

CAPACITAÇÕES CIENTÍFICAS DO BRASIL EM TELECOMUNICAÇÕES: O QUE SE PODE DEPREENDER DA EVOLUÇÃO RECENTE DA PRODUÇÃO DE ARTIGOS NA ÁREA?*

PAULO A. MEYER M. NASCIMENTO**

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho é um ensaio inicial de um estudo em andamento sobre capacitações científicas brasileiras. Espera-se que os dados apresentados e analisados, centrados em telecomunicações, contribuam com o debate em voga sobre as perspectivas brasileiras no setor, tema que permeia a discussão de todos os ensaios publicados nesta edição do *Radar*.

As próximas seções buscarão indicar o caminho para se chegar a respostas a cinco perguntas relacionadas às capacitações científicas nacionais no setor de telecomunicações: a) Como estamos em relação a outros países? b) Com quem mais interagimos? c) O mundo nos escuta quando falamos em telecomunicações? d) O mundo nos escuta quando falamos do que mais quer ele ouvir sobre telecomunicações? e) Como estão distribuídas nossas competências internamente?

Para perseguir esta finalidade, partiu-se da base de artigos indexados em periódicos internacionais que se encontra disponível no portal ISI/Web of Science, acessível às instituições que subscrevem o portal de periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), tendo sido limitada a busca para o período que compreende os anos de 2000 a 2010.¹ Cada uma das cinco seções que seguem traz como título uma das indagações elencadas no parágrafo anterior, e explora dados que ajudam a responder à sua respectiva pergunta-problema. A seção final traz algumas conclusões e suas possíveis implicações.

2 COMO ESTAMOS EM RELAÇÃO A OUTROS PAÍSES?

Para o período de 1º de janeiro de 2000 a 22 de setembro de 2010, o portal ISI/Web of Science relata a existência de 383 artigos completos publicados sobre telecomunicações em que ao menos um dos seus autores informa o Brasil como o país de sua atuação profissional. Este nível de produção revela uma contribuição ainda incipiente do Brasil para a produção científica global na área, conforme se pode depreender do gráfico 1.

No gráfico 1, o desempenho pátrio aparece como o menor em um comparativo com outros 13 países. A produção brasileira entre 2000 e 2010 foi comparada à de Rússia, Índia e China (países que, junto com o Brasil, formam o acrônimo BRIC – gráfico 1a); à dos cinco países com maior investimento privado em pesquisa e desenvolvimento no setor de tecnologias da informação e da comunicação – TIC² (Finlândia, Taiwan, Coreia do Sul, Suécia e Japão – gráfico 1b); e à dos cinco países com maior número de coautorias, depois dos Estados Unidos,³ em artigos publicados com participação de brasileiros (França, Inglaterra, Canadá, Alemanha e Itália – gráfico 1c).

* O autor agradece o empenho de Leonardo Aguirre, Ligier Modesto Braga, Calebe Figueiredo, Gustavo Alvarenga e Thiago Araújo, fundamentais na organização de alguns dados e, principalmente, na elaboração do mapa 1. Agradecimentos também aos colegas do Ipea que contribuíram com sugestões e comentários. Erros e omissões remanescentes são de inteira responsabilidade do autor.

** Técnico de Planejamento e Pesquisa da Diretoria de Estudos e Políticas Setoriais, de Inovação, Regulação e Infraestrutura (Diset) do Ipea.

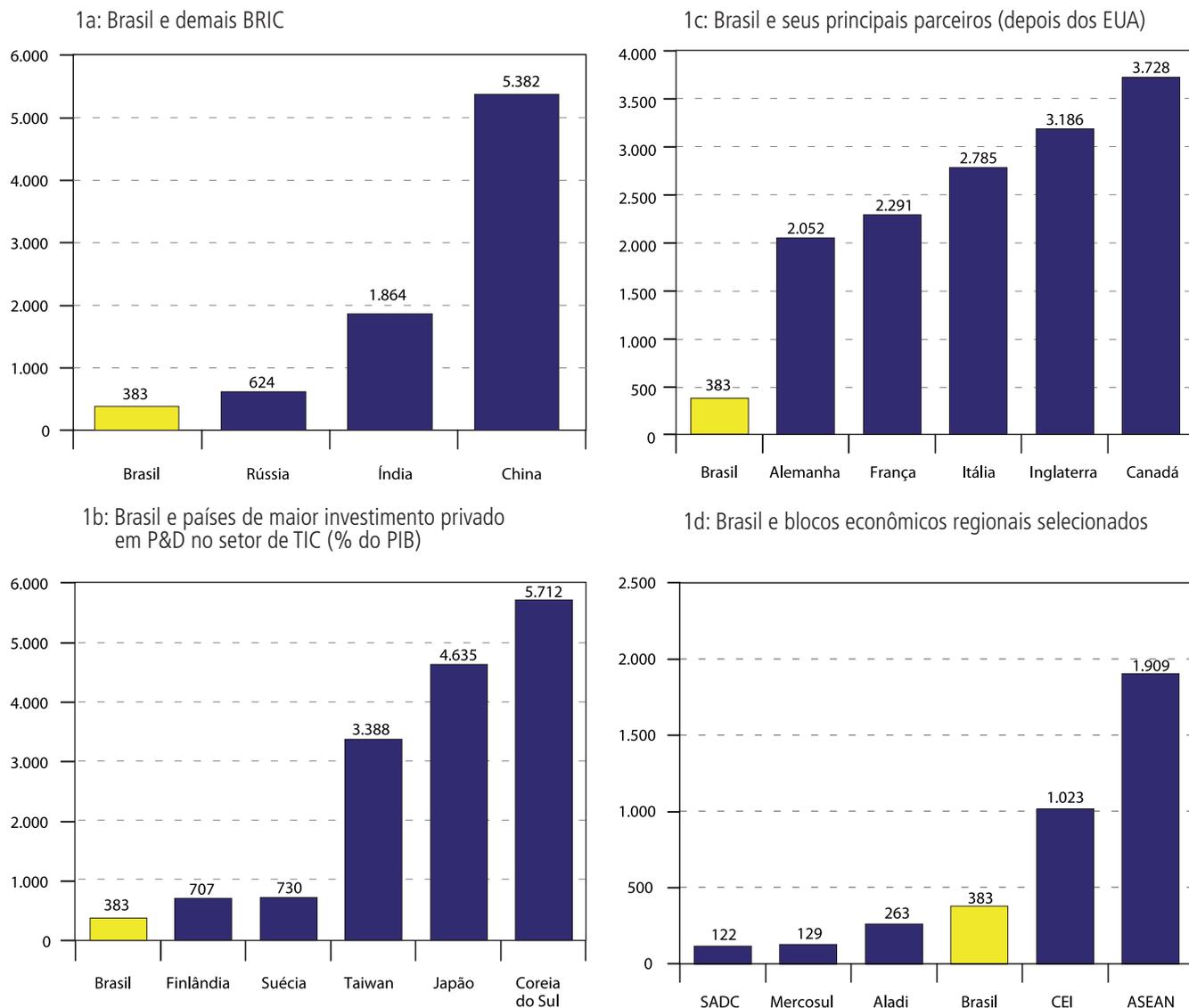
1. Contagem relativa a 2010 restrita aos artigos já indexados no portal ISI/Web of Science até 22/09/2010.

2. Segundo a Comissão Europeia, a partir de dados de 2004 e de 2007 relativos ao BERD (sigla em inglês para dispêndios empresariais em pesquisa e desenvolvimento) de firmas atuantes na área de TIC – ver Lindmark *et al.* (2008) e Turlea *et al.* (2010).

3. Os Estados Unidos, grande *player* em qualquer setor, foram deixados de fora dessa comparação pela dificuldade de se prospectar a sua produção total em telecomunicações valendo-se do portal ISI/Web of Science. A busca disponível fornece respostas até o limite de 100 mil observações. Como o filtro para produção específica em telecomunicações somente pode ser aplicado após a obtenção, para um dado ano, da produção total do país pesquisado, as respostas que retornavam para os Estados Unidos eram sempre subdimensionadas. Este mesmo problema sucedeu-se para a China, embora apenas para os anos de 2008 e de 2009. O leitor deve atentar para o fato de que os chineses podem já ter ultrapassado os sul-coreanos na produção científica em telecomunicações nos anos 2000, embora os números do gráfico 1 ainda não captem este movimento.

GRÁFICO 1

Número de artigos sobre telecomunicações publicados entre 2000 e 2010 – Brasil e países ou blocos econômicos selecionados.



Fonte: Portal ISI/Web of Science.

Elaboração do autor.

Obs.: Para fins de comparação, a produção brasileira não foi computada nos blocos que o Brasil integra (Mercosul e Aladi).

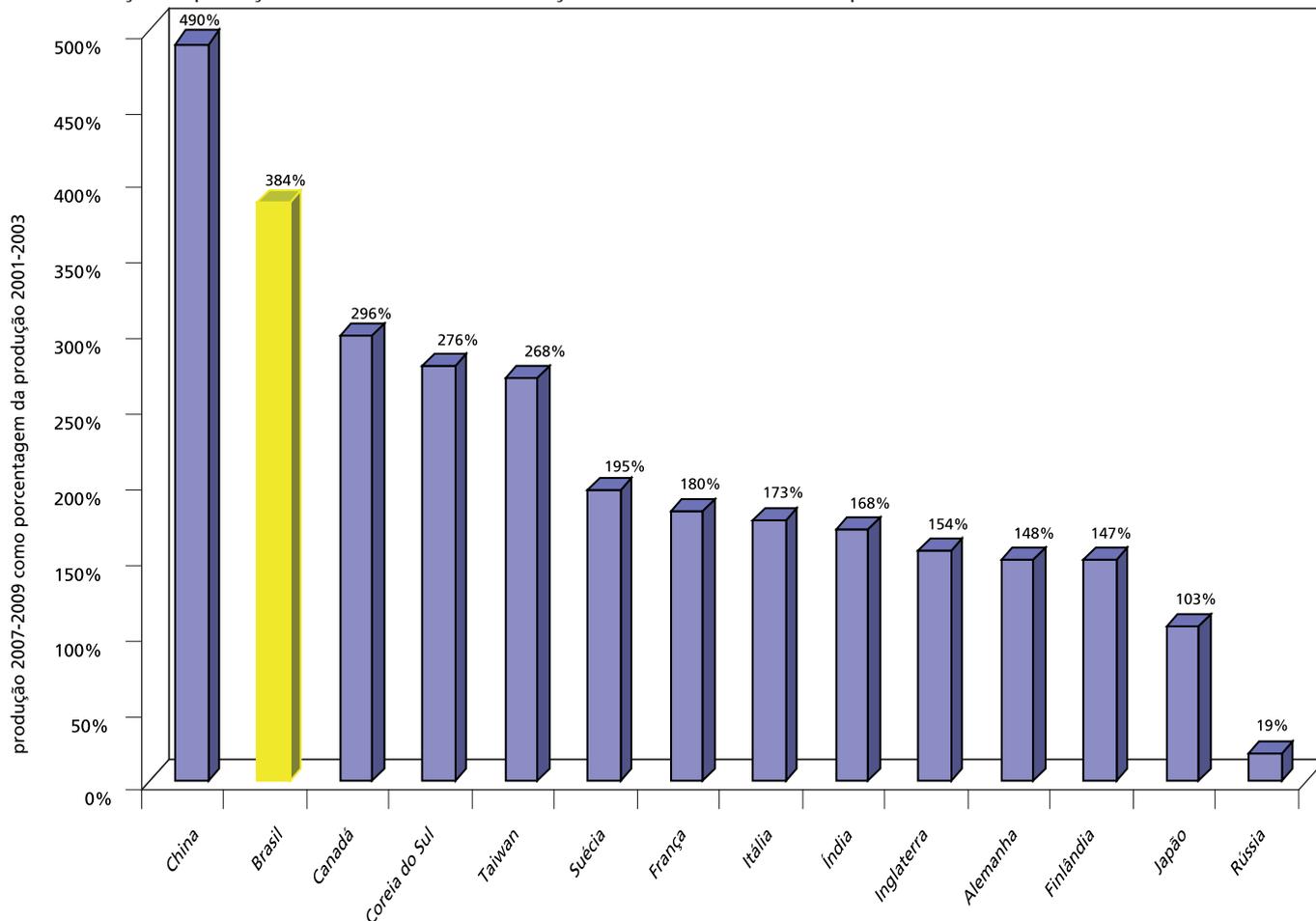
A produção brasileira somente aparece com maior destaque quando comparada à proveniente de países integrantes de blocos econômicos formados por países latino-americanos ou por países africanos. Para esta comparação, o gráfico 1d exibe o desempenho brasileiro frente ao de blocos econômicos regionais da América Latina, África, Eurásia e do Sudeste Asiático – todos formados por outros países em desenvolvimento.⁴

Apesar de muito atrás dos líderes, o Brasil é um dos que, no período, mais aumentaram a sua participação na produção científica em telecomunicações. Entre os países comparados, apenas a China teve crescimento mais ostensivo. O gráfico 2 mostra que a produção brasileira no triênio 2007-2009 (ou seja, final da última década) foi 384% superior ao do triênio 2001-2003 (início da década).

4. Foram considerados no gráfico 1d os artigos publicados por pesquisadores de instituições sediadas nos demais países membros do Mercado Comum do Sul (Mercosul) e da Associação Latinoamericana de Integração (Aladi), ou associados a eles, bem como das instituições sediadas nos países membros das ou associados às Comunidade para o Desenvolvimento da África Austral (SADC), Comunidade dos Estados Independentes (CEI) e Associação de Nações do Sudeste Asiático (Asean). Também se buscou incluir a produção dos países membros da ou associados à Comunidade Caribenha (Caricom). No entanto, como o número de artigos publicados por pesquisadores de instituições sediadas em seus 20 países membros efetivos ou associados foi de apenas cinco no período de análise (2000-2010), este bloco econômico foi excluído da análise.

GRÁFICO 2

Evolução da produção científica em telecomunicações nos anos 2000 – Brasil e países selecionados



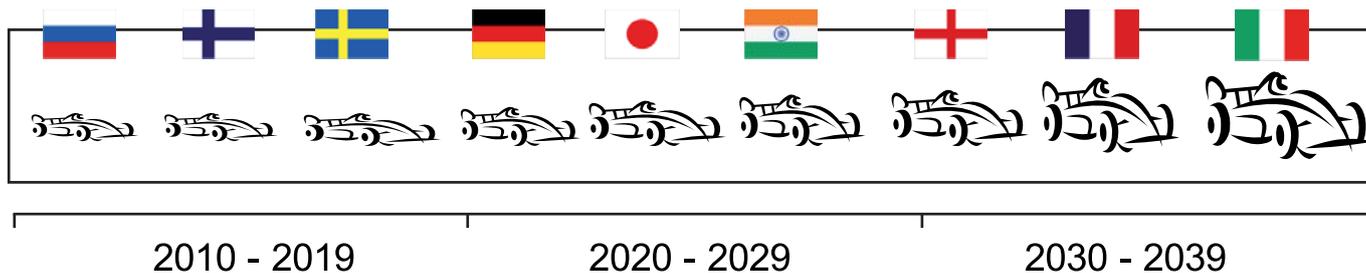
Fonte: Portal ISI/Web of Science.
Elaboração do autor.

Essa evolução brasileira indica que o país encontra-se em um processo de *catching up* em relação àqueles mais próximos da fronteira científica na área. Ainda assim, como a produção brasileira em telecomunicações continua sendo muito pequena em comparação com a dos países líderes, o país permanece longe de efetivamente aproximar-se destes. Para se ter uma ideia, mesmo que as taxas de crescimento mostradas no gráfico 2 fossem mantidas exatamente iguais para as próximas décadas,⁵ a produção total do Brasil desde 2000 somente ultrapassaria, ao final de 2019, a de Rússia, Finlândia e Suécia. Índia, Alemanha e Japão apenas ficariam para trás na década seguinte, quando o país se aproximaria de França, Inglaterra e Itália, países a serem ultrapassados ao longo da década de 2030. Taiwan, Canadá e Coreia do Sul chegariam a 2040 com produção científica em telecomunicações ainda em patamares entre três e seis vezes superiores aos do Brasil, enquanto a China já estaria a publicar cerca de 30 vezes mais artigos científicos na área que o Brasil, no acumulado desde 2000. A figura 1 retrata esta perspectiva.

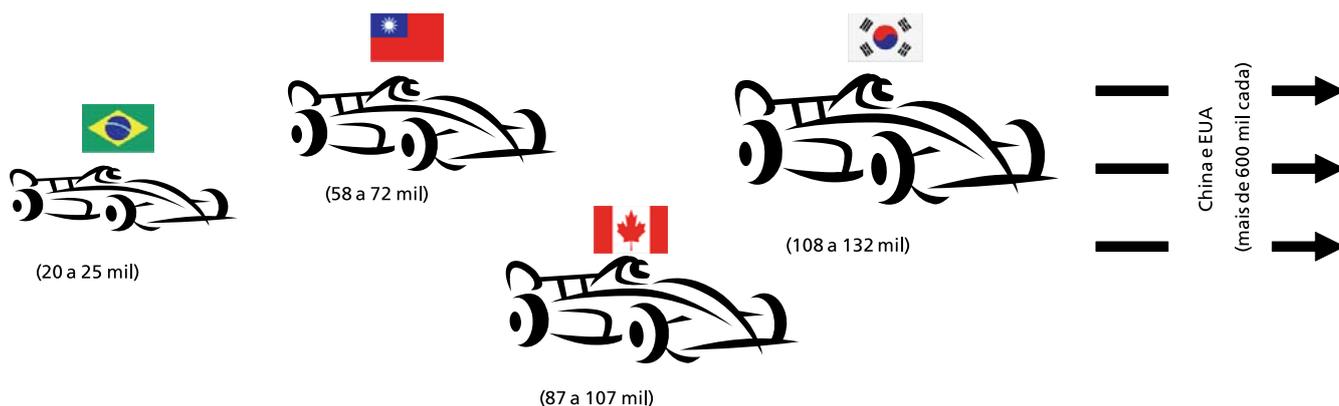
5. A manutenção nos próximos 30 anos da mesma tendência verificada nos últimos dez é improvável, uma vez que a trajetória dos países é dinâmica e sensível a uma série de fatores intervenientes, previsíveis ou não. De todo modo, o exercício ilustrado na figura 1 dá uma ideia das dificuldades de o Brasil alcançar uma posição de liderança em termos de capacitações científicas no setor, dado o quadro institucional sob o qual os artigos científicos sobre telecomunicações foram produzidos na última década.

FIGURA 1

Posição do Brasil nas próximas décadas frente a países selecionados, mantidas as taxas do gráfico 2



Mesmo assim, ainda estaria longe dos líderes em 2040...



Elaboração do autor.

Obs.: Números entre parênteses indicam intervalo estimado da quantidade acumulada de artigos publicados entre 2000 e 2040.

3 COM QUEM MAIS INTERAGIMOS?

Tendo em vista a condição do Brasil de país seguidor, identificar os países com os quais os pesquisadores brasileiros mais interagem torna-se importante não apenas por destacar por onde passam as conexões da parcela da academia que se debruça sobre o tema, mas também porque esta informação fornece indícios acerca de transferência de tecnologia envolvendo o Brasil no setor de telecomunicações. Assim, cabe perguntar:

- Os pesquisadores brasileiros interagem fortemente com os de outros países?
- Com que países mais interagem?
- Os campeões de popularidade entre os autores brasileiros fazem pesquisa em países líderes, seguidores ou colaboramos majoritariamente com quem anda atrás de nós mesmos em termos de capacitações científico-tecnológicas em telecomunicações?

A coautoria com pesquisadores vinculados a instituições estrangeiras em 37,4% dos 383 artigos publicados entre 2000 e 2010 sugere que a resposta à primeira pergunta seja positiva. Afinal, este percentual assemelha-se ao de pesquisadores chineses (37,2%) e ao de pesquisadores canadenses (39,3%) no próprio setor de telecomunicações no mesmo período – junto com o Brasil, China e Canadá são os países cuja produção científica em telecomunicações mais tem crescido desde 2000 (gráfico 2). Ademais, a coautoria de brasileiros com estrangeiros é mais frequente na área de telecomunicações que no universo total de artigos publicados por brasileiros – destes, apenas 28,9% foram escritos em coautoria com estrangeiros.

Por sua vez, a resposta ao segundo questionamento passa pela tabela 1, a qual apresenta o número de coautorias de brasileiros com pesquisadores vinculados a instituições sediadas em outros países. São, ao todo, 32 países com cujos pesquisadores os brasileiros estabeleceram parcerias em publicações no período analisado. No topo da lista, Estados Unidos e França. Em um segundo patamar, Inglaterra e Canadá aparecem com menos da metade do número de parcerias estabelecidas com pesquisadores da França, a segunda colocada. Bem abaixo, situa-se a Alemanha,

com sete coautorias, e a Itália, com quatro. Um conjunto de seis países (China, Suécia, Espanha, Portugal, Suíça e Hungria) surge com apenas três. Daí por diante, Finlândia, Cuba e Argélia, com duas coautorias cada, antecedem uma lista de 17 países com os quais foram estabelecidas parcerias científicas unicamente com um pesquisador e em um artigo isolado.

TABELA 1

Países cujos pesquisadores publicaram artigos sobre telecomunicações em coautoria com brasileiros entre 2000 e 2010

País	nº de co-autores*	% dos artigos em co-autoria c/ estrangeiros	País	nº de co-autores*	% dos artigos em co-autoria c/ estrangeiros
EUA	44	31,0%	Espanha	3	2,1%
França	40	28,2%	Portugal	3	2,1%
Inglaterra	18	12,7%	Suíça	3	2,1%
Canadá	17	12,0%	Hungria	3	2,1%
Alemanha	7	4,9%	Finlândia	2	1,4%
Itália	4	2,8%	Cuba	2	1,4%
China	3	2,1%	Argélia	2	1,4%
Suécia	3	2,1%	Outros (17 países**)	17	12,0%

Fonte: Portal ISI/Web of Science.

Elaboração do autor.

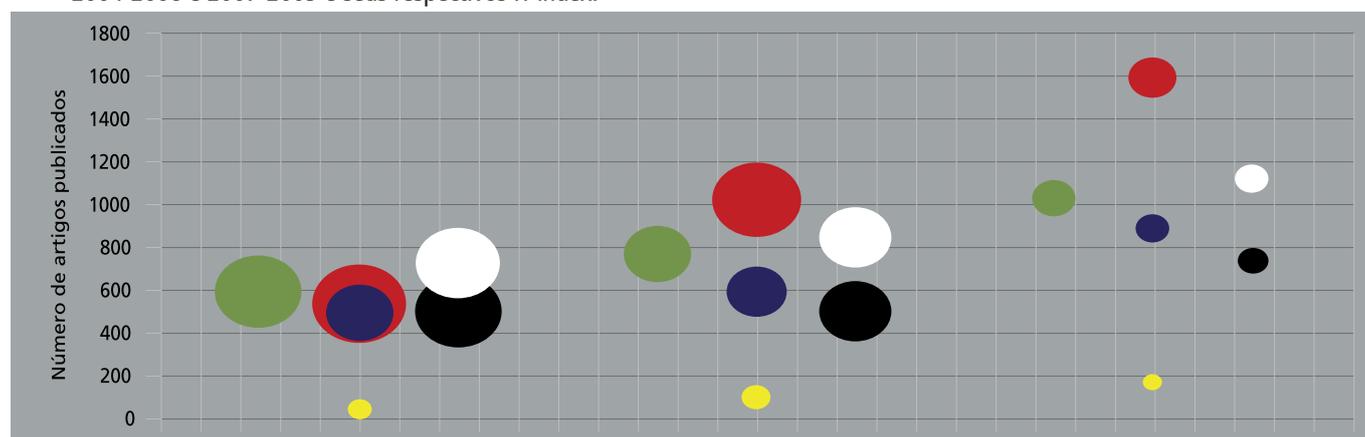
Obs.: 1. Foram, ao todo, 171 coautores estrangeiros com quem os brasileiros escreveram 143 artigos.

Obs.: 2. Os 17 países com os quais houve apenas uma vez coautoria de seus residentes com pesquisadores de instituições brasileiras foram: Argentina, Chile, Colômbia, Venezuela, Trindade e Tobago, México, Gana, Líbia, Irlanda, Noruega, Dinamarca, Rússia, Polônia, Israel, Índia, Taiwan e Japão.

Examinar mais detidamente o desempenho dos países onde está a maioria dos parceiros de pesquisa dos brasileiros pode indicar a resposta ao terceiro item colocado no início desta seção. Os dados apresentados na figura 2 contribuem para isto. Nela estão informados, para o Brasil e para cada um dos seus parceiros em mais de três ocasiões, o contingente de artigos publicados e seus respectivos impactos revelados na área de telecomunicações nos triênios 2001-2003, 2004-2006 e 2007-2009.

FIGURA 2

Brasil e seus principais parceiros acadêmicos no setor de telecomunicações – artigos publicados nos triênios 2001-2003, 2004-2006 e 2007-2009 e seus respectivos *H-index*.



	2001 - 2003		2004 - 2006		2007 - 2009	
	<i>H-index</i>	Número de artigos	<i>H-index</i>	Número de artigos	<i>H-index</i>	Número de artigos
● Canadá	39	539	37	1.022	20	1.597
● Itália	36	594	28	769	18	1.027
● Alemanha	36	500	30	501	13	738
○ Inglaterra	35	729	30	850	14	1.123
● França	28	492	25	595	14	888
● Brasil	10	45	12	102	8	173

Fonte: Portal ISI/Web of Science.

Elaboração do autor.

Obs.: O eixo vertical remete ao número de artigos publicados. O tamanho das circunferências é proporcional ao *H-index* da produção, no respectivo triênio, dos países que representam.

A quantidade de artigos publicados por cada país é informado pelo eixo vertical da figura 2, ao passo que o indicador de impacto utilizado, representado pelo tamanho das circunferências da figura 2, é o *H-index*.⁶ Trata-se de um fator calculado a partir da lista de publicações enumeradas pela ferramenta de busca do portal ISI/Web of Science. Estas publicações são ranqueadas em ordem decrescente de acordo com o número de citações recebidas por cada uma, e a partir disto o índice é calculado. O valor de *h* é igual ao número de artigos (*N*) presentes na lista que tenham sido citados *N* ou mais vezes no período observado. Assim, por exemplo, o *H-index* de valor oito atribuído ao Brasil no triênio 2007-2009 equivale a dizer que oito dos artigos sobre telecomunicações publicados por brasileiros nestes três anos foram citados oito ou mais vezes por artigos posteriores.

A redução do *H-index* de um triênio para outro é natural: como este índice baseia-se no número de citações, artigos mais recentes tendem a ser menos citados nos primeiros anos seguintes à sua publicação que os que já estão disponíveis há mais tempo. Visto que os *H-index* informados na figura 2 referem-se aos artigos publicados em cada um dos três períodos, seu valor para um dado país no triênio *t+1* é quase sempre menor que no triênio *t*. Dessa forma, comparações entre países devem ser feitas com base em: *i*) eventuais mudanças de posição entre eles ao longo do tempo; e *ii*) alargamento ou redução da distância entre seus *H-index* de um triênio para outro, assim mesmo tendo em mente que a distância entre os mais e os menos influentes tende a aumentar à medida que o tempo passa e os artigos são mais citados.

Entre os parceiros preferenciais⁷ mostrados na figura 2, o Canadá foi o que maior impacto apresentou em todos os três períodos – e, nos últimos dois, sua produção foi líder também em quantidade de artigos. Em termos de *H-index*, Alemanha, Itália e Inglaterra vinham invertendo posições entre si nos dois primeiros triênios, mas, até a data de levantamento dos dados para este estudo,⁸ a Itália foi o único destes três países cujos artigos publicados no último triênio da década aproximaram-se dos canadenses na medida de impacto apresentada. Por seu turno, a Inglaterra destacou-se mais pela quantidade, sempre superior às de Itália e Alemanha e, no triênio inicial, à do próprio Canadá. A Alemanha perdeu terreno tanto em quantidade quanto em qualidade, encerrando o ciclo atrás da França em ambos os aspectos. Esta publicava artigos de menor impacto no início da década, mas no último triênio seu *H-index*, além de superar o da Alemanha, já havia alcançado o da Inglaterra.

Os dados da figura 2 sugerem que parcerias com pesquisadores canadenses e italianos deveriam ser mais incentivadas, aproveitando-se as conexões já existentes com estes países para intensificar-se a produção com pesquisadores mais próximos da fronteira científica do setor. De todo modo, França, Inglaterra e Alemanha estão também mais próximas da fronteira de conhecimento na área que o Brasil.

Vale destacar, ademais, que, embora apenas três chineses tenham trabalhado em coautoria com brasileiros em artigos sobre telecomunicações entre 2000 e 2010 (tabela 1), a intensificação de parcerias com pesquisadores de instituições chinesas seria desejável nesta área. Pelo menos três dados apresentados neste estudo justificam esta posição: *i*) a China está entre os países que mais produzem artigos sobre telecomunicações (gráfico 1); *ii*) é o país cuja produção na área mais cresce entre os países confrontados no gráfico 2; *iii*) seu *H-index* na área foi de 18 no triênio 2007-2009, igualando-a à Itália e deixando-a atrás apenas do Canadá, em termos de impacto das publicações, entre os países plotados na figura 2.

Os números apresentados, portanto, sugerem que as respostas às indagações que abrem esta seção sejam afirmativas: a base científica brasileira, além de dispor de um bom número de conexões com o exterior, as estabelece com um conjunto de países mais influentes que o Brasil na área. Apesar disso, ressalte-se que alguns dos mais influentes deste conjunto têm ainda um grau de interlocução apenas intermediário ou mesmo incipiente com os pesquisadores brasileiros.

E quanto à nossa própria produção? O que se pode destacar sobre seu grau de influência no mundo científico?

6. O *H-index* foi desenvolvido por J.E. Hirsch, que o divulgou pela primeira vez em Hirsch (2005).

7. O *H-index* não foi calculado para a produção estadunidense pelas razões expostas na terceira nota de rodapé.

8. A saber, 22 de setembro de 2010.

4 O MUNDO NOS ESCUTA QUANDO FALAMOS DE TELECOMUNICAÇÕES?

A figura 2 mostra que os artigos publicados por brasileiros na área de telecomunicações na última década têm quantidade e qualidade menor que os artigos publicados por residentes dos países de seus principais parceiros. A escala da produção nacional chegou a ser, no primeiro triênio da década de 2000, de 11 a 16 vezes menor que a de seus parceiros preferenciais plotados na figura 2. Nos dois triênios seguintes, graças ao maior crescimento relativo da produção brasileira (gráfico 2), o contingente de artigos brasileiros publicados oscilou entre patamares de quatro a dez vezes inferiores aos verificados para tais parceiros. O *H-index* dos artigos brasileiros evoluiu de dez, no triênio 2001-2003, para 12, no triênio seguinte, ficando em oito no triênio final da década.

Esse desempenho é, por um lado, substancialmente menor que o de Canadá, Itália, Inglaterra, França e Alemanha. Por outro lado, os artigos brasileiros mais recentes na área vêm se tornando relativamente mais influentes. O *H-index* brasileiro para 2004-2006 foi maior que o observado para 2001-2003, embora o esperado fosse o contrário, pelo fato de o *H-index* tender a ser menor quanto mais recente o artigo. O *H-index* de valor oito verificado para o último triênio deixou o Brasil qualitativamente menos distante dos demais países ilustrados na figura 2 que os índices alcançados nos triênios anteriores.

A escala e a influência brasileira no meio científico têm, portanto, crescido, no que tange a telecomunicações. Este crescimento, todavia, ainda é marginal. Além disso, cabe investigar o impacto dos artigos brasileiros sobre os temas de maior atração de investimentos e sobre as tecnologias de fronteira do setor de telecomunicações.

5 O MUNDO NOS ESCUTA QUANDO FALAMOS DO QUE MAIS QUER ELE OUVIR SOBRE TELECOMUNICAÇÕES?

Szapiro (2009) aponta três temas como os de maior atração de investimentos no campo das telecomunicações: *banda larga, mobilidade e redes de nova geração*. A produção brasileira tem sido de maior impacto nestes temas que no setor como um todo?

A tabela 2 mostra que não. Dos países observados, apenas a Rússia teve *H-index* e número de artigos menores que o Brasil, quando termos relacionados aos tópicos *banda larga, mobilidade e redes de nova geração* apareceram como chave.⁹ O índice brasileiro ficou em apenas quatro – para telecomunicações em geral, as publicações brasileiras ensejaram um *H-index* de 16 para o período de 2000 a 2010.

TABELA 2

Quantidade e *H-index* para artigos sobre telecomunicações publicados no período 2000-2010 abordando os tópicos relacionados a banda larga, mobilidade e redes de nova geração.

País	Número de artigos	<i>H-index</i> (2000-2010)	País	Número de artigos	<i>H-index</i> (2000-2010)	País	Número de artigos	<i>H-index</i> (2000-2010)
EUA	1679	56	Coreia do Sul	522	15	Índia	122	9
Inglaterra	367	21	Itália	333	15	...	...	...
Taiwan	479	20	França	278	15	...	...	...
Canadá	411	20	Finlândia	104	14	Brasil	33	4
China	396	20	...	...	...	...	...	...
Alemanha	325	20	Suécia	80	11	...	...	...
Japão	487	18	...	...	...	Rússia	9	3

Fonte: Portal ISI/Web of Science.
Elaboração do autor.

9. Os termos utilizados na busca no portal, definidos a partir de Szapiro (2009), foram: *next generation network, broadband, mobility, 3G, 4G, Wimax, VOIP, IPTV, triple play, quadruple play, fibre-to-the-node, FTTN, fibre-to-the-home, FTTH, 21st century network*, e suas variações e siglas.

A tabela 2 traz, inclusive, o desempenho estadunidense nesses tópicos. Isto foi possível porque, ao se restringir a busca inicial aos tópicos de interesse, a produção total dos Estados Unidos não superou o máximo suportado pelo sistema de buscas do portal. O *H-index* dos Estados Unidos, no caso em tela, alcançou 56, bem acima dos 21 que a Inglaterra exibe na segunda posição.

O valor de quatro para o Brasil sinaliza que o país está ficando para trás na produção de conhecimento nos temas de maior potencial de atração de investimentos. Esta tendência mostra-se ainda mais acentuada quando são buscados artigos sobre as tecnologias apontadas como mais promissoras no setor no curto prazo. Silva Mello (2010), citando Gartner (2010), identifica as dez tecnologias que deverão ter maior difusão no mercado de TIC até o final de 2011. A tabela 3 mostra, por país, o número de artigos (e seus *H-index*) encontrados sobre elas no Portal ISI/Web of Science para o período de 2000 a 2010. O desempenho brasileiro mostra-se ainda mais frágil que o verificado na tabela 2 para os vetores de investimento apontados por Szapiro: somente cinco artigos foram identificados sobre as tecnologias a que se referem Silva Mello e Gartner.¹⁰

TABELA 3

Quantidade e *H-index* para artigos sobre telecomunicações publicados no período 2000-2010 abordando os tópicos relacionados às dez tecnologias principais no curto prazo (2010-2011)

País	Número de artigos	<i>H-index</i> (2000-2010)	País	Número de artigos	<i>H-index</i> (2000-2010)
EUA	261	26	França	31	7
Japão	93	10	Finlândia	19	7
Inglaterra	87	10	Suécia	17	6
Alemanha	70	10	Índia	21	5
Coreia do Sul	103	9			
Itália	82	9		...	
China	60	9	Brasil	5	2
Taiwan	78	8		...	
Canadá	52	8		...	
...			Rússia	3	2

Fonte: Portal ISI/Web of Science.
Elaboração do autor.

6 ONDE ESTÃO DISTRIBUÍDAS NOSSAS COMPETÊNCIAS INTERNAMENTE?

Cumprir observar por onde está distribuída a massa crítica em telecomunicações no território brasileiro. O mapa 1 ilustra isto.

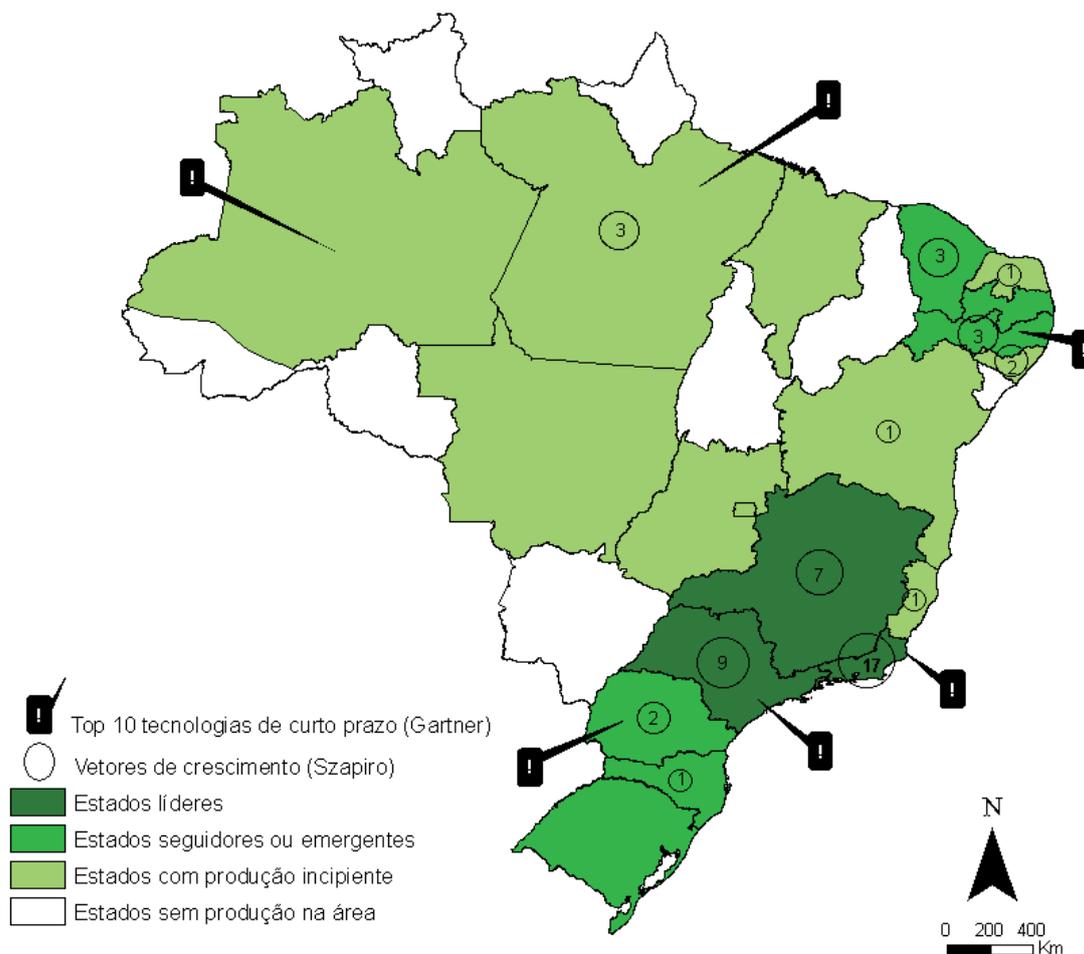
Os estados líderes na produção científica em telecomunicações estão no Sudeste: São Paulo (192 artigos), Rio de Janeiro (103) e Minas Gerais (64). Receberam essa alcunha por apresentarem produção bem acima dos demais. Um segundo grupo, denominado *seguidores* ou *emergentes*, abrange os três estados da região Sul, mais Pernambuco, Ceará e Paraíba, com produções que variaram de 13 (Santa Catarina) a 34 (Paraná) artigos. A produção em telecomunicações, entre 2000 e 2010, mostrou-se ainda incipiente no Amazonas, Pará, Maranhão, Espírito Santo, Mato Grosso, Rio Grande do Norte, Bahia e Goiás – estados nos quais o número de artigos indexados não ultrapassou a marca de sete. Pesquisadores de instituições do Acre, Rondônia, Roraima, Amapá, Tocantins, Piauí e Mato Grosso do Sul não publicaram, no período analisado, artigos sobre telecomunicações que tenham sido indexados nos periódicos internacionais constantes da base ISI/Web of Science.

10. Os termos utilizados na busca no portal, definidos a partir de Silva Mello (2010), foram: *bluetooth, mobile web, low energy, mobile widget, platform-independent mobile AD tool, app store, enhanced location awareness, mobile broadband, touchscreen, machine to machine, device-independent security*, e suas variações e siglas.

Os três estados líderes do mapa 1 são também os de maior produto interno bruto (PIB). Em pesquisa sobre telecomunicações, a liderança dos três é devida principalmente às capacitações já consolidadas em seis instituições neles localizadas.¹¹ É possível que a localização na região Sudeste do centro decisório das maiores companhias do setor atuantes no mercado brasileiro também contribua para este resultado. Some-se a isto o peso das fundações de amparo à pesquisa destes estados na disponibilidade de recursos¹² e decerto suas receitas de sucesso estarão formuladas.

MAPA 1

Estados brasileiros segundo seus níveis de produção científica em telecomunicações entre 2000 e 2010



Fonte: Portal ISI/Web of Science.

Elaboração de Ligier Modesto Braga.

Obs.: A classificação dos estados está de acordo com o número de artigos atribuídos a pesquisadores vinculados a instituições sediadas em seus territórios.

11. Pesquisadores vinculados à Universidade de Campinas (Unicamp), Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio), Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Universidade de São Paulo (USP) ou ao Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações (CPqD) participam de quase 65% dos artigos atribuídos aos três estados líderes.

12. Juntas, as fundações de amparo à pesquisa de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais (FAPESP, FAPERJ e FAPEMIG) apareceram em 20,2% das vezes em que houve informação sobre fontes de financiamento nos artigos aqui considerados. Depois do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), estas três fundações somadas foram a principal fonte de financiamento dos artigos com participação de brasileiros em que seus autores declararam ter acessado algum recurso externo para a sua elaboração. Juntas superaram, inclusive, a Capes. De todo modo, vale destacar que em apenas 72 dos 383 artigos brasileiros analisados houve declaração de alguma fonte de financiamento externa.

Os estados da região Sul, no mapa 1 entre os emergentes em pesquisa no setor, também são estados com PIB elevado para os padrões brasileiros.¹³ Ademais, têm tradição em pesquisa.¹⁴ Ceará, Pernambuco e Paraíba, por sua vez, são estados mais pobres, suas fundações de amparo à pesquisa não estão entre as de maior orçamento e somente duas de suas instituições de pesquisa (a Universidade Federal de Pernambuco e a Universidade Federal do Ceará) figuraram entre as 20 instituições brasileiras em número de artigos publicados em todas as áreas desde 2007. Um exame mais detalhado da trajetória em pesquisa destes três estados nordestinos poderia lançar luz, no futuro, sobre as causas que concorreram para seu sucesso na área de telecomunicações.

Apesar de não ser possível atribuir esse sucesso ao fator citado a seguir tão somente com os dados aqui utilizados, vale destacar que, em muitos momentos da década de 2000, as taxas de crescimento dos gastos em pesquisa e desenvolvimento (P&D) dos estados seguidores foram maiores que a taxa nacional. No biênio 2003-2004, em relação ao biênio anterior, tais taxas foram de 30% a 60% maiores na Paraíba, Santa Catarina, Paraná e Ceará que as taxas nacionais. Em 2007-2008, em relação a 2005-2006, Paraíba, Santa Catarina e Ceará continuaram com desempenho semelhante,¹⁵ aos quais se equiparou Pernambuco.

O mapa 1 mostra, ainda, a distribuição, por estado, dos 33 artigos identificados em temas relacionados a banda larga, mobilidade e redes de nova geração – os vetores de crescimento dos investimentos, segundo Szapiro (2009). Os cinco artigos publicados sobre as dez tecnologias de destaque segundo previsão de Gartner (2010) para 2010-2011 envolveram instituições de seis estados: Amazonas, Pará, Pernambuco, Rio de Janeiro, São Paulo e Paraná – indicados no mapa com pontos de exclamação.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dados apresentados sugerem que o Brasil encontra-se em processo de *catching up* com os países de ponta na produção científica em temas diretamente associados ao setor de telecomunicações. Os pesquisadores brasileiros da área têm demonstrado capacidade de interlocução com seus pares de outros países em proporção maior que a base científica nacional em geral, e têm estabelecido parcerias com instituições localizadas em alguns dos países mais produtivos em pesquisas relacionadas ao setor.

Ainda assim, o país prossegue longe do nível de produção científica dos líderes. Tanto que, mesmo com a tendência recente bastante favorável, um salto ainda mais significativo seria necessário para o Brasil efetivamente se aproximar do papel já desempenhado ou a ser assumido por países como EUA, China e Coreia do Sul. Esta diferença é ainda maior quando é investigada a produção nos temas mais próximos da fronteira tecnológica em telecomunicações.

Esse conjunto de resultados sugere à primeira vista que, para vir a exercer um papel de liderança no setor de telecomunicações, o Brasil necessitaria de avanços ainda mais significativos que os que já vem apresentando em termos de capacitações científicas. É possível que a emergência de uma grande empresa nacional competitiva internacionalmente viesse a gerar transbordamentos positivos sobre a base científica – transbordamentos estes hoje limitados, tendo em vista o atual ecossistema brasileiro de telecomunicações, no qual a indústria nacional mostra-se pouco inovativa e essencialmente reativa às tendências globais, como identifica o ensaio das próximas páginas.¹⁶ De qualquer forma, dado o cenário corrente, um eventual *champion* brasileiro teria que inicialmente importar algumas competências científicas, sobretudo as mais próximas da fronteira tecnológica do setor, sem o domínio das quais dificilmente geraria inovações competitivas.

13. Em 2007, o PIB do Rio Grande do Sul foi o quarto do país, enquanto o do Paraná foi o quinto, e o de Santa Catarina, o sétimo (fonte: IBGE).

14. Dos artigos com participação de pesquisadores brasileiros publicados em todas as áreas desde 2007, indexados no Portal ISI/Web of Science até 22 de setembro de 2010, perto de um quarto deles tiveram entre os autores ao menos um pesquisador vinculado a alguma instituição sediada na região Sul do Brasil. Cinco delas despontaram entre as 20 mais produtivas do país no período.

15. Em um desses estados, o incremento nos gastos de P&D entre 2007 e 2008 chegou a ser quase 160% maior que a taxa nacional. Todas essas taxas foram calculadas com dados disponíveis no *site* do Ministério da Ciência e Tecnologia <www.mct.gov.br>, acessado em 24 de setembro de 2010.

16. Ver Kubota, Domingues e Milani (2010).

Não obstante essas restrições, cabe destacar três fatos positivos: *i*) a crescente produtividade da base científica já instalada no país; *ii*) sua distribuição por diferentes regiões, inclusive por aquelas menos tradicionais em P&D; e *iii*) sua boa interlocução com a base de outros países. Isto indica que, com investimentos corretos e bem canalizados às tecnologias de fronteira, aliados ao estreitamento de parcerias estratégicas com países avançados no tema, o Brasil poderá, em cerca de três décadas, desenvolver as competências necessárias para tornar-se um respeitável *player* global em telecomunicações.

REFERÊNCIAS

- GARTNER. **10 mobile technologies to watch in 2010 and 2011**, Gartner Inc., Apr. 2010. Disponível em: <<http://www.gartner.com>>.
- HIRSCH, J. E. An index to quantify an individual's scientific research output. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS)**, vol. 102, n. 46, p. 16569-16572, Nov. 2005.
- KUBOTA, L. C.; DOMINGUES, E.; MILANI, D. A importância da escala no mercado de equipamentos de telecomunicações. **Radar n. 10**, Brasília: Ipea, out. 2010.
- LINDMARK, S.; TURLEA, G.; ULBRICH, M. **Mapping R&D Investment by the European ICT business sector**. Joint Research Center (JRC), Reference Report, Luxemburgo: Comissão Europeia, 2008.
- MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA (MCT). **Indicadores nacionais de ciência e tecnologia**. Disponível em: <<http://www.mct.gov.br>>. Acesso em: 24 de set. 2010.
- PORTAL ISI/WEB OF SCIENCE. Disponível em: <http://apps.isiknowledge.com/WOS_GeneralSearch_input.do?highlighted_tab=WOS&product=WOS&last_prod=WOS&SID=1Aio587Hf4jj8jFc68d&search_mode=GeneralSearch>. Acesso em: 22 de set. de 2010.
- SILVA MELLO, L. Política industrial para o setor de equipamentos de telecomunicações no Brasil. *In: Desafios e oportunidades para o setor de telecomunicações no Brasil*, Ipea, Brasília, 15 set. 2010.
- SZAPIRO, M. **Sistema produtivo de eletrônica**: subsistema de equipamentos de telecomunicações. Rio de Janeiro: Projeto Perspectivas de Investimento no Brasil, 2009.
- TURLEA, G. *et al.* **The 2010 report on R&D in ICT in the European Union**. Joint Research Center (JRC), Reference Report, Luxemburgo: Comissão Europeia, 2010.