## Tendências tecnológicas mundiais em telecomunicações

Fernanda De Negri\*
Leonardo Costa Ribeiro\*\*

#### 1 INVESTIMENTOS EM P&D NO BRASIL E NO MUNDO

O setor de tecnologia da informação e comunicação (TIC) é um dos setores mais intensivos em pesquisa e desenvolvimento (P&D) e um dos maiores responsáveis pelos investimentos mundiais em P&D. Na economia norte-americana, por exemplo, cerca de 35% dos investimentos privados em P&D são feitos por empresas dos setores de TICs (tabela 1).

Recentemente, um estudo realizado pela Comissão Europeia (LINDMARK *et al.*, 2008) mostrou que grande parte da distância existente entre Estados Unidos e Europa em termos de investimentos privados em P&D se deve ao setor de TICs.¹ O setor privado norte-americano investe 1,88% do produto interno bruto (PIB) em P&D, contra 1,19% do setor privado europeu. No setor de TICs, estes investimentos são de 0,65% do PIB nos EUA e 0,31% na Europa (tabela 1).

TABELA 1 Investimentos privados em P&D como proporção do PIB: Europa, Estados Unidos e Brasil (%)

	EUA	EUROPA	BRASIL
Setores não ligados às TICs	1,23	0,88	0,41
Setores de TICs	0,65	0,31	0,11
Total	1,88	1,19	0,5

Fonte: Lindmark *et al.* (2008) e, para o Brasil, Ministério da Ciência e Tecnologia (indicadores disponíveis em: <a href="http://www.mct.gov.br">http://www.mct.gov.br</a>) e Pesquisa Industrial de Inovação Tecnológica, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (PINTEC/IBGE) de 2005.

Nota: ¹Estimativa baseada na participação dos setores de TICs (equipamentos de informática; equipamentos e serviços de telecomunicações; software e serviços de informática; e equipamentos de precisão) no total dos investimentos privados em P&D no Brasil, segundo a PINTEC de 2005.

Não por acaso, o sétimo programa marco de P&D europeu,² que é o principal instrumento da Comunidade Europeia para o financiamento à pesquisa na Europa, entre 2007 e 2013, deu ênfase significativa para o setor de TICs. Este programa alocou €9 bilhões dos pouco mais de €50 bilhões previstos no plano para investimentos em pesquisas na área de TICs; é o maior montante previsto para um único setor do programa.³

No caso brasileiro, as diferenças – em termos de recursos alocados em P&D – em relação aos EUA e à Europa são ainda mais marcantes. O setor privado brasileiro investe, segundo dados de 2008 do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), cerca de 0,5% do PIB em P&D, entre os quais apenas 20%, ou 0,1% do PIB, são realizados pelos setores de TICs.

Entre os setores de TICs na Europa, os mais intensivos em P&D são o de equipamentos de comunicação e o de *software* e serviços de informática. Juntos, estes dois setores investiram quase €16 bilhões dos €31 bilhões investidos pelos setores de TICs na Europa em 2004 (LINDMARK *et al.*, 2008). Serviços de telecomunicações representam menos de 10% deste total, o que reflete a tendência, observada nos últimos anos, de redução da pesquisa por parte das operadoras de serviços e sua concentração nos fornecedores de equipamentos.

<sup>\*</sup> Diretora-adjunta da Diretoria de Estudos e Políticas Setoriais, de Inovação, Produção e Infraestrutura (Diset) do Ipea.

<sup>\*\*</sup> Analista do Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Inmetro).

<sup>1.</sup> Incluindo-se equipamentos, componentes e serviços de informática; equipamentos e serviços de telecomunicações; equipamentos de multimídia; e instrumentos de medição e controle.

<sup>2.</sup> Ver: <a href="http://cordis.europa.eu/fp7/home\_es.html">http://cordis.europa.eu/fp7/home\_es.html</a>.

<sup>3.</sup> Ainda assim, vale ressaltar os números apontados pelo terceiro artigo deste boletim, que mostram que os investimentos em P&D das maiores empresas do setor de TICs superam em muito esses valores.

Por sua vez, as empresas brasileiras nos setores de TICs investiram, em 2005, pouco mais de R\$ 2 bilhões em P&D. Os setores que mais investiram foram os de *software* e serviços de informática (pouco mais de R\$ 650 milhões), e o setor de serviços de telecomunicações (R\$ 620 milhões). As empresas fabricantes de equipamentos de comunicação ficaram na terceira posição, com investimentos de pouco mais de R\$ 550 milhões em P&D.

# 2 PATENTES DAS LÍDERES MUNDIAIS EM EQUIPAMENTOS DE TELECOMUNICAÇÕES: TENDÊNCIAS RECENTES<sup>4</sup>

Dado que o setor de equipamentos de telecomunicações é um dos destaques nas TICs, em termos de investimentos em P&D, cabe perguntar quais tipos de inovação vêm sendo desenvolvidos pelas principais empresas deste setor ao redor do mundo. Outra questão importante tem relação com o tipo de competências científicas que estão sendo demandadas para realizar estas inovações.

Para isso, analisam-se, neste trabalho, as patentes registradas no United States Patent and Trademark Office (USPTO) pelas principais empresas mundiais fabricantes de equipamentos de telecomunicações,<sup>5</sup> nos anos de 1990, 1998 e 2006. Embora existam questionamentos sobre a qualidade das patentes como indicador tecnológico, elas ainda constituem um dos poucos indicadores comparáveis mundialmente, e o único indicador que possibilita a análise feita neste artigo. As patentes foram, na tabela 2, agrupadas segundo a classificação de subdomínios tecnológicos proposta pelo Observatoire des sciences et techniques (OST). A primeira análise que se pode fazer diz respeito às variações nos principais domínios tecnológicos das patentes do setor nos últimos anos.

**TABELA 2**Participação percentual dos principais domínios tecnológicos nas patentes das empresas do setor de *fabricação de equipamentos de comunicação* registradas no USPTO (1990, 1998, 2006)

Subdomínio tecnológico	1990	1998	2006
Componentes elétricos	10%	9%	7%
Ótica	10%	6%	8%
Audiovisual	8%	8%	8%
Semicondutores	14%	11%	11%
Informática	9%	22%	21%
Telecomunicações	16%	24%	24%
Outros	33%	20%	22%
Número absoluto de patentes analisadas	1.720	5.564	17.335

Fonte: USPTO. Elaboração dos autores.

Obviamente, o domínio tecnológico de telecomunicações – que contém patentes de equipamentos de rede, sistemas de comunicação e transmissão, antenas, radiodifusão etc. – é o mais expressivo, representando cerca de 24% das patentes registradas pelas empresas do setor. Entretanto, o mais interessante é verificar que outros domínios tecnológicos são também importantes nestas patentes, e que alguns têm ganhado espaço nos últimos anos. Componentes elétricos, ótica e semicondutores têm perdido espaço nas patentes destas empresas nos últimos anos, sugerindo que estes segmentos, ao contrário do que ocorria em outros períodos, não são os que estão impulsionando a fronteira tecnológica do setor. Por sua vez, cresce a importância da informática –

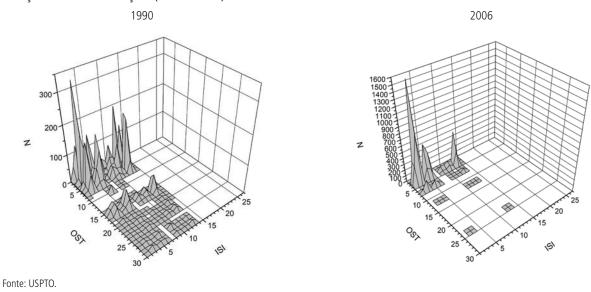
<sup>4.</sup> Resultados preliminares.

<sup>5.</sup> Foram selecionadas as líderes mundiais no setor, tais como NEC, Cisco, Nokia, Motorola etc. Foram selecionadas patentes das mesmas empresas em todos os anos.

que inclui computadores, memórias, periféricos etc. – nas patentes destas empresas, especialmente entre 1990 e 1998, o que evidencia a crescente convergência entre informática e telecomunicações e a também crescente integração entre empresas de ambos os setores.

Além da análise de subdomínios tecnológicos, a partir da observação das patentes depositadas no USPTO, é possível estudar as citações a artigos científicos existentes em cada patente. Estes artigos foram classificados em áreas científicas, a partir da classificação do Institute for Scientific Information (ISI). Identificando-se a área científica do artigo citado e o subdomínio tecnológico da patente, foram construídas matrizes de interação entre ciência e tecnologia para as empresas do setor de telecomunicações. Este exercício foi feito tanto para operadores (quadro 1) quanto para fornecedores de equipamentos (quadro 2) e as matrizes podem ser observadas a seguir. No eixo *OST*, estão os subdomínios tecnológicos das patentes; no eixo *ISI*, as áreas científicas citadas e no eixo *N*, o número de vezes em que uma determinada área científica é citada pelas patentes de determinados domínios tecnológicos. Uma matriz mais completa significa maior interação entre produção tecnológica e produção científica.

**QUADRO 1**Matrizes de interação entre ciência e tecnologia para as empresas líderes mundiais em serviços de telecomunicações (1990 e 2006)



O primeiro movimento importante que pode ser observado a partir dessas matrizes é a redução da interação entre ciência e tecnologia no caso das empresas operadoras (quadro 1) em paralelo a uma maior diversificação desta interação no caso dos fornecedores de equipamentos (quadro 2). Embora o número absoluto de interações tenha crescido em ambos os casos, para as operadoras a diversidade de domínios tecnológicos e de áreas científicas se reduz drasticamente, evidenciando esta menor interação entre ciência e tecnologia.

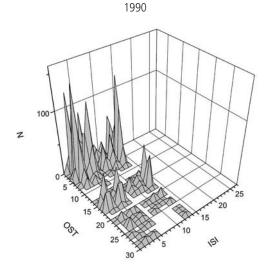
Por um lado, isso reflete o fato, já conhecido, de que as inovações tecnológicas no setor de telecomunicações passaram a ser realizadas muito mais pelos fornecedores de equipamentos que pelas operadoras. Por outro lado, o que também se pode observar a partir destes dados é que este movimento ocorre ao mesmo tempo que a pesquisa científica vai se tornando cada vez mais importante para as inovações dos fornecedores e cada vez menos relevante para as inovações desenvolvidas pelas empresas operadoras. Vale ressaltar que, no conjunto da economia, o movimento que pode ser observado é justamente o de ampliação da interação entre ciência e tecnologia.

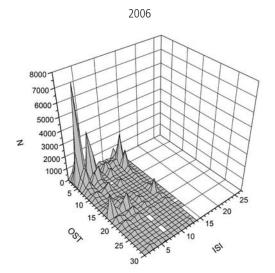
Elaboração dos autores.

<sup>6.</sup> A metodologia utilizada baseou-se no trabalho de Albuquerque et al. (2009) e Ribeiro et al. (2009).

<sup>7.</sup> A legenda para os domínios tecnológicos OST e áreas científicas ISI encontra-se no anexo.

**QUADRO 2**Matrizes de interação entre ciência e tecnologia para as empresas líderes mundiais no setor de *fabricação de equipamentos de comunicação* (1990 e 2006)





Fonte: USPTO. Elaboração dos autores.

No caso dos fornecedores, paralelamente a um maior espalhamento das interações entre domínios tecnológicos e áreas científicas, refletido em poucos espaços vazios na matriz, também ocorre uma concentração dos picos de interação. Em 1990, as principais interações observadas na matriz eram, em primeiro lugar, entre o domínio tecnológico de telecomunicações e a área científica de engenharia eletrônica. A seguir vinham os semicondutores com física, e semicondutores com engenharia eletrônica; e, em quarto lugar, informática com engenharia eletrônica. Em 2006, o principal pico de interação se deu entre informática e engenharia eletrônica. A interação entre telecomunicações e engenharia eletrônica caiu para o segundo lugar, enquanto informática com outras engenharias e informática com ciência dos materiais passam a ser importantes picos de interação.

Esses números, além de reforçarem o crescimento do domínio tecnológico de informática e a redução da importância dos semicondutores, mostram a emergência de outras áreas científicas. A área de *outras engenharias* (na qual está classificada a engenharia mecatrônica) e a ciência dos materiais, por exemplo, passaram a ser mais relevantes na produção de inovações no setor de telecomunicações.

A engenharia eletrônica continua a ser a área científica mais relevante para o desenvolvimento tecnológico do setor, com praticamente 30% de todas as citações nas patentes das empresas de telecomunicações. A área de química inorgânica e engenharia química, assim como a área de *outras engenharias* (mecânica, mecatrônica), mantém sua importância ao longo dos últimos anos (cada uma destas duas áreas com cerca de 14% das citações feitas nas patentes). A física, por sua vez, perde relevância, enquanto ganha importância a ciência dos materiais como uma área emergente nas patentes das empresas de telecomunicações. Isto sugere, provavelmente, uma ampliação das pesquisas para a utilização de materiais diferenciados e/ou novos materiais (com maior condutividade, por exemplo) para a fabricação de equipamentos eletrônicos e de comunicação.<sup>8</sup>

<sup>8.</sup> Um exemplo é a utilização de grafeno na fabricação de transistores, o que pode aumentar a velocidade de equipamentos eletrônicos.

## **3 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Mais que chegar a conclusões definitivas, este trabalho pretendeu levantar questões que contribuam para que se possa avaliar as oportunidades e, especialmente, os grandes desafios para o setor de telecomunicações no Brasil.

O setor de TICs é um dos mais dinâmicos em termos de inovações tecnológicas em âmbito mundial. Os investimentos em P&D pelos grandes *players* são extremamente significativos: sete das 20 maiores empresas inversoras em P&D no mundo pertencem ao setor.

O setor de TICs no Brasil, por sua vez, apesar de ser um dos mais inovadores em comparação com o conjunto da indústria brasileira, investiu, em 2005, o equivalente a 0,1% do PIB (seção 1). Isto é muito pouco em comparação com países mais competitivos neste setor, embora seja maior que Portugal (0,05% do PIB) e Espanha (0,08%),<sup>9</sup> países conhecidos do Brasil no setor de telecomunicações.

Além disso, no Brasil, ao contrário do que se observa nos países desenvolvidos, o segmento de serviços de telecomunicações continua sendo um dos que mais investem em P&D no conjunto das TICs. Enquanto isso, a tendência mundial tem sido, há vários anos, de ampliação dos investimentos em P&D dos fornecedores de equipamentos de comunicação, além, é claro, de crescimento da importância de setores de software e serviços de informática. Entretanto, o que explica esta diferença de posicionamento brasileiro pode não ser, necessariamente, a pujança tecnológica do país em serviços de telecomunicações, mas a baixa capacidade inovativa dos demais segmentos de TICs, relativamente aos países desenvolvidos. Se o Brasil pretende ser mais competitivo em telecomunicações e em TICs, de modo geral, é crucial ampliar significativamente os esforços tecnológicos do país nesta área.

Para isso, é preciso contar, também, com a produção científica e com uma maior interação entre ciência e tecnologia. O que as matrizes de C&T mostram é que a produção científica tem se tornado cada vez mais fundamental para ampliar a inovação e o desenvolvimento tecnológico de um país ou setor de atividade. Apesar disso, no caso brasileiro, ainda é muito pequeno o número de empresas que utilizam os cientistas e a academia brasileira para dar suporte aos seus processos inovativos. Da mesma forma, ainda é muito pequeno o número de pesquisadores das universidades brasileiras envolvidos em parcerias com o setor privado.

Claramente, existem outros desafios tão importantes quanto a interação entre ciência e tecnologia para que o Brasil possa construir e sustentar vantagens competitivas nas tecnologias de informação e comunicação. O certo é que, assim como a ampliação dos investimentos em inovação é condição necessária para o crescimento das TICs no Brasil, o próprio desenvolvimento destas tecnologias também é condição fundamental para a competitividade da economia brasileira como um todo.

### **REFERÊNCIAS**

ALBUQUERQUE, E. *et al.* Atividades de patenteamento em São Paulo e no Brasil. *In*: FAPESP. **Indicadores de ciência, tecnologia e inovação em São Paulo.** cap. 5, 2009.

LINDMARK, S.; TURLEA, G.; ULBRICH, M. Mapping R&D investment by the European ICT business sector. Joint Research Center (JRC), Reference Report, 2008.

RIBEIRO, L. C. *et al.* **Matrices of science and technology interactions and patterns of structured growth:** implications for development. Scientometrics. 2009. Disponível em: <a href="http://www.springerlink.com/content/2174610530365460/fulltext.pdf">http://www.springerlink.com/content/2174610530365460/fulltext.pdf</a>>.

<sup>9.</sup> Lindmark et al., 2008.

## **ANEXO**

	Áreas científicas – ISI		Domínios tecnológicos – OST
1	Mathematics	1	Electrical components
2	Materials Science	2	Audiovisual
3	Electronic Engineering	3	Telecommunications
4	Nuclear Sciences	4	Information technology
5	Mechanical, Civil and Other Engineering	5	Semiconductors
6	Inorganic Chemistry and Engineering	6	Optics
7	Analytical Chemistry	7	Analysis, measurement and control
8	Physical Chemistry	8	Medical engineering
9	Organic Chemistry	9	Organic fine chemicals
10	Applied Physics	10	Macromolecular chemistry
11	Solid State Physics	11	Pharmaceuticals and cosmetics
12	Geosciences	12	Biotechnology
13	Other Physics	13	Agricultural and food products
14	Ecology	14	Technical procedures
15	Food Science and Agriculture	15	Surface technology and coating
16	Biotechnology	16	Material processing
17	Microbiology	17	Materials and metallurgy
18	General Biology	18	Thermal techniques
19	Pharmacology and Pharmacy	19	Basic chemical processing
20	Public Health	20	Environment and pollution
21	Pathology	21	Machine tools
22	Neuroscience	22	Engines, pumps and turbines
23	Reproduction Medicine and Geriatrics	23	Mechanical components
24	General Medicine	24	Handling and printing
25	Internal Medicine	25	Agricultural and food machinery
26	Research Medicine	26	Transport
27	Immunology	27	Nuclear engineering
		28	Space technology and weapons
		29	Consumer goods and equipment
		30	Civil engineering and building