as relações circunscritas ao campo da ciência e/ou da tecnologia. A matriz exposta na tabela 3, também nos anexos, apresenta por sua vez, uma síntese das relações com incluem inovação, ou seja, aquelas classificadas como ciência, tecnologia e inovação, ciência e inovação, tecnologia e inovação e somente inovação.

É importante notar que todas as três matrizes apresentadas representam grafos valorados e não direcionados. O fato de serem grafos valorados, em que o peso da aresta representa o número de conexões entre dois vértices (países), torna a análise interessante. Será possível, portanto, verificar a existência de semelhanças ou distorções entre os rankings das medidas de centralidade escolhidas para cada matriz de relação construída e será possível, também, fazer análises comparando os rankings derivados de todas as matrizes.

Conforme o proposto, começamos nossa análise investigando as centralidades de grau, intermediação e autovetor para o *grafo geral* – representado pela tabela 1. A partir desses dados, expostos na tabela a seguir, verifica-se o destaque relativamente alto que se pode conferir para Brasil e Equador. Fornecendo um parâmetro para comparação, temos que a média das centralidades de grau dentro desta



rede é 106 ligações. Do conjunto total de países, Brasil, Equador, Argentina, Chile, Venezuela, Uruguai e Colômbia apresentam uma quantidade de *links* acima da média. Os

países abaixo da média são Peru, Bolívia, Paraguai e os países da América Central.

**Tabela 4.** Medidas de centralidade de grau, de intermediação e de autovetor para o grafo geral

#	País	Grau (m=106)	Intermediação de Fluxo	Autovetor
1	Brasil	161	17,9	0,387
2	Equador	153	16,52	0,373
3	Argentina	121	11,57	0,31
4	Chile	118	11,94	0,3
6	Venezuela	109	10,87	0,28
5	Uruguai	110	11,48	0,279
7	Colômbia	109	11,09	0,278
8	México	100	10,17	0,253
9	Peru	97	9,97	0,247
10	Costa Rica	87	8,95	0,221
11	Cuba	80	7,49	0,209
12	Bolívia	78	7,47	0,206
13	Paraguai	67	6,22	0,177

Fonte: Os próprios autores, 2013.

**Tabela 5.** Cálculo dos índices de correlação de rankings para as medidas de centralidade de grau, de intermediação e de autovetor no grafo geral

Posição	Grau	Intermediação de Fluxo	Autovetor
1	Brasil	Brasil	Brasil
2	Equador	Equador	Equador
3	Argentina	Chile	Argentina
4	Chile	Argentina	Chile
5	Uruguai	Uruguai	Venezuela
6	Venezuela	Colômbia	Uruguai
7	Colômbia	Venezuela	Colômbia
8	México	México	México
9	Peru	Peru	Peru
10	Costa Rica	Costa Rica	Costa Rica
11	Cuba	Cuba	Cuba
12	Bolívia	Bolívia	Bolívia
13	Paraguai	Paraguai	Paraguai
<b>Índice de Correlação de Rankings</b>	<b>1</b>	<b>0,989</b>	<b>0,9945</b>

Fonte: Os próprios autores, 2013.

Organizando rankings relativos a cada tipo de centralidade, um exercício analítico interessante é calcular o índice de correlação de rankings de Spearman. De posse deste índice, pode-se ter uma medida sintética do grau de assimetrias entre as hierarquias reconhecidas sob

cada critério selecionado. Na tabela que segue, temos os mencionados rankings e os respectivos índices tendo como base o ranking de centralidades de grau.

Como é comum para os índices de correlação oferecidos pela estatística, quanto mais próximo o índice está de 1,



maior a correlação. As correlações entre as centralidades de intermediação e de autovetor superam 0,98. Com isso, verifica-se que, no quadro geral, os vértices que estabelecem um grande número de links tendem a manter esse mesmo grau de importância para o poder de intermediação e o poder de propagação na cooperação em C, T e/ou I.

Faz sentido que o índice de correlação de rankings permaneça alto. Observando a tabela 5, é possível ver que o ranking somente apresenta discretas variações da 3ª à 7ª posição, mantendo-se idêntico para as demais.

Apresentando o mesmo tipo de dado feito nas tabelas 4 e 5, temos o caso do grafo que representa somente as relações de interação nos campos de ciência, tecnologia e ciência e tecnologia. Chamando este grafo de *grafo específico I*, vemos na tabela 6 os valores das centralidades de grau, intermediação e autovetor organizados segundo a primeira medida.

Considerando que as informações tratadas no grafo específico I são referentes a todas as interações que não contemplam a dimensão da inovação, é possível saber que a tabela 6 se trata de um subconjunto do universo representado pela tabela 4. A partir desta relação, sabe-se que as relações que consideram a dimensão da inovação são minoria. Para ilustrar tal fato, pode-se ver que o Brasil, ao total, estabelece 161 vínculos contra 112 vínculos não relacionados à inovação.

Com relação às centralidades apresentadas na tabela anterior, também se pode ver certo equilíbrio com relação à quantidade de países acima e abaixo da média da quantidade de vínculos. Sendo a média das centralidades de grau igual a 74, temos seis países acima da média e sete países com uma centralidade de grau abaixo da média. Esse dado é interessante por reforçar que não há uma polarização excessiva da rede analisada em torno de uma quantidade pequena de países.

**Tabela 6.** Medidas de centralidade de grau, de intermediação e de autovetor para o grafo específico I

#	País	Grau (m=74)	Intermediação de Fluxo	Autovetor
1	Brasil	112	18,6	0,387
2	Equador	103	14,88	0,366
3	Argentina	89	12,2	0,325
4	Chile	89	12,89	0,322
5	Colômbia	83	12,28	0,3
6	Venezuela	78	11,97	0,281
7	México	70	9,41	0,259
8	Peru	70	10,54	0,254
9	Uruguai	70	10,82	0,254
10	Cuba	57	8,45	0,208
11	Costa Rica	56	7,83	0,206
12	Bolívia	50	7,55	0,187
13	Paraguai	39	5,28	0,147

Fonte: Os próprios autores, 2013.

Na tabela 7, temos o confrontamento das medidas de centralidade – sintetizado pelo índice de correlação de rankings – para o grafo específico I.

De maneira semelhante ao visto para o grafo geral, a tabela 7 nos permite concluir que as medidas de centralidade para o grafo específico I não apresentam disparidades significativas. Ambos os índices de correlação de rankings estão acima de 0,95, revelando um alto grau de semelhança entre os rankings para os três critérios.

Um caso interessante dentre os países analisados no grafo em questão é o argentino. Note-se que este país apresenta a maior disparidade entre as posições nos rankings.

Enquanto que, nos quesitos centralidade de grau e poder de propagação, a Argentina está em terceiro lugar no ranking construído, quando é analisado o poder de intermediação, esta posição cai para o quinto lugar. Isso mostra que este país, em termos de cooperação que não envolve inovação, mantém um número de vínculos relativamente alto e estes vínculos são estabelecidos com outros países que estabelecem numerosos outros vínculos. No entanto, é possível afirmar que a Argentina situa-se numa posição relativamente menos importante quando é observada sua condição em termos de sua essencialidade como via para a intermediação de informações e conhecimentos na rede estudada.



**Tabela 7.** Cálculo dos índices de correlação de rankings para as medidas de centralidade de grau, de intermediação e de autovetor no grafo específico I

Posição	Grau	Intermediação de Fluxo	Autovetor
1	Brasil	Brasil	Brasil
2	Equador	Equador	Equador
3	Argentina	Chile	Argentina
4	Chile	Colômbia	Chile
5	Colômbia	Argentina	Colômbia
6	Venezuela	Venezuela	Venezuela
7	México	Uruguai	México
8	Peru	Peru	Uruguai
9	Uruguai	México	Peru
10	Cuba	Cuba	Cuba
11	Costa Rica	Costa Rica	Costa Rica
12	Bolívia	Bolívia	Bolívia
13	Paraguai	Paraguai	Paraguai
<b>Índice de Correlação de Rankings</b>	<b>1</b>	<b>0,9615</b>	<b>0,9945</b>

Fonte: Os próprios autores, 2013.

**Tabela 8.** Medidas de centralidade de grau, de intermediação e de autovetor para o grafo específico I

#	País	Grau (m=33)	Intermediação de Fluxo	Autovetor
1	Equador	50	23,57	0,383
2	Brasil	49	17,17	0,389
3	Uruguai	40	13,5	0,328
4	Argentina	32	10,56	0,272
5	Costa Rica	31	10,82	0,255
6	Venezuela	31	8,84	0,273
7	México	30	10,39	0,246
8	Chile	29	9,87	0,245
9	Bolívia	28	8,68	0,242
10	Paraguai	28	8,82	0,241
11	Peru	27	8,84	0,227
12	Colômbia	26	8,49	0,221
13	Cuba	23	5,65	0,211

Fonte: Os próprios autores, 2013.



**Tabela 9.** Cálculo dos índices de correlação de rankings para as medidas de centralidade de grau, de intermediação e de autovetor no grafo específico II

Posição	Grau	Intermediação de Fluxo	Autovetor
1	Equador	Equador	Brasil
2	Brasil	Brasil	Equador
3	Uruguai	Uruguai	Uruguai
4	Argentina	Costa Rica	Venezuela
5	Costa Rica	Argentina	Argentina
6	Venezuela	México	Costa Rica
7	México	Chile	México
8	Chile	Venezuela	Chile
9	Bolívia	Peru	Bolívia
10	Paraguai	Paraguai	Paraguai
11	Peru	Bolívia	Peru
12	Colômbia	Colômbia	Colômbia
13	Cuba	Cuba	Cuba
<b>Índice de Correlação de Rankings</b>	<b>1</b>	<b>0,956</b>	<b>0,978</b>

Fonte: Os próprios autores, 2013.

Analisados os casos para o grafo geral e para o grafo específico I, temos a situação restante, um grafo que represente somente as interações que envolvam inovação. Assim sendo, o *grafo específico II* possibilita análises para as interações de inovação, ciência e inovação, tecnologia e inovação e de ciência, tecnologia e inovação entre os países selecionados.

Na tabela 8, podemos ver os valores das três medidas de centralidade usadas organizadas segundo a centralidade de grau. Conforme o já afirmado anteriormente, as interações que envolvem inovação entre os países estudados ocorrem em menor número que aquelas que não envolvem inovação. Para ilustrar tal situação, temos o caso do Equador, que estabelece 50 interações envolvendo inovação num total de 153 vínculos.

Sendo de 33 a média das centralidades de grau tratadas no parágrafo anterior, temos um cenário diferenciado do verificado para os grafos geral e específico I. Com um número de interações acima da média, temos somente Equador (50), Brasil (49) e Uruguai (40). Os outros países, situados entre a 4ª e a 13ª posição do ranking, tem um número de interações menor que a média calculada. Esse fato denota uma rede menos distribuída, mais concentrada em um número pequeno de países.

Mantendo o argumento de comparar os rankings segundo as medidas de centralidade, temos, na tabela 9, os índices

de correlação de Spearman para o grafo específico II. Nela é possível ver que os índices de correlação também são altos. Pese a que poucos países se mantenham na mesma posição em ambos os rankings, a maioria das assimetrias observadas não ultrapassa uma posição de diferença.

Um caso digno de nota no quadro anterior é o da Venezuela. Pelo ranking da centralidade de grau, este país está em 6ª lugar; no quesito autovetor, é o 5º país mais importante; de acordo com a centralidade de intermediação de fluxo, no entanto, a Venezuela é a 8ª mais importante. Essa forte assimetria mostra que o SNI venezuelano, apesar de manter um número de vínculos e ter um poder de propagação relativamente razoáveis na rede estudada, tem uma importância menor quando é avaliado seu poder de intermediação na transmissão de conhecimentos e tecnologias relevantes para a inovação.

Como uma primeira conclusão destas análises internas sobre as centralidades de cada grafo construído, podemos dizer que há alta correlação entre as importâncias relativas dos países em termos de centralidade de grau, poder de intermediação e poder de propagação. É dizer, um país com determinada relevância em termos absolutos na rede tende a manter essa relevância como canal de transmissão indireta de informação e conhecimento entre outros países muito relevantes e também tende a ter o mesmo grau de importância em termos do poder de propagação de ciência, tecnologia e inovações na rede analisada.



Outro exercício analítico interessante a ser feito é, feita as comparações entre as medidas de centralidade para um mesmo grafo, comparar os rankings oriundos de cada critério entre o grafo geral (GG), o grafo específico I (G1) e o grafo específico II (G2). Temos, na tabela 10, os índices de correlação de rankings organizados para cada par de grafos.

Dado que G1 e G2 podem ser vistas como duas parcelas que, somadas, formam GG e que G1 constitui a parte mais significativa de GG, não surpreendentemente temos

que os índices de correlação dos rankings para cada tipo de centralidade entre G1 e GG são próximos de 1. As correlações entre os rankings organizados para GG e G2, no entanto, estão bem abaixo, aproximando-se de 0,70. Isso ajuda a ilustrar a principal evidência deste artigo, o fato de que uma posição privilegiada de um país – dentre o grupo de países selecionados – na rede regional de cooperação em ciência e tecnologia não garante uma posição semelhante em termos de cooperação em inovação.

**Tabela 10.** Índices de correlação entre rankings formados para cada medida de centralidade para cada grafo

Medida de Centralidade	G1 vs GG	G2 vs GG	G2 vs G1
Grau	0,9505	0,7088	0,5165
Intermediação de Fluxo	0,9231	0,6923	0,5549
Autovetor	0,978	0,6923	0,489

Fonte: Os próprios autores, 2013.

A última coluna da tabela 10, por sua vez, permite constatar a evidência mais forte nesta direção. Tratando isoladamente as interações entre os SNIs que incluem inovações e as que as excluem, temos índices de correlação baixos, próximos a 0,50. Expressando o que estes indicadores significam, temos que um país com determinado nível de importância em termos absolutos na cooperação em ciência e/ou tecnologia não necessariamente possui o mesmo nível de destaque em termos de cooperação internacional em inovações tecnológicas. De maneira semelhante, podemos dizer que o mesmo ocorre quando a comparação é alicerçada em termos de poder de intermediação dos fluxos de informação e conhecimento nesta rede internacional de cooperação e, especialmente, em termos de poder de propagação, cujo índice de correlação é o mais baixo observado (somente 0,4890).

#### 4. CONCLUSÕES

Considerando que o objetivo principal deste trabalho é fornecer uma análise através do instrumental da teoria dos grafos acerca das evidências preliminares identificadas sobre as redes de cooperação internacional entre os principais SNIs da América Latina, as conclusões aqui apresentadas devem ser interpretadas com a consciência de que estudos mais profundos com uma amplitude maior de dados são escassos neste tema. Ou seja, mesmo que os dados não contemplem todos os elementos abarcados pelo conceito de SNI, este artigo tem seu mérito por permitir, de

forma preliminar, conclusões a respeito das redes formadas pelos *canais institucionais* de cooperação internacional em ciência, tecnologia e inovação na região mencionada.

Nesta direção, uma observação importante que pode ser feita diz respeito ao papel de destaque desempenhado por Brasil e Equador na América Latina. O caso Equatoriano, como comentado anteriormente, pode ser questionado pela sua possível condição de *outlier*. Para o Brasil, no entanto, sua importância nestes grafos reforça sua posição como potência econômica e geopolítica regional. Sendo o país com maior PIB da região e com os processos de industrialização e desenvolvimento dentre os mais bem sucedidos na América Latina, o Brasil desempenha um papel fundamental na rede de interações estudada por ser o país que tem mais chances de contribuir e se beneficiar com o desenvolvimento de conhecimento e novas tecnologias economicamente úteis.

Outra constatação que pode ser feita a partir dos dados observados refere-se ao próprio caráter do fenômeno da inovação. Observando o número total de tratados e o número de tratados que envolvem cooperação internacional em inovação, verifica-se que estes são uma proporção reduzida daqueles. Ou seja, a inovação, por se tratar de um fenômeno complexo e permeado de riscos e incertezas, é, menos frequentemente, objeto dos acordos de cooperação internacional entre SNIs.

Uma evidência que pôde ser identificada através do quantitativo de tratados, mas que deve ser vista com cautela, é a possibilidade de existir *clusters* bem definidos



na rede estudada. No entanto, como os dados são frágeis e os indícios que apresentam devem ser interpretados de forma preliminar, optou-se por não aprofundar o estudo neste ponto. De todas as maneiras, de fato, há certos países, como os membros do MERCOSUL, que estabelecem uma rede paralela que abrem margem a padrões de clusterização na cooperação internacional em C,T&I na América Latina. Como os estudos na área ainda são escassos, este artigo é importante por apontar problemáticas como esta e auxiliar no embasamento de pesquisas posteriores mais aprofundadas em temas como o da clusterização mencionada.

Cumprindo com o objetivo geral deste trabalho, o de fornecer evidências sobre os padrões de cooperação internacional em C,T&I na América Latina, temos a principal conclusão de que estes padrões apresentam divergências. Quando comparada a hierarquia de relevância dos países da amostra em termos de interação em ciência e tecnologia com o ranking construído para as centralidades relativas aos canais institucionais de cooperação que envolvem inovação, verifica-se que a correlação é baixa. Esse fato constitui um forte indício de que, ao contrário do que poderia sugerir o senso comum, um SNI que estabelece uma quantidade relativamente importante de vias institucionais para a cooperação em ciência e tecnologia não necessariamente consegue fazê-lo com vistas à inovação tecnológica.

Em última análise, não se tem o objetivo de fazer das considerações finais formuladas neste texto peremptoriamente definitivas. Visamos, ao contrário, destacar evidências preliminares que deem relevo ao objeto estudado e jogue luz sobre as problemáticas e temas de estudo derivados. De fato, os dados revelaram algo de surpreendente quando permitiram concluir que há assimetrias nos padrões de cooperação estudados. É importante que sejam realizados, posteriormente, a título de desdobramento deste artigo, pesquisas mais profundas que possam contemplar dados relativos a projetos específicos de cooperação, fluxos de recursos e pesquisas sobre as características e trajetórias institucionais dos órgãos que compõem os SNIs estudados.

## 5. REFERÊNCIAS

Arocena, R.; Sutz, J. (2003), "Knowledge, innovation and learning: systems and policies in the North and in the South". In J.E. Cassiolato, H. M. M Lastres; M. L. Maciel (Eds). *Systems of innovation and development*. Cheltenham, UK: Edward Elgar.

Baskaran, A.; Muchie, M. (2003), "Indian National System of Innovation and Globalisation: Some Lessons for African National System of Innovation". 1<sup>st</sup>Globelics Conference, Rio de Janeiro, Brasil.

Bonacich, P. (2001), "Eigenvector-like measures of centrality for asymmetric relations", *Social Networks*, 23: 191-201.

Breschi, S. E Malerba, F. (1997), "Sectoral Innovation Systems". In: Edquist, C. (ed.), *System of Innovation: Technologies, Institutions and Organizations*, Londres.

Carlsson, B. Stankiewicz (1991), "On the nature, function and composition of Technological Systems". *Journal of Evolutionary Economics*, vol 1, p. 93-118, Springer-Verlag.

Cassiolato, J. E., Lastres, H. M. M.; Maciel, M. L. (2003), *Systems of Innovation and Development: Evidence from Brazil*. Edward Elgar. Cheltenham, UK. Northampton, MA, USA.

Cassiolato, J.E.; Matos, M.P.; Lastres, H. e Marcellino, I. (2012), "Innovation Systems and Development: the use of IS framework along the first ten years of the Globelics conference". 11<sup>th</sup>Globelics Conference, Hangzhou, China.

Cimoli, M.; Giusta, M. (2000), "Innovation and patterns of learning: a survey of evolutionary theories". In: BATTEN, D. F. et al (eds.). *Learning, innovation, and urban evolution*. Cap. 2 (pp. 11 - 44). Boston: Kluwer Academic Publishers.

Cooke, P. (1992), "Regional innovation systems: competitive regulation in the new Europe". *GeoForum*, vol. 23, p. 365-382.

Djeflat, A. (2007), "The Governance of territorial innovation systems (TIS) and the role of intermediate institutions in Maghreb countries". 4<sup>th</sup>Globelics Conference, Saratov, Russia.

Freeman, C. (1982), "Technological infrastructure and international competitiveness". draft paper submitted to the OECD ad hoc group on science, technology and competitiveness, Paris, OCDE.

Freeman, C. (1987), *Technology Policy and Economic Performance - Lessons from Japan*. London: Frances Pinter.

Freeman, C. (1995), "The 'National System of Innovation' in historical perspective". *Cambridge Journal of Economics*, vol 19, pp. 5-24, Cambridge, Inglaterra.

Hirschman, A. (1958), *The strategy of economic development*. New Haven: Yale University Press.

Johnson, B. (1992), *Institutional learning*. In Lundvall, B.-Å. (Ed.). *National Innovation Systems: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*. London: Pinter Publishers. 1992.

Katz, J. (Ed.) (1987), *Technology generation in Latin American manufacturing industries*. New York: St Martin's Press.



- Klevorick, A.K., Levin, R.C, Nelson, R.R, Winter, S.G. (1995), "On the sources and significance of interindustry differences in technological opportunities". *Research Policy* 24, 185-205.
- Kraemer-mbula, E. e Muchie, M. (2009), "Neighbourhood System of Innovation: South Africa as a regional pole for economic development in Africa". 7<sup>th</sup> Globelics Conference, Dakar, Senegal.
- Lamarchand, G.A. ed. (2010), "National Science, Technology and Innovation Systems in Latin America and the Caribbean" .*Science Policy Studies and Documents in LAC*, vol 1. Regional Bureau for Science in Latin America and the Caribbean. UNESCO, Montevideo, Uruguay.
- Lastres, M.M., Cassiolato, J.E (2005), "Innovation systems and local productive arrangements: new strategies to promote the generation, acquisition and diffusion of knowledge", *Innovation: Management, Policy and Practice*, 7:2-3, p.172-187.
- List, F. (1841), *Das nationale system der politischenökonomie*. Basel: Kyklos.
- Lundvall, B. (1985), *Product Innovation and User-Producer Interaction*. Aalborg, Aalborg University Press.
- Lundvall, B.-Å. (Ed.) (1992), *National Innovation Systems: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*. London: Pinter Publishers.
- Lundvall, B.-Å.; Johnson, B. (1994), "The learning economy". *Journal of Industry Studies*, 1 (2), pp. 23 - 42.
- Lundvall, B.; Johnson, B.; Andersen, E.S.; Dalum, B. (2001) *National Systems of Production Innovation and Competence Building*. Department of Business Studies, Aalborg University, Dinamarca.
- Muchie, M. (2003), "African Integration through a Pan-African System of Innovation". 1<sup>st</sup> Globelics Conference, Rio de Janeiro, Brasil.
- Myrdal, G. (1958), *Value in Social Theory: A Selection of Essays on Methodology*. Ed. Streeten P. London: Routledge and Keegan Paul.
- Nelson, R.R. (Ed.) (1992), *National Innovation Systems: A Comparative Study*. Oxford: Oxford University Press.
- Nelson, R. e Rosemberg, N. (1993), "Technical innovation and national systems". In: Nelson, R. (ed). *National innovation systems: a comparative analysis*. New York, Oxford: Oxford University.
- Niosi, J.; Bellon, B. (1994), "The global interdependence of national innovation systems: Evidence, limits, and implications". *Technology in Society*, 16 ( 2), Pages 173–197.
- Prebisch, R. (1949), "O desenvolvimento econômico da América Latina e alguns de seus problemas principais". Reprinted in R. Bielschowsky (2000) (Ed.). *Cinqüenta anos de pensamento na CEPAL*. Rio de Janeiro: Editora Record.
- Rothwell, R. (1977), "The characteristics of successful innovators and technically progressive firms". *R&D Management*, ano 7, vol. 3, p. 191-206.
- Ruhnau, B. (2000), "Eigenvector-centrality – a Node-centrality?", *Social Networks*, 22, 357-365, Dortmund, Germany.
- Singer, H. (1950), "The Distribution of Gains between Investing and Borrowing Countries", *American Economic Review*, 40 (2), p. 473-485.
- Warrington, B.; Ricci, A.; Tspouri, L.; Wilken, R. (2010), *International Cooperation Activities of the Seventh Framework Programme's, Capacities Programme - Interim Evaluation*. Report of the Expert Group, Brussels: European Commission.



## ANEXO

Tabela 1. Matriz de representação do Grafo Geral

Grafo Geral - Relações do Tipo C / T / I / CeT / C et I / T et I ou C,T et I - (Bilateral e Multilateral)

	Argentina	Bolívia	Brasil	Chile	Colômbia	Costa Rica	Cuba	Equador	México	Paraguai	Peru	Uruguai	Venezuela
Argentina	0	5	17	11	9	8	7	17	10	5	11	12	9
Bolívia	5	0	14	6	7	4	4	10	4	5	6	6	7
Brasil	17	14	0	17	15	11	5	19	11	13	10	17	12
Chile	11	6	17	0	11	8	8	14	9	6	9	9	10
Colômbia	9	7	15	11	0	7	7	13	10	5	8	8	9
Costa Rica	8	4	11	8	7	0	5	6	13	3	7	9	6
Cuba	7	4	5	8	7	5	0	17	6	3	6	6	6
Equador	17	10	19	14	13	6	17	0	10	6	12	10	19
México	10	4	11	9	10	13	6	10	0	3	7	9	8
Paraguai	5	5	13	6	5	3	3	6	3	0	5	7	6
Peru	11	6	10	9	8	7	6	12	7	5	0	8	8
Uruguai	12	6	17	9	8	9	6	10	9	7	8	0	9
Venezuela	9	7	12	10	9	6	6	19	8	6	8	9	0

Fonte: Elaboração própria através de tratados de cooperação disponíveis em sites oficiais de instituições dos países estudados, 2013.



Tabela 2. Matriz de representação do Grafo Específico I

Grafo Específico I - Relações do Tipo C / T ou CeT - (Bilateral e Multilateral)													
	Argentina	Bolívia	Brasil	Chile	Colômbia	Costa Rica	Cuba	Equador	México	Paraguai	Peru	Uruguai	Venezuela
Argentina	0	3	13	9	7	6	5	12	8	3	8	8	7
Bolívia	3	0	9	4	5	2	3	6	2	3	4	4	5
Brasil	13	9	0	12	12	7	4	14	9	7	7	10	8
Chile	9	4	12	0	9	6	6	12	7	4	7	5	8
Colômbia	7	5	12	9	0	5	6	9	8	3	6	6	7
Costa Rica	6	2	7	6	5	0	4	4	7	1	5	5	4
Cuba	5	3	4	6	6	4	0	8	5	2	5	4	5
Equador	12	6	14	12	9	4	8	0	7	4	9	7	11
México	8	2	9	7	8	7	5	7	0	1	5	5	6
Paraguai	3	3	7	4	3	1	2	4	1	0	3	4	4
Peru	8	4	7	7	6	5	5	9	5	3	0	5	6
Uruguai	8	4	10	5	6	5	4	7	5	4	5	0	7
Venezuela	7	5	8	8	7	4	5	11	6	4	6	7	0

Fonte: Elaboração própria através de tratados de cooperação disponíveis em sites oficiais de instituições dos países estudados, 2013.