

## **Associação entre formação de doutores no exterior e internacionalização da base de conhecimentos: estudo de casos**

## **Association between doctoral training abroad and internationalization of the knowledge base: case studies**

## **Asociación entre formación de doctores en el extranjero e internacionalización de la base de conocimiento: estudio de casos**

<http://dx.doi.org/10.21713/2358-2332.2016.v13.1123>

Milena Yumi Ramos, doutora em Política Científica e Tecnológica pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) e pesquisadora da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa – Secretaria de Gestão e Desenvolvimento Institucional – SGI), Brasília, DF, Brasil. E-mail: milena.ramos@embrapa.br.

Fernando Luís Garagorry Cassales, doutor em Pesquisa Operacional pela Cornell University – EUA, pesquisador da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa – Secretaria de Gestão e Desenvolvimento Institucional – SGI), Brasília, DF, Brasil. E-mail: fernando.garagorry@embrapa.br.

### **Resumo**

Neste artigo faz-se uma análise quantitativa da associação entre formação de doutores no exterior e colaboração científica internacional em quatro países – Brasil, México, China e Coreia do Sul – no período 1997-2013. Verificou-se a existência de distintos padrões de inserção no sistema global de ciência: Brasil e China ainda são dependentes da formação de doutores em instituições de classe mundial para manter ou aumentar a internacionalização de suas bases de conhecimentos; Coreia do Sul e

México, sob a influência de condições e trajetórias específicas, conseguem manter sua inserção científica internacional, mesmo reduzindo a formação de quadros em instituições de classe mundial no exterior. Comportamentos similares no que se refere à evolução das duas variáveis ao longo do período reforçam a plausibilidade da associação entre formação de doutores no exterior e colaboração científica internacional.

**Palavras-chave:** Colaboração Internacional. Pesquisa. Formação de Doutores no Exterior. Internacionalização. Ciência.

### **Abstract**

This article presents a quantitative analysis of the association between doctoral training abroad and international scientific collaboration in four countries – Brazil, Mexico, China and South Korea – in the period 1997-2013. We found distinct patterns of inclusion in the global system of science: Brazil and China are still dependent on the doctoral training in world-class institutions to maintain or increase the internationalization of their knowledge bases; South Korea and Mexico, under the influence of specific conditions and trajectories, are able to maintain its international scientific insertion even reducing doctoral training in world-class institutions abroad. Similar forms with regard to the evolution of the two variables over the period reinforce the plausibility of the association between doctoral training abroad and international scientific collaboration.

**Keywords:** International Collaboration. Research. Doctoral Training Abroad. Internationalization. Science.

### **Resumen**

En este artículo se analiza, de forma cuantitativa, la asociación entre la formación de doctores en el extranjero y la colaboración científica internacional en cuatro países – Brasil, México, China y Corea del Sur – en el período 1997-2013. Distintos estándares de inclusión en el sistema global de ciencia fueron identificados: Brasil y China aún dependen de la

formación de los doctores en instituciones de clase mundial para mantener o incrementar la internacionalización de sus bases de conocimiento; Corea del Sur y México, bajo la influencia de condiciones y trayectorias específicas, logran mantener su inserción científica internacional, aunque reduzcan la formación del personal en instituciones de clase mundial en el extranjero. Formas similares con respecto a la evolución de las dos variables a lo largo del período refuerzan la posibilidad de asociación entre la formación de doctores en el extranjero y la colaboración científica internacional.

**Palabras clave:** Colaboración Internacional. Investigación. Formación de Doctores en el Extranjero. Internacionalización. Ciencia.

## 1 INTRODUÇÃO

Em cerca de quatro décadas de desenvolvimento e consolidação do sistema de pós-graduação e pesquisa no Brasil, avanços expressivos foram obtidos em termos da capacidade de formação de pesquisadores e de produção de conhecimento científico. O sistema forma atualmente cerca de 43 mil mestres e 14 mil doutores ao ano (GEOCAPES, 2015) e, no período de 2007 a 2011, contribuiu com 2,59% (147.503 artigos) da produção científica mundial indexada na base *Web of Science*, colocando o país na 13ª posição no *ranking* global (LETA; THIJIS; GLÄNZEL, 2013). Note-se que o patamar 15 anos antes, entre 1991 e 1995, era de 24.039 artigos, o que representava 0,71% do total mundial e conferia ao país a 23ª posição entre as maiores potências científicas em volume de produção.

Tal avanço teve o amparo de políticas nacionais explícitas e contínuas de apoio financeiro e de avaliação da qualidade, expressas nos investimentos para o alcance das metas definidas nos Planos Nacionais da Pós-Graduação e na Avaliação Trienal dos Programas de Pós-Graduação. O foco, então, esteve na expansão do sistema apoiada na carreira e no desempenho acadêmico orientado para a produção científica.

Recentemente, um fato já revelado nos estudos bibliométricos que incluem o Brasil foi detectado como problema e entrou na pauta da Política Científica, Tecnológica e de Inovação (PCTI). Trata-se do baixo

impacto internacional da ciência brasileira, medido em termos das citações de trabalhos de autoria de brasileiros na literatura científica internacional indexada. A questão central colocada na mesa-redonda *Impacto e avaliação da pesquisa*, realizada em 23 de julho de 2013, durante a 65ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC), com a presença de dirigentes das principais agências de fomento à pesquisa do país, foi a necessidade de a ciência brasileira melhorar a qualidade e aumentar seu impacto científico, social e econômico (ALISSON, 2013; SILVEIRA, 2013). Como estratégias para lidar com tal desafio, foram mencionados:

- o aumento da exigência da contrapartida das instituições apoiadas no que tange ao suporte administrativo à pesquisa, liberando tempo dos pesquisadores para a pesquisa;
- o desenvolvimento da cooperação internacional;
- o aumento da visibilidade e do impacto das revistas brasileiras;
- mudanças nos critérios de avaliação adotados pelas agências de fomento à pesquisa do país, com a valorização da qualidade e do impacto científico da produção de pesquisadores e de instituições que pleiteiam fomento.

Esta análise evidencia o problema – já conhecido na literatura especializada – da baixa inserção dos pesquisadores brasileiros nas redes científicas internacionais, mas não considera um condicionante central a política nacional de formação de pessoal qualificado para a pesquisa.

Desde o início dos anos 2000, pelo menos, a associação entre as variáveis “formação de doutores no exterior” e “colaboração científica internacional” tem sido proposta em vários trabalhos (BALBACHEVSKY, 2006; BALBACHEVSKY; MARQUES, 2009; LADLE; TODD; MALHADO, 2012; MOURA CASTRO et al., 2012; SCHWARTZMAN, 2009; VELHO, 2001; VELLOSO, 2006 entre outros). Em linhas gerais, esses autores argumentam que a participação do Brasil em redes internacionais de pesquisa é muito baixa e que a ciência brasileira é voltada para dentro do país e para os próprios objetivos da academia, o que resulta em impacto baixo das publicações brasileiras, mesmo daquelas que integram as principais revistas internacionais. Além disso, ainda que a produção científica brasileira indexada nas principais bases bibliográficas tenha crescido a taxas relativamente elevadas nas últimas duas décadas, o percentual das

publicações em colaboração internacional permaneceu estagnado nesse período (GLÄNZEL; LETA; THIJIS, 2006; LETA; THIJIS; GLÄNZEL, 2013).

Balbatchevsky (2006), Balbatchevsky e Marques (2009), Moura Castro et al. (2012), Schwartzman (2009), Velho (2001) e Velloso (2006) levantam a hipótese de que a formação de doutores no Brasil ocorra, excessivamente, dentro das fronteiras nacionais, com um número cada vez menor de estudantes brasileiros em cursos avançados no exterior e, além disso, que o país não consegue atrair número significativo de pesquisadores estrangeiros que sirvam como ponte para as redes internacionais de pesquisa. Para esses autores, o Brasil precisa, com urgência, de uma política que estimule a saída de pesquisadores do país e mantenha condições atraentes para o seu retorno.

Este artigo analisa quantitativamente a associação, proposta na literatura, entre as variáveis “formação de doutores no exterior” e “colaboração científica internacional”, com base em duas abordagens: 1) análise das variações na composição percentual de cada variável, considerando cada país individualmente; e 2) análise matemática da dinâmica relativa do conjunto de países, utilizando um conceito de distância entre distribuições. A partir dessas análises, derivam-se contribuições para o debate nacional da PCTI no Brasil no que concerne à internacionalização da base de conhecimentos do país.

## **2 DESENVOLVIMENTO**

### **2.1 Referencial analítico**

Dentro do referencial analítico dos sistemas de inovação, o trabalho, hoje clássico, de Lundvall (1992) chama a atenção para a interdependência entre os sistemas de educação formal e informal e os sistemas de inovação. Os primeiros condicionam capacidades inovativas e reproduzem normas sociais e valores que interferem de maneira determinante no desempenho inovador dos diferentes países.

É no sistema de educação que se desenvolve a base de conhecimentos, competências, habilidades e disposições, cujas escala e

qualidade determinam, em conjunto com outros fatores, o desempenho dos sistemas de pesquisa e inovação. Levantamento baseado em anúncios de emprego para doutores oferecidos pelos diversos setores da economia que os absorvem mostrou que se buscam neles competências tanto especializadas quanto de caráter mais geral e transferível – tais como habilidades relacionadas à liderança e à gestão, capacidade de comunicação eficaz em diferentes culturas e línguas, habilidades para transitar por arenas transestêmicas<sup>1</sup> e disposição para o trabalho em equipe, conciliando diferenças institucionais, disciplinares, culturais/linguísticas, individuais e de gênero (RAMOS; VELHO, 2013).

No campo científico, essas competências são essenciais para produzir conhecimento em redes de colaboração internacional que articulam os principais centros de ciência do mundo (WAGNER, 2004, 2015). Há pelo menos duas décadas, o número e o nível de interconexão entre esses centros têm se ampliado, abarcando países não tradicionais, tais como os do BRICKS (Brasil, Rússia, Índia, China e Coreia do Sul) (ADAMS; PENDLEBURY; STEMBRIDGE, 2013).

A mobilidade internacional representa uma estratégia privilegiada para desenvolver as competências necessárias para a inserção dos pesquisadores nas redes científicas e para organizar ações de cooperação transnacional (BOZEMAN; CORLEY, 2004; THE ROYAL SOCIETY, 2011; WOOLLEY et al., 2008). Portanto, formar recursos humanos em quantidade e qualidade e que incluam, nesse processo, apoio à mobilidade internacional de seus talentos torna-se estratégia prioritária para a inserção competitiva na economia global do conhecimento.

Acontece que os benefícios advindos dessas ações não são automáticos. Ademais, não se pode pensar em uma política única que sirva para todos os países: além do fato de que existem lógicas diferentes, parceiros diferentes, diferentes modos de determinar prioridades, diferentes estruturas de implementação, é necessário levar em consideração que existe enorme variedade de modos de produção de conhecimento e de inovação na ciência e nos setores industriais.

<sup>1</sup> A noção de arenas transestêmicas foi introduzida por Knorr-Cetina (1982) e refere-se a arenas de ação em que a pesquisa científica e tecnológica se realiza, incluindo cientistas e não cientistas, que levam em conta argumentos e conceitos de natureza técnica e não técnica.

## 2.2 Variáveis, fontes de informação e métodos

Neste artigo, a associação entre formação de doutores no exterior e colaboração internacional na produção científica de um país, conforme o referencial analítico adotado, é analisada quantitativamente em quatro países: China (CHN) e Coreia do Sul (KOR), na Ásia; México (MEX) e Brasil (BRA), na América Latina. A escolha desses países foi motivada por três fatores:

- i. a expansão acelerada de seus sistemas de ensino superior e pesquisa em anos recentes, com conseqüente aumento de participação na produção científica mundial (SCIMAGO, 2007);
- ii. o enfrentamento de pelo menos dois desafios comuns: superar a barreira linguística, tornando-se aptos na comunicação científica em língua inglesa – a língua franca da ciência; e inserir-se nas redes científicas internacionais de modo estrutural;
- iii. a disponibilidade de dados comparáveis e atualizados para fins deste estudo, que foram coletados a partir de diversas fontes, conforme Quadro 1.

**Quadro 1 - Dados utilizados e respectivas fontes de informação**

País de origem	Fonte de dados
<b>Número de doutores formados nos Estados Unidos</b>	
China, Coreia do Sul, México, Brasil <sup>2</sup>	Survey of Earned Doctorates (1997-2013)
<b>Número de doutores formados no país</b>	
China	a) 1997-2008: NSB (2012) b) 2009: CHINA (2013) c) 2010-2013: OECD.STAT (2015)
Coreia do Sul e México	a) 1997: NSB (2012), NSF (2000) b) 1998, México: RICYT (2013) c) 1998-2013: OECD.STAT (2015)
Brasil	a) 1997-2006: FAPESP (2011b) b) 2007-2013: OECD.STAT (2015)
<b>Número de artigos (total e em coautoria internacional)</b>	
China, Coreia do Sul, México, Brasil	SJR (2015)

Fonte: Elaboração própria.

<sup>2</sup> Estes países estão entre os 15 que tiveram mais estudantes de doutorado titulados nos Estados Unidos em 2013, sendo a China o primeiro.

Os Estados Unidos constituem o principal destino mundial de alunos de doutorado e dispõem de séries históricas completas e atualizadas da população de estudantes de pós-graduação nas instituições nacionais. Por isso, os dados de doutores lá formados, segundo país de origem, foram tomados como aproximação adequada para a variável “formação de doutores no exterior” para os países analisados.

Em relação à colaboração científica internacional, é preciso frisar que constitui fenômeno complexo de interação social, manifesta-se de muitas maneiras diferentes e resulta em múltiplos benefícios. Tais características impõem grandes dificuldades e limites aos analistas dedicados ao seu entendimento e mensuração. Ainda hoje, com frequência, é tratada de maneira reducionista, como processo que resulta na coautoria de artigos (KATZ; MARTIN, 1997).

Dados baseados nesse produto, tangível e mensurável, representam, no entanto, a melhor aproximação disponível para o estudo quantitativo da colaboração na produção de conhecimento, integrando o campo da bibliometria<sup>3</sup>.

Com os necessários cuidados na interpretação<sup>4</sup>, tal abordagem provê informações confiáveis e importantes sobre aspectos mais gerais da colaboração científica: sua estrutura e dimensão global, mudanças no percentual e padrões de colaboração no tempo, diferenças nos perfis de colaboração entre áreas do conhecimento, instituições, países e regiões.

Considerando tais aspectos e o fato de se tratar a colaboração científica internacional, neste estudo, de forma quantitativa, entende-se que o uso das coautorias internacionais na produção científica de cada país constitui aproximação adequada.

O foco do trabalho está na coevolução da participação internacional na formação de doutores e na produção científica nacional nos países selecionados. A proposta é comparar as formas que tomam as evoluções de cada *proxy* definida individualmente (em cada país) e no conjunto (nos quatro países) e daí analisar, quantitativamente, a plausibilidade da associação entre as duas variáveis.

<sup>3</sup> A disponibilidade de dados consistentes em séries históricas longas, a viabilidade de análise e de reprodução da análise, a possibilidade de gerar resultados estatisticamente significativos e a multiplicação de ferramentas analíticas assistidas por computador proporcionaram importante expansão desse campo.

<sup>4</sup> Para mais detalhes quanto a limitações da coautoria como indicador de colaboração científica, ver Ramos e Velho (2013).



Inicialmente, é importante ter noção das dimensões envolvidas em cada caso. Para isso, faz-se, na seção 2.3.1, uma breve descrição da participação internacional na formação de doutores e na produção científica nacional com base nos valores absolutos. A ênfase da análise está, contudo, na coevolução das variáveis com base nas distribuições percentuais de cada país, quais sejam:

(1) participação internacional (*proxy* Estados Unidos) na formação de doutores:

$$\frac{\text{número de doutores formados nos EUA}}{\text{número de doutores formados nos EUA} + \text{número de doutores formados no país}}, \text{ em \%}$$

(2) participação internacional na produção científica indexada na base Scopus/Elsevier:

$$\frac{\text{número de artigos do país em coautoria internacional}}{\text{número de artigos do país em coautoria internacional} + \text{número de demais artigos do país}}, \text{ em \%}$$

A abordagem adotada se justifica pela necessidade de relativizar e colocar em escala fechada a participação internacional na formação de doutores e na produção científica nos países considerados. Isso elimina a influência do tamanho individual e permite “enxergar” aspectos estruturais do objeto analisado, o que é necessário em comparações internacionais. Essa análise se encontra nas seções 2.3.2 e 2.4.1.

Para além de captar a ocorrência de mudanças estruturais em cada país ao longo do período, interessa dimensionar a dinâmica dessas mudanças no período em foco. Matematicamente, isso pode ser feito por meio de distâncias. A distância L1, empregada neste trabalho, é uma variante da distância  $L_1$  utilizada em matemática (por vezes denominada distância de Manhattan) e fornece a magnitude do deslocamento (mudança) de um ponto de um estado inicial para um estado final. Em um espaço de  $n$  dimensões, esse ponto pode ser representado por  $n$  coordenadas ou uma distribuição com  $n$  termos.

Garagorry (2008) explica que o ponto de partida são duas distribuições percentuais,  $f_s$  e  $f_t$ , em  $k$  classes correspondentes a dois anos,  $s$  e  $t$ :

$$f_s = (f_{s1}, f_{s2}, \dots, f_{sk}) \text{ e}$$

$$f_t = (f_{t1}, f_{t2}, \dots, f_{tk}),$$

A distância L1 entre  $f_s$  e  $f_t$  é dada por:

$$d(f_s, f_t), \text{ ou, por simplificação, } d(s,t) = \left(\frac{1}{2}\right) \sum_{k=1}^K |f_{sk} - f_{tk}|$$

Essa distância também é conhecida como índice de diferenciação de Gini ou índice de transvariação (SOUZA, 1977). Seus valores variam entre 0, para duas distribuições idênticas, e 100, no caso em que as duas distribuições não tenham frequências positivas em uma mesma classe (isto é, se uma tem frequência positiva numa classe, então a outra tem 0 nessa classe). Assim, um valor de 100 significa uma mudança total na distribuição em  $t$  relativamente a  $s$ . O fator  $\frac{1}{2}$  é usado para padronizar a distância para que o valor máximo seja 100. A leitura das distâncias L1, portanto, se faz em pontos percentuais (p.p.), uma cota inferior em relação ao máximo que, teoricamente, poderia ter mudado a distribuição do ano final em relação ao ano inicial.

Neste estudo, as distribuições percentuais para os cálculos das distâncias L1 correspondem às participações de cada país no total dos quatro países considerados em cada variável:

(3) formação de doutores nos Estados Unidos:

$$\frac{\text{número de doutores do país formados nos EUA}}{\text{número de doutores dos quatro países formados nos EUA}}, \text{ em \%}$$

(4) colaboração científica internacional:

$$\frac{\text{número de artigos do país em coautoria internacional}}{\text{número de artigos dos quatro países em coautoria internacional}}, \text{ em \%}$$

As distâncias são computadas entre pares de anos sequenciais, tomados entre 1997 e 2013. As análises referentes ao comportamento das distâncias L1 estão na seção 2.4.2.

## 2.3 Evolução da participação internacional na formação de doutores e na produção científica nacional

### 2.3.1 Descrição com base nos valores absolutos por país

China e Coreia do Sul estão entre os países que mais enviam estudantes de doutorado para formação plena nos Estados Unidos, juntamente com Índia, Canadá, Turquia, Tailândia, Japão e Alemanha (NSB, 2014). Em termos absolutos, a China e a Coreia do Sul, que já enviavam, em 1997, os maiores contingentes (2.503, 1.071 estudantes, respectivamente), reforçaram suas estratégias e ampliaram para 4.789 e 1.383, na ordem, em 2013, o número de doutores formados nos Estados Unidos (Tabela 1a). Nesse mesmo ano, apenas 176 mexicanos e 142 brasileiros receberam títulos de doutor outorgados por universidades desse país.

**Tabela 1 – Participação internacional na formação de doutores e na produção científica, em valores absolutos – Países selecionados, 1997 a 2013**

a) Número de doutores formados no país e nos Estados Unidos

Ano	BRA		CHN		KOR		MEX	
	País	EUA	País	EUA	País	EUA	País	EUA
1997	3.488	159	7.319	2.503	4.999	1.071	734	159
1998	3.910	186	8.957	2.671	4.999	1.027	893	192
1999	4.811	205	10.320	2.467	5.586	1.017	929	191
2000	5.324	171	11.004	2.594	6.143	1.048	1.036	248
2001	5.923	169	12.867	2.670	6.208	1.186	1.496	214
2002	6.866	171	14.638	2.644	6.690	1.187	1.801	202
2003	8.034	161	18.806	2.483	7.172	1.229	1.230	230

Ano	BRA		CHN		KOR		MEX	
	País	EUA	País	EUA	País	EUA	País	EUA
2004	8.068	189	23.446	2.995	7.946	1.351	2.325	203
2005	8.946	206	27.677	3.588	8.449	1.442	2.432	231
2006	9.167	191	36.247	4.445	8.657	1.545	2.800	210
2007	9.919	157	41.464	4.719	9.082	1.442	2.950	208
2008	10.711	157	43.759	4.521	9.369	1.440	3.498	204
2009	11.256	160	42.903	4.096	9.912	1.523	4.099	215
2010	11.314	160	48.987	3.738	10.542	1.378	4.167	201
2011	12.321	149	50.289	3.985	11.645	1.444	3.795	185
2012	13.912	161	51.713	4.215	11.944	1.470	5.119	213
2013	15.287	142	52.755	4.789	12.243	1.383	4.964	176
<b>Var. (%)</b>	<b>9,08</b>	<b>-0,66</b>	<b>12,32</b>	<b>3,89</b>	<b>5,41</b>	<b>1,52</b>	<b>11,90</b>	<b>0,60</b>

b) Número de artigos em coautoria internacional (CI) e demais artigos (Total – CI)

Ano	BRA		CHN		KOR		MEX	
	Total - CI	CI	Total - CI	CI	Total - CI	CI	Total - CI	CI
1997	7.215	3.485	26.893	6.032	9.673	2.996	3.294	1.816
1998	7.807	3.883	31.903	6.544	10.112	3.339	3.386	2.166
1999	8.957	3.771	32.475	6.586	12.260	3.460	3.773	2.239
2000	9.873	4.032	38.132	7.426	13.580	3.629	3.942	2.253
2001	10.953	3.635	51.807	7.105	15.556	3.841	4.323	2.141
2002	12.583	4.244	49.552	8.848	16.203	4.552	4.604	2.378
2003	13.406	5.661	57.474	14.172	19.160	6.735	4.982	3.439
2004	15.680	6.720	89.192	18.802	23.174	8.223	5.405	3.939
2005	16.495	7.076	126.342	21.185	24.526	9.118	5.846	4.070
2006	23.987	9.140	160.596	27.126	31.034	11.195	7.029	4.864
2007	25.125	10.610	180.653	31.705	33.944	12.075	6.912	5.234
2008	28.556	12.650	213.720	37.272	37.144	12.889	7.797	5.943
2009	34.260	11.232	253.957	42.964	39.871	13.482	8.851	5.828
2010	37.270	11.744	285.349	49.254	44.523	15.247	9.417	6.123

Ano	BRA		CHN		KOR		MEX	
	Total - CI	CI	Total - CI	CI	Total - CI	CI	Total - CI	CI
2011	40.574	12.841	330.932	56.485	48.541	17.029	10.066	6.599
2012	44.248	14.289	341.744	63.166	51.822	18.521	10.599	6.972
2013	43.760	15.351	354.674	71.003	52.138	18.934	10.671	6.991
<b>Var. (%)</b>	<b>11,19</b>	<b>9,11</b>	<b>16,38</b>	<b>15,61</b>	<b>10,42</b>	<b>11,45</b>	<b>7,16</b>	<b>8,25</b>

Fonte: Elaboração própria a partir das fontes informadas no Quadro 1.

A Tabela 1b mostra que, de 1997 a 2013, houve crescimento contínuo do número de artigos científicos em coautoria internacional nos quatro países analisados, mais acentuadamente no caso da China. Esse crescimento acompanhou, não proporcionalmente, o aumento da produção científica total dos países.

### 2.3.2 Descrição com base nas distribuições percentuais por país

Em termos percentuais, os quatro países apresentaram redução na formação de doutores nos Estados Unidos entre 1997 e 2013 (Tabela 2a), corroborando a tendência mundial de expansão dos sistemas nacionais de ensino superior (ALTBACH; REISBERG; RUMBLEY, 2009). Comparativamente, em termos de proporções, a China registrou a maior redução (-17,16 p.p.), seguida do México (-14,38), da Coreia do Sul (-7,49) e do Brasil (-3,44). Partiram, contudo, de patamares bem diferentes: o Brasil, já em 1997, apresentava o menor percentual de doutores formados em instituições norte-americanas (4,36%), e a China, o maior (25,48%). Coreia do Sul e México apresentavam patamares similares (cerca de 18%).

A Tabela 2b mostra que Brasil e China apresentaram redução, mais acentuada para o Brasil, no percentual de artigos científicos em coautoria internacional no período. Tal percentual estagnou em torno de 25% a partir de 2009 no caso brasileiro e em torno de 15%, desde 2005, no caso chinês. A Coreia do Sul mantém estável seu percentual de coautorias internacionais na produção científica nacional, por volta de 26% desde 2003, e o México, com flutuações no período, aumentou em cerca de quatro pontos percentuais a participação de coautorias internacionais em sua produção científica entre 1997 e 2013.

**Tabela 2 – Participação internacional na formação de doutores e na produção científica, em percentuais – Países selecionados, 1997 a 2013**

a) Percentual de doutores formados nos EUA em relação ao total do país

Ano	BRA	CHN	KOR	MEX
1997	4,36	25,48	17,64	17,81
1998	4,54	22,97	17,04	17,70
1999	4,09	19,29	15,40	17,05
2000	3,11	19,08	14,57	19,31
2001	2,77	17,18	16,04	12,51
2002	2,43	15,30	15,07	10,08
2003	1,96	11,66	14,63	15,75
2004	2,29	11,33	14,53	8,03
2005	2,25	11,48	14,58	8,67
2006	2,04	10,92	15,14	6,98
2007	1,56	10,22	13,70	6,59
2008	1,44	9,36	13,32	5,51
2009	1,40	8,72	13,32	4,98
2010	1,39	7,09	11,56	4,60
2011	1,19	7,34	11,03	4,65
2012	1,14	7,54	10,96	3,99
2013	0,92	8,32	10,15	3,42
<b>2013/1997 (p.p)</b>	<b>-3,44</b>	<b>-17,16</b>	<b>-7,49</b>	<b>-14,38</b>

b) Percentual de artigos coautoria internacional em relação ao total do país

Ano	BRA	CHN	KOR	MEX
1997	32,57	18,32	23,65	35,54
1998	33,22	17,02	24,82	39,01
1999	29,63	16,86	22,01	37,24
2000	29,00	16,30	21,09	36,37
2001	24,92	12,06	19,80	33,12
2002	25,22	15,15	21,93	34,06
2003	29,69	19,78	26,01	40,84

Ano	BRA	CHN	KOR	MEX
2004	30,00	17,41	26,19	42,16
2005	30,02	14,36	27,10	41,04
2006	27,59	14,45	26,51	40,90
2007	29,69	14,93	26,24	43,09
2008	30,70	14,85	25,76	43,25
2009	24,69	14,47	25,27	39,70
2010	23,96	14,72	25,51	39,40
2011	24,04	14,58	25,97	39,60
2012	24,41	15,60	26,33	39,68
2013	25,97	16,68	26,64	39,58
<b>2013/1997 (p.p)</b>	<b>-6,60</b>	<b>-1,64</b>	<b>2,99</b>	<b>4,04</b>

Fonte: Elaboração própria a partir das fontes informadas no Quadro 1.

Nota: Ver Seção 2.2 (fórmulas de cálculo 1 e 2) e Tabela 1 (valores absolutos).

Para os países latino-americanos, os dados estão consistentes com os de Glänzel, Leta e Thijs (2006) e Leta, Thijs e Glänzel (2013), que trabalharam com dados da base *Web of Science*. Esses autores verificaram que, com exceção do Brasil, as coautorias internacionais na produção dos países latino-americanos mais prolíficos em ciência cresceram notavelmente no período 1991-2006. Estendendo a análise para o período mais recente, de 2007 a 2011, os autores constataram que Argentina, Chile e Venezuela conservaram crescimento; México permaneceu estagnado, e Brasil e Colômbia reduziram a participação das coautorias internacionais em suas produções científicas.

#### 2.4 Análise da associação entre formação de doutores no exterior e colaboração científica internacional

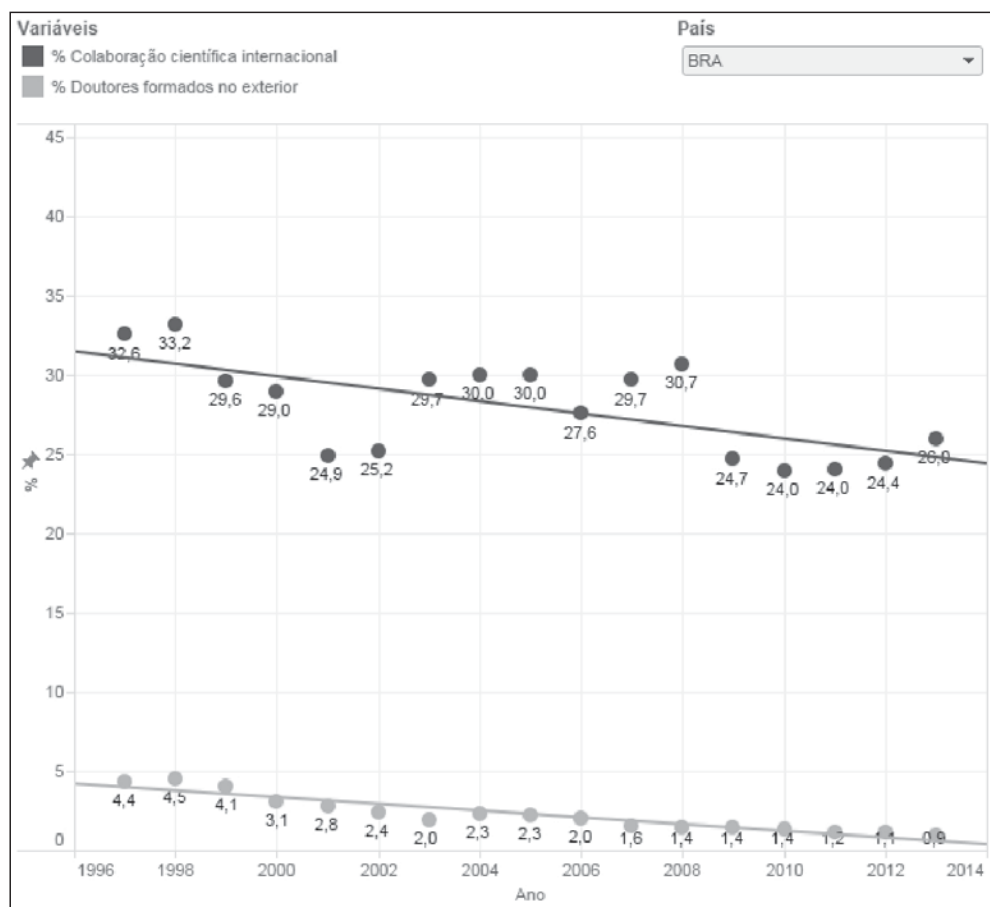
Para examinar quantitativamente a associação entre formação de doutores no exterior e colaboração científica internacional, proposta no referencial analítico utilizado neste estudo, interessa identificar mudanças estruturais na evolução das *proxies* definidas para essas variáveis ao longo do tempo. Isso é feito em duas etapas: 1) análise simultânea das variações na composição percentual de cada variável, considerando cada

país individualmente; e 2) análise matemática da dinâmica do conjunto de países, utilizando o conceito de distância L1.

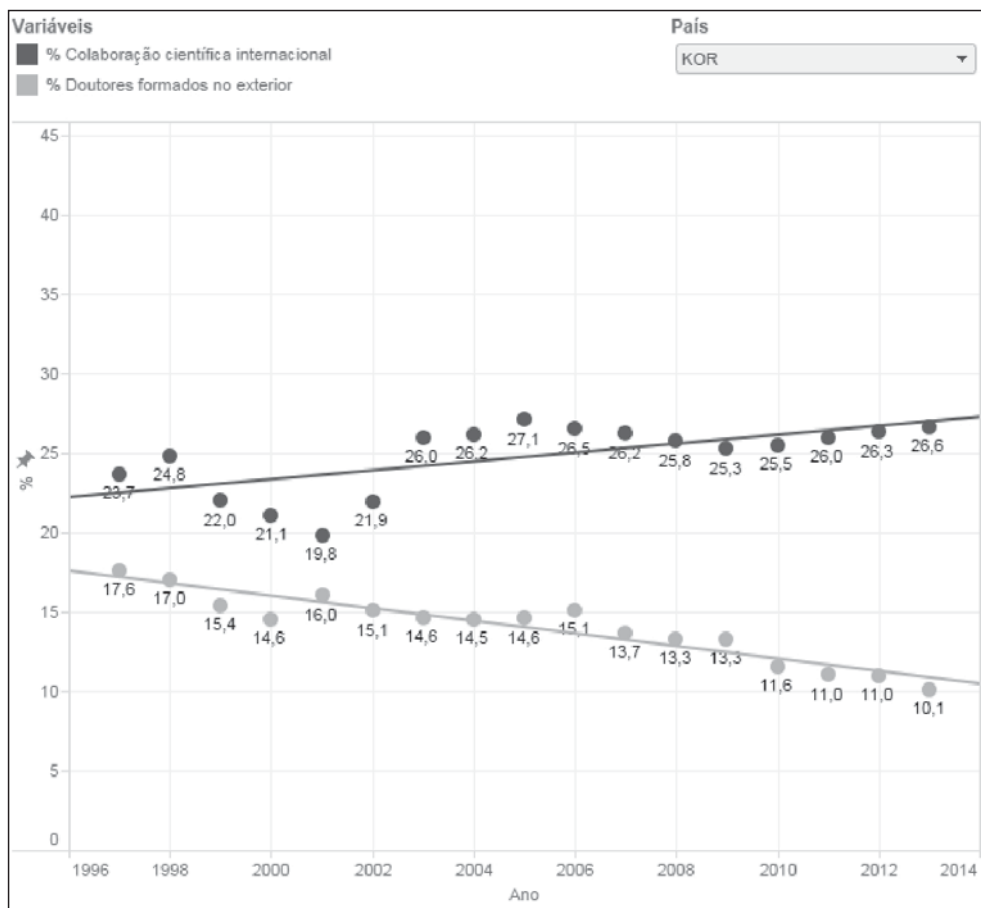
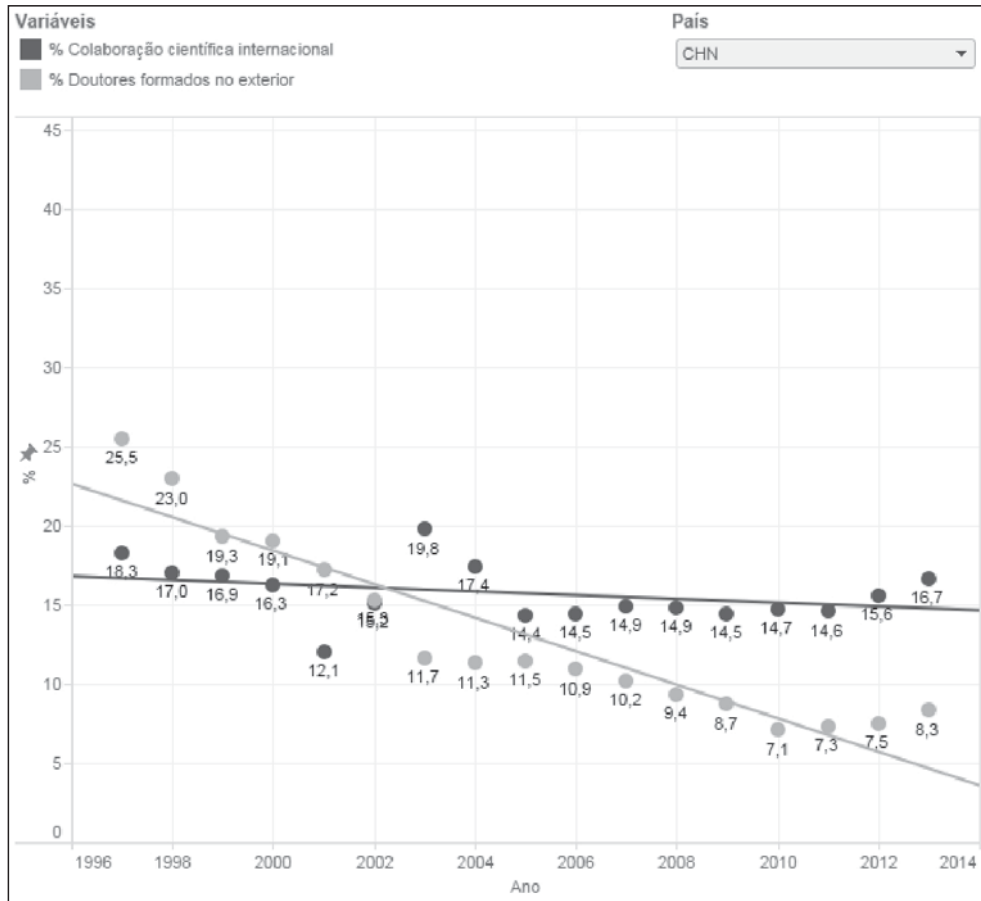
### 2.4.1 Composição da participação internacional na formação de doutores e na colaboração científica por país

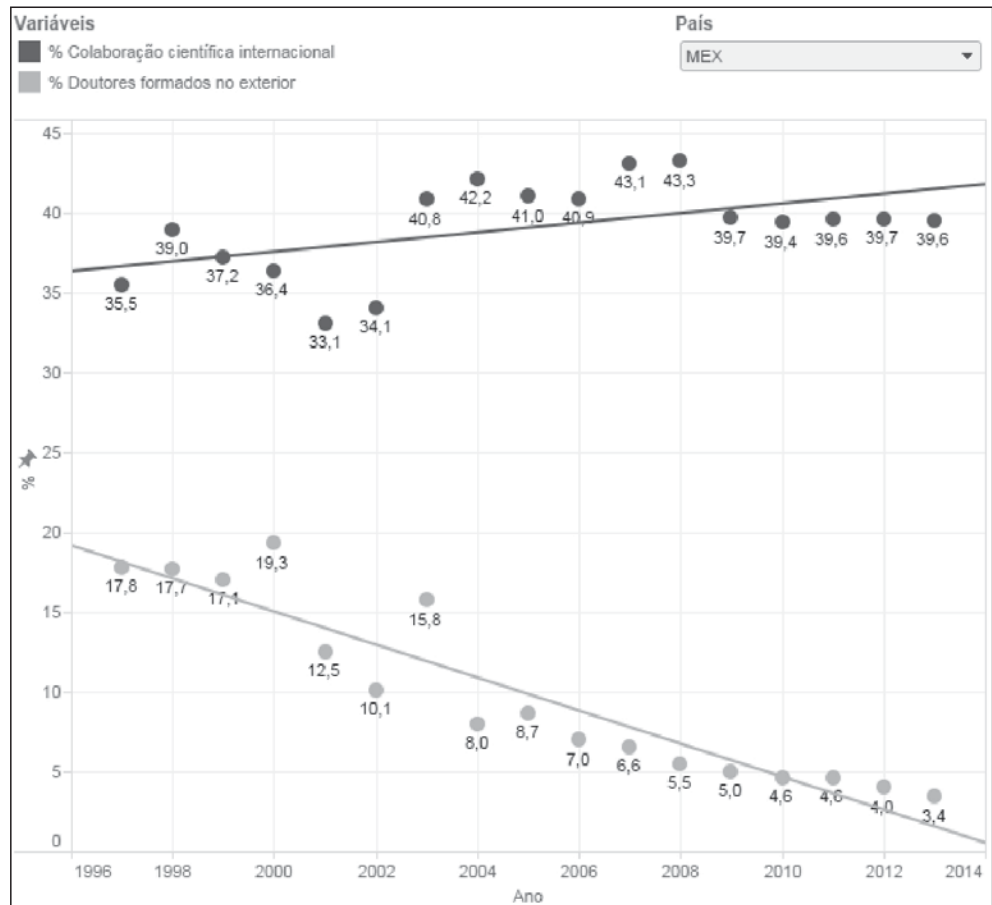
O Gráfico 1 reproduz visualmente os dados da Tabela 2, mostrando as tendências da participação internacional na formação de doutores e na produção científica de cada país no período 1997-2013. Nos quatro casos, o percentual de doutores formados no exterior decresceu; no entanto, tanto no Brasil quanto na China também decresceu o percentual das coautorias internacionais na produção científica, ao contrário do observado na Coreia do Sul e no México.

**Gráfico 1 - Evolução da participação internacional na formação de doutores e na produção científica – Países selecionados, 1997 a 2013**









Fonte: Elaboração própria a partir das fontes informadas no Quadro 1.

Nota: Ver Tabela 2.

Brasil e China apostaram na expansão e no fortalecimento do sistema nacional de ensino superior e pesquisa: o Brasil, a partir da década de 1970, em processo dirigido pelas agências federais Capes e CNPq (SANTANA et al., 2000); a China, a partir da década seguinte, pós-Revolução Cultural, com as reformas modernizadoras nas áreas de indústria, agricultura, ciência e tecnologia e defesa nacional (GUO, 2000).

Os anos de 1990 marcaram para ambos os países uma inflexão na política de formação de doutores. Desde o início dessa década, o Brasil vem reduzindo drasticamente o envio de estudantes de doutorado para formação plena no exterior (VELHO; RAMOS, 2014). Concomitantemente, ganhou força, no país, a formação em instituições nacionais, tornando as modalidades de curta duração estratégia preferencial de mobilidade acadêmica internacional (BALBACHEVSKY, 2006; BALBACHEVSKY; MARQUES, 2009, SCHWARTZMAN, 2009; VELHO, 2001; VELLOSO, 2006).

O Programa Ciência sem Fronteiras, lançado em 2011 pela Presidência da República do Brasil, tem dado continuidade a tal lógica – de reforço das bolsas de curta duração em detrimento das de formação plena no exterior – sem que essa experiência anterior da Capes e do CNPq tenha tido seus impactos avaliados. Dados de execução do programa revelam que o doutorado sanduíche representa de longe a principal forma de mobilidade internacional apoiada em nível de pós-graduação e pesquisa, seguida pelo pós-doutorado e, em volume bem menor, pelo doutorado pleno (VELHO; RAMOS, 2014).

Na China, o foco foi a adequação da proporção de doutores em relação a mestres segundo as necessidades do processo de *catching up* econômico, científico e tecnológico em curso. Estabeleceu-se como meta elevá-la de 1:14, em média, no período 1982-1995, para 1:5, em média, a partir de 1996, e, como estratégia, a formação em instituições nacionais (GUO, 2000).

Tendo em conta o enorme tamanho da população chinesa, nem mesmo com essa reforma, que dinamizou intensamente a formação e o mercado de trabalho para doutores no país, o envio de estudantes para formação avançada no exterior arrefeceu, conforme mostram os dados na Tabela 1a. Tradicionalmente, à exceção do período 1967-1974, estudantes chineses migram para o exterior, em grande número, com o objetivo de realizar estudos e pesquisas<sup>5</sup>. Muitos acabaram não retornando à China<sup>6</sup>, pelo menos não imediatamente após formarem-se, mas isso não impediu que famílias financeiramente capazes investissem na formação de seus filhos no exterior e nem que medidas governamentais mais restritivas perdurassem.

A partir de 1996, o governo chinês adotou a política, considerada a mais liberal desde a Revolução Cultural, de tolerar a migração internacional de estudantes de pós-graduação, cientistas e engenheiros, de otimizar sua contribuição para o país e de melhorar o ambiente nacional para o ensino superior, a pesquisa e o empreendedorismo (GUO, 2000). Com isso, chineses altamente qualificados e especializados foram estimulados a inserirem-se na comunidade internacional, resultando em maior mobilidade de cientistas e engenheiros para dentro e para fora das fronteiras do país.

<sup>5</sup> Estima-se que durante o período 1978-1998, cerca de 300.000 estudantes chineses tenham migrado para mais de 100 países em busca de formação de nível superior. Os Estados Unidos foram o destino de mais da metade desse contingente, e a formação doutoral, o principal objetivo: cerca de 80% dos casos (GUO, 2000).

<sup>6</sup> De acordo com estatísticas incompletas da Embaixada da China nos Estados Unidos, entre 1978 e 1998, cerca de 160.000 estudantes chineses migraram para os Estados Unidos e apenas 30.000 retornaram para o país de origem.

A atividade científica na China tem apresentado rápido crescimento desde então, e despertou a intensificação da colaboração intrarregional – com o Japão (crescimento de quatro vezes no número de coautorias China-Japão desde 1999), Taiwan (quase oito vezes), Coreia do Sul (quase 10 vezes), Austrália (mais de 10 vezes) e com todos os demais países ativos em pesquisa na região da Ásia-Pacífico (ADAMS, 2012). As fatias dos Estados Unidos e da União Europeia, ao contrário, têm caído como opção de colaboração internacional na maioria das economias asiáticas.

Tanto no Brasil quanto na China, análises recentes do sistema de ciência e tecnologia revelam que a avaliação de desempenho baseia-se na cultura do “publique ou pereça”, direcionando os esforços dos pesquisadores desses países para a publicação de artigos em periódicos com elevado fator de impacto indexados pelo *Science Citation Index (SCI)* (CAO et al., 2013; FAPESP, 2005, 2011a). Na China, os estudantes de doutorado devem, inclusive, apresentar certo número de publicações desse tipo para poderem defender suas teses e obter o título de doutor; no Brasil, foi introduzida nova modalidade de tese – coletânea de artigos científicos aceitos para publicação em periódicos do estrato superior do sistema Qualis/Capes – como requisito para a conclusão do curso. A consequência natural dessas estratégias é o notável crescimento dos indicadores de produção científica da China e do Brasil no cenário mundial da ciência (Tabela 1b).

O intenso crescimento da produção não tem se refletido em crescimento proporcional da colaboração científica internacional desses países (Tabelas 1 e 2). A queda na formação plena no exterior diante da formação em instituições nacionais pode explicar, em parte, essa situação (Gráfico 1), haja vista a relevância da formação plena no exterior para a inserção de jovens pesquisadores nas redes científicas globais. Conforme destacam Moura Castro et al. (2012, p. 32), “[...] a formação no exterior é insubstituível pelo contato com a nova cultura, pelo ganho de conhecimentos tácitos e pela integração ao circuito internacional de conhecimento”.

Na Coreia do Sul, embora tenha crescido o contingente de estudantes de doutorado enviados aos Estados Unidos para formação

plena entre os anos de 1997 e 2013, aumentou ainda mais a formação de doutores em instituições nacionais (Tabela 1a). Em termos relativos, portanto, a formação em instituições norte-americanas apresentou redução no período (Tabela 2a; Gráfico 1). A colaboração internacional, por sua vez, cresceu com a produção científica, elevando-se 11,5% ao ano no período. Esses dados sugerem que a internacionalização da ciência sul-coreana tornou-se menos dependente da formação de doutores em instituições de classe mundial localizadas nos Estados Unidos.

De acordo com NSF (2000), a reforma no sistema de ensino superior e pesquisa sul-coreano a partir de 1987 foi focada no estabelecimento de instituições de pós-graduação com nível internacional de excelência, mediante pesado investimento em instalações universitárias, infraestrutura de pesquisa de ponta e professores altamente qualificados nas áreas de ciências e engenharias formados no país ou no exterior. Esse processo contou com amplo apoio do setor industrial privado. O plano *Educating Koreans as the Prospective Leaders for the 21st Century* forneceu as bases para o avanço qualitativo, além de quantitativo, da educação superior no país.

Como resultado desse esforço continuado nas últimas duas décadas, tanto na Coreia do Sul como em outros países asiáticos, desenvolveu-se massa crítica local em proporção tal que afetou os padrões de colaboração internacional no continente asiático. A região tem passado por significativas mudanças em termos da localização de pesquisadores estrangeiros com os quais os asiáticos colaboram. Segundo a NSF (2007), entre 1998 e 2003, a fatia dos Estados Unidos na participação estrangeira em pesquisa colaborativa diminuiu substancialmente em todas as economias asiáticas, exceto em Cingapura e na Tailândia. A fatia da União Europeia também caiu na maioria das economias asiáticas, enquanto a proporção intrarregional aumentou de modo geral.

No México, o *Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT)*, órgão responsável pela formulação de políticas nacionais de ciência e tecnologia, implementou mudanças no sistema de pós-graduação, especificamente quanto aos critérios de reconhecimento e avaliação de programas, que geraram variações no número de egressos das instituições

nacionais entre 1987 e meados de 1996. Com o *Programa de Gobierno de Ciencia y Tecnología 1995-2000*, a formação de recursos humanos de alto nível em ciência e tecnologia ganhou prioridade, e os programas de excelência passaram a receber apoio institucional e financeiro para sua expansão (VESSURI, 2000).

Embora tenham tido crescimento relevante desde então, esses programas ainda são poucos, e as condições de financiamento de estudos no exterior são frequentemente melhores do que no país. Além disso, a posição geográfica do México o torna um parceiro diferencial nas relações internacionais dos Estados Unidos e no âmbito do Tratado Norte-Americano de Livre Comércio (NAFTA). O país também é membro da Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico (OCDE), da qual participam países econômica e cientificamente centrais no mundo. Nesse contexto, as universidades norte-americanas tornam-se opções muito atrativas de formação superior, sobretudo em níveis avançados, para famílias mexicanas capazes de financiar estudos no exterior<sup>7</sup>. Estima-se que os Estados Unidos são o destino de 63% dos estudantes mexicanos que se formam no exterior, seguidos de Espanha (11%), Reino Unido e França (16%) (BRUNNER et al., 2008).

No que se refere à pesquisa, o sistema mexicano, ainda que tenha crescido consideravelmente nas últimas décadas, é o menor em tamanho entre os quatro países analisados. Sua produção científica total ficou em 17.662 artigos indexados na base Scopus/Elsevier em 2013, bem menor que os 59.111 do Brasil, os 71.072 da Coreia do Sul e os 425.677 da China (Tabela 1b). Tal situação, combinada com a forte relação do México com os Estados Unidos e outros países centrais no desenvolvimento científico<sup>8</sup>, contribuiu para uma ampla internacionalização da base de conhecimentos do país nas últimas décadas. O percentual de coautorias internacionais na produção científica mexicana aumentou de 18%, em 1981 (VELOSO; BRAMBILA; GONZALEZ, 2006), para 39,6%, em 2013 (Tabela 2b; Gráfico 1).

Esses resultados, em conjunto, mostram que há distintos padrões de inserção dos sistemas de ensino superior e pesquisa no sistema global de ciência. No caso da China e do Brasil, a formação plena de doutores

<sup>7</sup> No doutorado, quase metade (46,9%) financia os estudos com recursos próprios e os demais, com bolsas do governo mexicano ou de mecanismos de cooperação internacional, especialmente com os Estados Unidos e a União Europeia (VESSURI, 2000).

<sup>8</sup> Merece destaque a atuação da Asociación Mexicana para la Educación Internacional (AMPEI) junto a organismos internacionais como a National Association of International Educators (NAFSA), nos Estados Unidos, e a European Association for International Education (EAIE), na União Europeia.

em instituições de classe mundial parece interferir positivamente na capacidade das instituições nacionais de se inserirem em redes científicas internacionais e estabelecerem relações de colaboração duradouras, haja vista a tendência similar (no mesmo sentido, de queda) da formação de doutores nos Estados Unidos e das coautorias internacionais na produção científica (Gráfico 1). Por outro lado, sob a influência de condições e trajetórias específicas, na Coreia do Sul e no México, a redução relativa da formação de doutores em instituições norte-americanas não parece afetar a evolução das coautorias internacionais na produção científica.

#### 2.4.2 Dinâmica da participação internacional na formação de doutores e na colaboração científica no conjunto de países

Conforme detalhado na seção 2.2, a dinâmica da participação internacional na formação de doutores e na colaboração científica pode ser captada matematicamente pela distância L1 entre as distribuições percentuais de cada variável pelos quatro países foco deste estudo. A Tabela 3 mostra essas distribuições e as distâncias L1, calculadas a partir dos valores absolutos apresentados na Tabela 1.

**Tabela 3 - Distribuições da participação internacional na formação de doutores e na colaboração científica (%) e distâncias L1 (p.p.) – Países selecionados, 1997 a 2013**

Ano	Formação de doutores					Colaboração científica				
	BRA	CHN	KOR	MEX	d (s, t)	BRA	CHN	KOR	MEX	d (s, t)
1997	4,09	64,31	27,52	4,09	-	24,32	42,09	20,91	12,67	-
1998	4,56	65,53	25,20	4,71	2,32	24,38	41,07	20,96	13,59	1,02
1999	5,28	63,58	26,21	4,92	1,95	23,49	41,02	21,55	13,94	0,94
2000	4,21	63,88	25,81	6,11	1,48	23,25	42,82	20,93	12,99	1,81
2001	3,99	62,99	27,98	5,05	2,17	21,74	42,49	22,97	12,80	2,04
2002	4,07	62,89	28,24	4,80	0,34	21,20	44,19	22,73	11,88	1,70
2003	3,92	60,52	29,95	5,61	2,52	18,87	47,23	22,45	11,46	3,04

Ano	Formação de doutores					Colaboração científica				
	BRA	CHN	KOR	MEX	d (s, t)	BRA	CHN	KOR	MEX	d (s, t)
2004	3,99	63,21	28,51	4,28	2,76	17,83	49,89	21,82	10,45	2,67
2005	3,77	65,63	26,38	4,23	2,42	17,07	51,11	22,00	9,82	1,40
2006	2,99	69,55	24,17	3,29	3,92	17,47	51,84	21,40	9,30	1,12
2007	2,41	72,31	22,10	3,19	2,76	17,79	53,18	20,25	8,78	1,66
2008	2,48	71,51	22,78	3,23	0,80	18,40	54,21	18,75	8,64	1,64
2009	2,67	68,34	25,41	3,59	3,18	15,28	58,45	18,34	7,93	4,24
2010	2,92	68,25	25,16	3,67	0,33	14,26	59,80	18,51	7,43	1,52
2011	2,59	69,15	25,06	3,21	0,90	13,81	60,77	18,32	7,10	0,97
2012	2,66	69,57	24,26	3,52	0,79	13,88	61,36	17,99	6,77	0,66
2013	2,19	73,79	21,31	2,71	4,22	13,67	63,24	16,86	6,23	1,88

**Fonte:** Elaboração própria a partir das fontes informadas no Quadro 1.

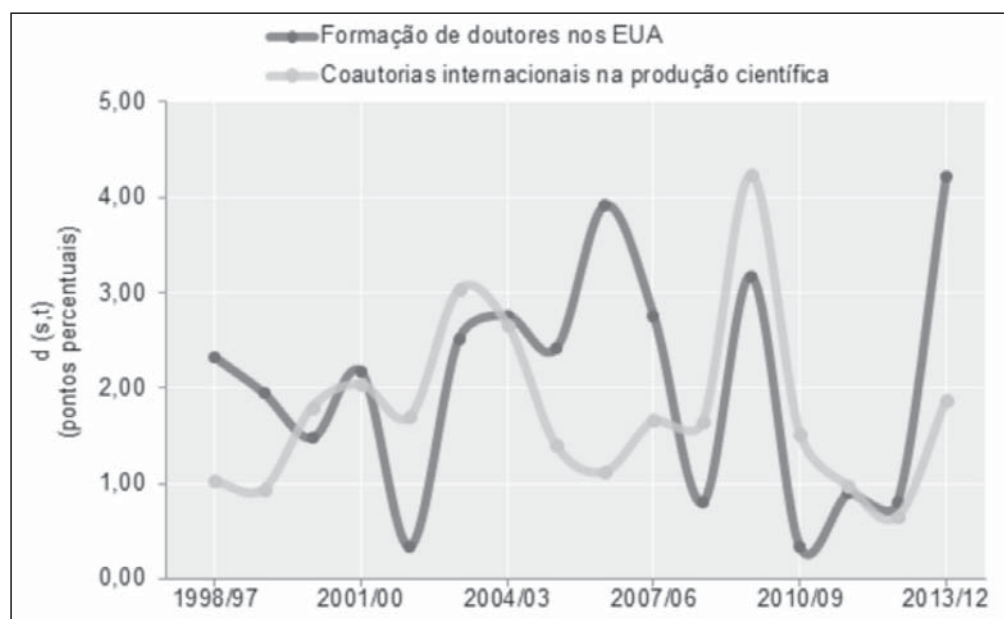
**Notas:** 1) Ver Seção 2.2 (fórmulas de cálculo 3 e 4) e Tabela 1 (valores absolutos). 2) Para cada variável, os valores em cada ano sob as colunas dos países (BRA, CHN, KOR e MEX) somam 100%.

As distâncias L1 representam a magnitude da mudança da distribuição percentual da variável em um ano (t) em relação à distribuição percentual da mesma variável no ano imediatamente anterior (s) e devem ser lidas em pontos percentuais. Representam, portanto, uma medida da dinâmica de cada variável. De acordo com a Tabela 3, a maior mudança anual da participação internacional na formação de doutores ocorreu entre 2012 e 2013 (4,22 p.p.). Na colaboração internacional, por sua vez, a maior mudança anual ocorreu entre os anos de 2008 e 2009 (4,24 p.p.).

O Gráfico 2 mostra as distâncias L1 constantes da Tabela 3 como curvas, de modo a evidenciar a forma da dinâmica no período analisado. De 1997 a 2013, notam-se comportamentos compatíveis (sucessões de crescimento e queda) entre as curvas correspondentes à participação internacional tanto na formação de doutores quanto na colaboração científica. É possível verificar também diferenças de magnitude e alguma defasagem temporal nos movimentos registrados em cada variável.



## Gráfico 2 – Distâncias L1 das distribuições percentuais da participação internacional na formação de doutores e na colaboração científica – Países selecionados, 1997 a 2013



Fonte: Elaboração própria a partir das fontes informadas no Quadro 1.

Nota: Ver Seção 2.2 (fórmulas de cálculo 3, 4 e  $d(s, t)$ ) e Tabela 3 (valores calculados).

Em síntese, as dinâmicas das variáveis são coerentes entre si, o que reforça a plausibilidade da associação entre formação de doutores no exterior e colaboração científica internacional, conforme proposto no referencial analítico utilizado neste estudo.

### 3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O foco deste artigo foi a análise quantitativa da associação entre formação de doutores no exterior e colaboração científica internacional, levantada por alguns autores no contexto das discussões sobre a internacionalização da ciência brasileira. Há algum tempo com prioridade na pauta da Política Científica, Tecnológica e de Inovação (PCTI) de muitos dos países, o assunto voltou com força à pauta da PCTI no Brasil em 2011, quando a Presidente da República Dilma Rousseff lançou o Programa Ciência sem Fronteiras.

Diante de um diagnóstico de relativo baixo grau de internacionalização da ciência brasileira – tanto no que diz respeito à mobilidade internacional

de estudantes de pós-graduação e pesquisadores e à participação em redes e projetos científicos transnacionais, quanto à coordenação e planejamento conjunto de atividades internacionais em CT&I – gestores e dirigentes do setor começaram a pensar estratégias para intensificar a inserção internacional das instituições e revistas científicas nacionais. O discurso oficial privilegia o desenvolvimento da cooperação internacional, o aumento da visibilidade e do impacto das revistas e da produção científica brasileira. A política de formação de doutores tem sido ignorada, ainda que especialistas indiquem associação entre essa vertente da PCTI e o grau de internacionalização da ciência.

Tal associação foi estudada neste trabalho a partir da evolução de *proxies* – percentual de doutores formados em instituições norte-americanas em relação ao total (em instituições nacionais ou norte-americanas), para a variável formação de doutores no exterior; percentual de coautorias internacionais na produção científica nacional, para a variável colaboração científica internacional – para países selecionados no período 1997-2013.

Os resultados obtidos sugerem a existência de distintos padrões de inserção dos países no sistema global de ciência – Brasil e China ainda dependentes da formação de doutores em instituições de classe mundial para manter ou aumentar sua cooperação com elas, resultando em publicações conjuntas; Coreia do Sul e México, sob a influência de condições e trajetórias específicas, têm conseguido manter o nível de colaboração internacional em ciência, mesmo reduzindo a formação de seus quadros em instituições de classe mundial.

Analisando as mudanças relativas na evolução das *proxies* definidas nesse conjunto de países, dinâmicas coerentes foram observadas, o que reforça a plausibilidade da associação entre formação de doutores no exterior e colaboração científica internacional, conforme proposto no referencial analítico utilizado neste estudo.

## Referências

ADAMS, J. The rise of research networks. **Nature**, [S. l.], v. 490, p. 335-336, 17 out. 2012. DOI: 10.1038/490335a.

ADAMS, J.; PENDLEBURY, D.; STEMBRIDGE, B. **Building BRICKS** – exploring the global research and innovation impact of Brazil, Russia, India, China and South Korea. [S.l.]: Thomson Reuters, fev. 2013. Disponível em: <<http://sciencewatch.com/sites/sw/files/sw-article/media/grr-brick.pdf>>. Acesso em: 2 ago. 2013.

ALISSON, E. Pesquisa de qualidade, não de quantidade. **Agência FAPESP**, 25 jul. 2013. Disponível em: <[agencia.fapesp.br/17608](http://agencia.fapesp.br/17608)>. Acesso em: 2 ago. 2013.

ALTBACH, P. G.; REISBERG, L.; RUMBLEY, L. E. **Trends in global higher education: tracking an academic revolution**. Paris: UNESCO Publishing, 2009.

BALBACHEVSKY, E. Brazil's higher education responses to the global challenges of the 21st century. **Thinking Brazil**, n. 23, jul. 2006.

BALBACHEVSKY, E.; MARQUES, F. "Fuga de cerebros" en Brasil: los costos públicos del errado entendimiento de una realidad académica. In: AUPETIT, S. D.; GÉRARD, E. (Eds.). **Fuga de cerebros, movilidad académica, redes científicas: perspectivas latinoamericanas**. México, D.F.: CINVESTAV, 2009. p.161-173.

BOZEMAN, B.; CORLEY, E. Scientists' collaboration strategies: implications for scientific and technical human capital. **Research Policy**, Amsterdam, v. 33, n. 4, p. 599-616, 2004.

BRUNNER, J. J. et al. **OECD Reviews of tertiary education – Mexico**. Paris: OECD Publishing, 2008.

CAO, C. et al. Reforming China's S&T system. **Science**, New York, v. 341, p. 460-462, 2013.

CHINA. Ministry of Education. **Students in regular Higher Education Institutions**, Postgraduates, Doctor's degrees, Degrees awarded. Disponível em: <<http://en.moe.gov.cn/Resources/Statistics/>>. Acesso em: 29 set. 2013.

GEOCAPES – Sistema de Informações Georreferenciadas. **Distribuição de discentes de pós-graduação no Brasil por Estado (ao final do ano)**.

Mantido pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. Disponível em: <geocapes.capes.gov.br>. Acesso em: 7 jul. 2015.

FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo. **Indicadores de ciência, tecnologia e inovação em São Paulo 2004**. São Paulo: FAPESP, 2005.

\_\_\_\_\_. **Indicadores de ciência, tecnologia e inovação em São Paulo 2010**. São Paulo: FAPESP, 2011a.

\_\_\_\_\_. Tabela anexa 2.22a – Titulados na pós-graduação, segundo área do conhecimento – Brasil (excluindo São Paulo) e Estado de São Paulo – 1996-2006. In: FAPESP. **Indicadores de ciência, tecnologia e inovação em São Paulo 2010**. São Paulo: FAPESP, 2011b. v. 2.

GARAGORRY, F. **Elementos de agrodinâmica**. Brasília/DF: Embrapa, Secretaria de Gestão Estratégica – SGE, 2008. Disponível em: <<http://www22.sede.embrapa.br/web/sge01/estatisticaagricola/dinamica/relatorioagrodinamica.pdf>>. Acesso em: 20 jul. 2016.

GLÄNZEL, W.; LETA, J.; THIJS, B. Science in Brazil. Part 1: a macro-level comparative study. **Scientometrics**, Budapest, v. 67, n. 1, p. 67-86, 2006.

GUO, Y. Graduate education reforms and international mobility of scientists and engineers in China. In: NSF - National Science Foundation, Division of Science Resources Studies, Project Officer: Jean M. Johnson. **Graduate education reform in Europe, Asia, and the Americas and international mobility of scientists and engineers: Proceedings of an NSF Workshop**. Arlington, VA: National Science Foundation, 2000. NSF 00-318. p. 27-42.

KATZ, J. S.; MARTIN, B. R. What is research collaboration? **Research Policy**, Amsterdam, v. 26, p.1-18, 1997.

KNORR-CETINA, K. D. Scientific communities or transepistemic arenas of research? A critique of quasi-economic models of science. **Social Studies of Science**, London, v. 12, p. 101-130, 1982.

LADLE, R. J.; TODD, P. A.; MALHADO, A. C. M. Assessing insularity in global science. **Scientometrics**, Budapest, v. 93, n. 3, p. 745-750, 2012.

LETA, J.; THIJS, B.; GLÄNZEL, W. A macro-level study of science in Brazil: seven years later. **Encontros Bibli: revista eletrônica de biblioteconomia e ciência da informação**, Brasília, v. 18, n. 36, p.51-66, jan./abr. 2013.

LUNDEVALL B. A. **National systems of innovation: towards a theory of innovation and interactive learning**. London: Pinter, 1992.

MOURA CASTRO, C. et al. Cem mil bolsistas no exterior. **Interesse Nacional**, São Paulo, p. 25-36, abr./jun. 2012.

NSB – National Science Board. Table 26. Doctorates awarded, by field and country or economy of citizenship for 10 largest countries of origin of temporary visa holders earning doctorates at U.S. colleges and universities: 2003-13. In: \_\_\_\_\_. **Science and engineering indicators 2014**. Arlington VA: National Science Foundation, 2014. NSB 14-01.

\_\_\_\_\_. Appendix table 2-38. S&E doctoral degrees, by selected Asian country/economy and field: 1994-2008. In: \_\_\_\_\_. **Science and engineering indicators 2012**. Arlington VA: National Science Foundation, 2012. NSB 12-01.

NSF – National Science Foundation, Division of Science Resources Studies (SRS), Project Officer: Jean M. Johnson. **Graduate education reform in Europe, Asia, and the Americas and international mobility of scientists and engineers: Proceedings of an NSF Workshop**. Arlington, VA: National Science Foundation, 2000. NSF 00-318.

\_\_\_\_\_. **Asia's rising science and technology strength: comparative indicators for Asia, the European Union, and the United States**. Arlington, VA: National Science Foundation, 2007. NSF 07-319.

OECD. STAT. **Mantido pela Organisation for Economic Co-operation and Development**. Disponível em: <<http://stats.oecd.org/Index.aspx?DatasetCode=RGRADSTY#>>. Acesso em: 7 jul. 2015. Dados extraídos: Education, Graduates by field of education, Advanced research programmes.

RAMOS, M. Y.; VELHO, L. Formação de doutores no Brasil: o esgotamento do modelo vigente frente aos desafios colocados pela emergência do sistema global de ciência. **Avaliação (Campinas)**, Sorocaba, v. 18, n. 1, p. 219-246, 2013.

RICYT – Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología – Iberoamericana e Interamericana. Disponível em: <<http://db.ricyt.org/ui/v1.0/index.html#>>. Acesso em: 29 set. 2013. Dados extraídos: Indicadores comparativos, Graduados en Educación Superior, Doctorados.

SANTANA, B. et al. Graduate education in Brazil. In: NSF – National Science Foundation, Division of Science Resources Studies, Project Officer: Jean M. Johnson. **Graduate education reform in Europe, Asia, and the Americas and international mobility of scientists and engineers**: Proceedings of an NSF Workshop. Arlington, VA: National Science Foundation, 2000. NSF 00-318. p.203-222

SCHWARTZMAN, S. Nacionalismo versus internacionalismo en las políticas de formación de recursos humanos de alto nível. In: AUPETIT, S. D.; GÉRARD, E. (Eds.). **Fuga de cerebros, movilidad académica, redes científicas**: perspectivas latinoamericanas. México, D.F.: CINVESTAV, 2009. p.63-73.

SJR – SCImago Journal & Country Rank, 2007. Desenvolvido e mantido pela SCImago. Disponível em: <<http://www.scimagojr.com>>. Acesso em: 7 jul. 2015. Dados extraídos: Documents; International collaboration.

SILVEIRA, E. da. Brasil precisa aumentar o impacto da ciência que produz. **Notícias SBPC**. Disponível em: <<http://www.sbpcnet.org.br/recife/noticias/noticias20.php>>. Acesso em: 2 ago. 2013.

SOUZA, J. de. **Estatística econômica e social**. Rio de Janeiro: Campus, 1977.

SURVEY OF EARNED DOCTORATES. Washington: National Research Council, NSF, NIH, USED, NEH, NASA, 1997-2013. Anual. Dados extraídos: Countries/economies of origin of temporary visa holders earning doctorates at U.S. colleges and universities.

THE ROYAL SOCIETY. **Knowledge, networks and nations**: global scientific collaboration in the 21st century. London: The Royal Society, 2011.

VELHO, L. Formação de doutores no país e no exterior: estratégias alternativas ou complementares? **Dados – Revista de Ciências Sociais**, Rio de Janeiro: IUPERJ, v. 44, n. 3, p. 607-631, 2001.

VELHO, L.; RAMOS, M. Y. Internacionalização da ciência no Brasil e mobilidade internacional: políticas, práticas e impacto. In: MARINHO, M. G. S. M. C. et al. (Orgs.). **Abordagens em ciência, tecnologia e sociedade**. Santo André: Universidade Federal do ABC, 2014. cap.11, p. 263-287.

VELLOSO, J. Pós-Graduação: egressos, trabalho e formação no país e no exterior. In: STEINER, João E.; MALNIC, G. (Orgs.). **Ensino superior**: conceito e dinâmica. São Paulo: Edusp, 2006.

VELOSO, F. M.; BRAMBILLA, GONZALEZ, C.; GONZALEZ, L. R. **Mexican science in a global context**. set. 2006. Disponível em: <[http://www.siicyt.gob.mx/siicyt/docs/contenido/Mexico\\_ST\\_Assessment-Final\\_Presentation-English.pdf](http://www.siicyt.gob.mx/siicyt/docs/contenido/Mexico_ST_Assessment-Final_Presentation-English.pdf)>. Acesso em: 3 out. 2013. Apresentação no formato .pdf que resume os resultados do projeto "Assessing Mexican science and technology productivity: international benchmarking and an analysis of SNI researchers".

VESSURI, H. Mexico, Colombia, and Venezuela. In: NSF – National Science Foundation, Division of Science Resources Studies, Project Officer: Jean M. Johnson. **Graduate education reform in Europe, Asia, and the Americas and international mobility of scientists and engineers**: Proceedings of an NSF Workshop. Arlington, VA: National Science Foundation, 2000. NSF 00-318, p. 241-280.

WAGNER, C. S. **International collaboration in science**: a new dynamic for knowledge creation. 2004. Thesis (Doctorate in Science & Technology Dynamics) – Faculty of Social and Behavioural Sciences, University of Amsterdam, Amsterdam, 2004.

WAGNER, C. S.; PARK, H. W.; LEYDERSDORFF, L. The continuing growth of global cooperation networks in research: A conundrum for national governments. **PLoS ONE**, San Francisco, v. 10, n. 7, e0131816, 2015.

WOOLLEY, R.; TURPIN, T.; MARCEAU, J.; HILL, S. Mobility matters – research training and network building in science. **Comparative Technology Transfer and Society**, Baltimore, v. 6, n. 3, p. 159-186, 2008.

Recebido em 12/06/2016

Aprovado em 04/08/2016