

Os institutos de P&D privados fomentados pela Lei de Informática: evidências de evolução na capacitação tecnológica e de seu potencial para contribuir com o *catch-up* tecnológico da indústria brasileira de TIC

Alexandre Guilherme Motta¹ e Hamilton Mendes da Silva²

Resumo

Discute-se, nesse artigo, a evolução da capacitação tecnológica alcançada nos institutos privados credenciados pelo Comitê da Área de Tecnologia da Informação (Cati), que é coordenado pelo Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC), com foco nas instituições que têm firmado maior número de convênios e, por consequência, recebido maior volume de recursos financeiros. Tal evolução tem sido fortalecida pela experiência na realização de projetos de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) financiados com recursos aplicados pelas empresas beneficiárias dos incentivos previstos na Lei de Informática (Lei no 8.248, de 1991). O artigo também trata do potencial dessas instituições em contribuir para o processo de *catch-up* tecnológico do setor produtivo. No estudo tratado neste artigo, os resultados denotam evolução na

Abstract

This article discusses the evolution of the technological qualification achieved by the private institutes accredited by the Information Technology Area Committee (Cati), coordinated by the Ministry of Science, Technology, Innovation and Communications (MCTIC), focusing on the institutions that have signed a greater number of agreements and, consequently, received a greater volume of financial resources; strengthened by the experience of carrying out R&D projects financed by resources invested by companies benefiting from the incentives provided for in the Information Technology Law No 8.248 of 1991; and its potential in contributing to the technological catch-up process of the productive sector. In the study dealt with in this article, the results, the results show an evolution in the technological qualification of these

1 Coordenador técnico de apoio a pesquisa, desenvolvimento e aplicações do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e doutor em Educação em Ciências pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

2 Coordenador de microeletrônica da Secretaria de Política de Informática (Sepin) do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) e mestre em Economia de Empresas pela Universidade Católica de Brasília (UCB).

capacitação tecnológica dessas instituições para realizar P&D aplicada ou atuar em cooperação com o setor acadêmico, gerando propriedade intelectual, produtos ou soluções no campo da Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC).

Palavras-chave: Capacitação tecnológica. Catch-up. P&D. TIC.

institutions to carry out applied R & D or to act in cooperation with the academic sector, generating intellectual property, products or r solution in the fiel of Information and Communication Technology [acronym in Portuguese (TIC)].

Keywords: *Technological qualification. Catch-up. R&D. Information and Communication Technology.*

1. Introdução

No mundo contemporâneo, os países com maior protagonismo têm se notabilizado pela condição de liderança em setores intensivos em conhecimento, com destaque para a área de Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC). Pode-se afirmar que o a área de TIC alcançou o *status* de principal gerador e difusor do progresso técnico e motor do avanço da produtividade na economia atual, conforme ressaltado pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico (OCDE)³: “*ICT and the Internet are essential for the economy and for society as a whole. Their impact is so profound that no sector remains unaffected*”, (OECD Digital Economy Outlook 2015).

A estruturação, no País, desse setor respaldou-se fundamentalmente no marco legal conhecido, tanto na esfera pública quanto nos meios acadêmicos, como Lei de Informática (Lei no 8.248, de 1991), em que um elemento diferencial com relação a legislações de incentivos fiscais ao setor produtivo concerne à imposição de contrapartidas às empresas beneficiárias, de modo que realizem atividades de P&D, sendo induzidas, assim, a buscar aproximação com o setor científico que, no contexto da legislação, abrange universidades e centros ou institutos de P&D, respectivamente.

Nesse sentido, o objetivo do presente artigo é registrar um primeiro levantamento da capacitação tecnológica alcançada pelos centros de P&D privados, fomentados pela Lei de Informática, particularmente a qualificação conquistada no âmbito de projetos realizados em convênio com empresas beneficiárias de incentivos dessa legislação.

3 Em Inglês, Organisation for Economic Co-Operation and Development (OECD).

Para isso, procurou-se coletar elementos ilustrativos dessa capacitação tecnológica, abordando indicadores técnico-científicos usuais, complementados por mapeamento de casos de comprovado desenvolvimento endógeno, em que foram disponibilizadas soluções tecnológicas para atender a demandas da indústria.

Assim, a premissa que orientou a pesquisa tratada no presente artigo foi verificar se, num primeiro levantamento, pode ser depreendida evolução na acumulação de capacidade técnica e científica desses centros de P&D em apoiar o desenvolvimento tecnológico da indústria de TIC local. A referida análise considerou as respostas às questões listadas a seguir e, nos casos de respostas afirmativas, se os resultados levantados estimularam estudos posteriores para aferir a densidade das parcerias com o setor produtivo:

- i. *Há geração de patentes, nos projetos de P&D realizados pelos institutos, que contribuíram para o desenvolvimento de produtos inovadores ou a apropriação de tecnologias posteriormente transferidas, ou mesmo licenciadas, para o setor produtivo, inclusive empresas parceiras?*
- ii. *Houve projetos de P&D realizados por ICT incluídos na pesquisa, apoiados com recursos da Lei de Informática, que ensejaram publicações científicas, com registro de casos de desenvolvimento de produtos, bens ou plataformas tecnológicas, configurando abordagens de conceitos científicos nessas publicações?*
- iii. *Há casos de evolução de bens ou equipamentos; plataformas computacionais ou programas de computador, ofertados no mercado nacional ou internacional de TIC; ou mesmo, promoção de soluções para outras cadeias produtivas ou para o atendimento de demandas específicas no setor público, incorporando tecnologias, dispositivos ou subsistemas, resultantes de projetos de P&D financiados com recursos da Lei de Informática ou viabilizados pelas competências internalizadas ou reforçadas com a realização desses projetos?*
- iv. *Há evidências de reconhecimento, fora da esfera do MCTIC, de pelo menos alguns desses ICT como estabelecimentos ou organizações de elevada competência em tecnologias avançadas, ou ainda, em razão de seu credenciamento junto a entidades coordenadoras de rede nacional de instituições de P&D?*

Afora essa breve introdução, a estrutura do presente artigo conta, primeiramente, com a apresentação da proposta de referencial teórico, por meio de breve revisão da literatura básica, com ênfase em conceitos entendidos como relevantes para a pesquisa. Em seguida, é exposta a proposta metodológica adotada para orientar a escolha da amostra, coletar e organizar os

dados obtidos, bem como avaliar os indicadores selecionados. O artigo ainda é composto por uma compilação de dados e indicadores que procuram ilustrar, ainda que de forma sintética, elementos ou predicados relativos aos centros de P&D que integram a amostra escolhida. O texto é finalizado com algumas conclusões ensejadas pela pesquisa.

2. Referencial teórico

O papel da acumulação de conhecimento como um dos fatores cruciais para o desenvolvimento foi apontado ainda na década de 80 por Dosi, G. (1982), em artigo pioneiro na discussão de elementos que distinguem os novos paradigmas tecnológicos.

Em alguns casos, houve uma interpretação reducionista da conceituação do “*catch-up*”, principalmente entre os economistas, frequentemente associada tão somente às iniciativas das firmas de introduzir avanços técnicos ou de incorporar bens de capital em processo produtivo, conforme se depreende de Abramovitz, M. (1986), quando este afirma que “países tecnologicamente defasados têm um potencial para expandir-se ou desenvolver-se mais rápido que os mais avançados”, [desde que suas condições sociais lhe permitam explorar com sucesso tecnologias] (grifo nosso).

O fato é que, para uma firma avançar a estágio que lhe permita evoluir, de mera usuária ou seguidora dos padrões ditados pelo mercado para uma fase em que alcance êxito em inovar no seu mercado de atuação, é necessária a qualificação de seu corpo técnico, de modo que este se torne apto a selecionar os conhecimentos externos que ampliem suas competências da referida firma.

Esse entendimento encontra respaldo, por exemplo, em Filippetti, A. e Peyrache, A. (2011), ao postularem que a capacitação tecnológica de uma firma resulta da soma de suas competências e habilidades, bem como dos conhecimentos técnico-científicos que lhe possibilitam adquirir, assimilar, adaptar e, principalmente, aperfeiçoar esses conhecimentos de forma a criar novas tecnologias.

Pensamento similar é corroborado por Dosi, G. e Nelson, R. (2013, p.13), quando destacam que o avanço em áreas intensivas em conhecimento tende a ocorrer mais rapidamente quando fundamentado em investimentos em ciência e em engenharia: “*Several recente studies [...] have shown that the fields of technology that, [...], have advanced most rapidly are associated with Strong fields of applied science or engineering*”.

Portanto, entre as condições necessárias para o “*catch-up*”, ganha relevância o ambiente ou ecossistema em que a firma atua, onde as instituições sejam fonte de conhecimento e possam prover as competências e tecnologias ainda não assimiladas pelo setor produtivo (DE NEGRI, F.; CAVALCANTE, L. R.; ALVES, P. F. 2013).

Indiscutivelmente, entre os elementos fundamentais para a implantação e consolidação tecnológica de setores econômicos intensivos em conhecimento, caso das TIC, destaca-se a existência de entidades de ensino capazes de formar e capacitar recursos humanos, qualificando-os para a realização de P&D.

Nesse sentido, na década de 90, a intensificação da discussão sobre a crescente importância da denominada *Economia do Conhecimento* extrapolou o ambiente acadêmico, conforme evidenciado pela OCDE ao gerar relatório em que posiciona as universidades como elemento central na concretização de estratégias para o avanço nesse contexto, não apenas pelo seu papel de produzir e disseminar novos conhecimentos, mas também por educar e preparar as novas gerações de pesquisadores (OECD, 1996).

Por outro lado, em países de industrialização tardia, as firmas que atuam no setor de TIC, não raro - inclusive pela trajetória de sua criação divorciada do ambiente acadêmico ou incentivada por políticas de substituição de importações -, enfrentam dificuldades na apropriação de conhecimentos ou resultados de pesquisas desenvolvidas nas universidades. Desse modo, encontram obstáculos na construção de parceiras para a realização de projetos geradores de tecnologias.

Nesse cenário, ganha destaque a contribuição de institutos de P&D para o êxito de políticas de fomento ao desenvolvimento tecnológico, como reconhecido por Choung, Jae-Yong; Hameed, Tahir; e Jy, Illyong (1998) em artigo que compara as abordagens coreana e taiwanesa para acumular capacitação tecnológica no segmento de componentes semicondutores. Os referidos autores reforçam esse entendimento quando identificam a criação e o fortalecimento de centros privados de P&D entre os elementos determinantes para o sucesso da estratégia coreana nesse segmento.

Vale ainda destacar o reconhecimento da relevância da presença, em sistemas nacionais de inovação, de institutos de P&D capazes de atuar como elemento de ligação entre a universidade e o setor produtivo. Tal nexos é apontado como o fator-chave na estratégia chinesa para competir em setores intensivos em conhecimento (TANG; HUSSLER, 2011).

Estudos recentes elaborados por pesquisadores brasileiros sobre o tema da defasagem tecnológica da indústria nacional em geral, ao avaliarem o hiato do setor produtivo local frente a estágio de países líderes e ao identificarem fragilidades no nosso ecossistema de ciência e tecnologia (C&T), no tocante à indústria de TIC, via de regra não se debruçam sobre o papel e as perspectivas de institutos de P&D, com atuação setorial, em contribuir para a evolução tecnológica da indústria brasileira (DE NEGRI *et al.*, 2016).

É oportuno mencionar que estudo realizado por Figueiredo, P. (2005) já havia observado avanços na capacitação tecnológica oferecida, no setor de TIC, por institutos de P&D independentes. Avanços na capacidade tecnológica de institutos financiados com recursos da Lei de Informática também foram destacados na pesquisa abordada no citado artigo. No entanto, essa investigação restringiu-se à evolução na capacidade de desenvolvimento de *software* por parte desses atores, além de não explicitar que o principal mecanismo indutor dessa evolução foi justamente o modelo, estabelecido pela Lei de Informática, de incentivo à P&D e fomento à cooperação entre empresa-instituições de ensino e empresa-institutos de P&D.

Assim, por meio dessa pesquisa, procurou-se identificar evidências de evolução na capacitação tecnológica desses institutos ou centros de P&D independentes fomentados pela Lei de Informática, com vistas a contribuir para uma melhor compreensão a respeito do escopo e da densidade das relações de cooperação que essas instituições têm construído com o setor industrial de TIC local. A pesquisa também teve por finalidade apontar perspectivas em relação ao apoio direcionado à base tecnológica desse setor.

3. Procedimentos metodológicos e fontes de dados

Esse artigo foi elaborado com o propósito de conduzir um primeiro levantamento de elementos ilustrativos da evolução da capacidade tecnológica dos institutos e centros de P&D independentes, que atuam no setor brasileiro de TIC, fundamentado em resultados de uma amostra desses estabelecimentos, credenciados junto ao Comitê da Área de Tecnologia da Informação (Cati), considerando um recorte que incluiu os dez institutos que, no período 2012 a 2015, receberam o maior volume de recursos financeiros aportados por empresas beneficiárias da Lei de Informática.

A escolha desse período de 2012 a 2015 teve como objetivo considerar o tempo transcorrido entre a publicação do último importante estudo setorial, elaborado por SALLES-FILHO, S. *et al.*, 2012, e o último exercício para o qual o Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) disponibiliza dados de investimentos em P&D.

Na seleção da amostra - de um universo de 35 centros de P&D privados, credenciados junto ao Cati -, em que se ressalta o seu caráter não probabilístico, consideraram-se os seguintes aspectos:

- i. seleção de uma amostra constituída pelos institutos privados cujos percentuais de recursos humanos, atuando em P&D, e de projetos executados no âmbito dos convênios corresponderem a pelo menos 80% do total de seus profissionais e de iniciativas dessa categoria de instituição (dentro do princípio de Pareto⁴); e,
- ii. cumprimento do requisito de que, no período de tempo estabelecido para a pesquisa (4 exercícios), esses institutos tivessem sido os estabelecimentos detentores da maior captação de volume de recursos dentre os centros de P&D privados.

No tocante aos procedimentos técnicos, adotou-se uma combinação de pesquisa bibliográfica (para fundamentar a formulação das hipóteses de trabalho), associada à coleta de macro dados de caráter secundário (divulgados ao público pelo MCTIC), complementada por uma pesquisa (*survey*) conduzida junto a uma amostra de centros de P&D.

4. Análise Empírica

4.1. Investimentos anuais em P&D aplicados pelas beneficiárias nos ICTs selecionados no contexto da LI

A Tabela 1 apresenta, de forma resumida, dados relativos a recursos⁵ aplicados nos dez institutos selecionados, no período 2012 a 2015, por empresas beneficiárias dos incentivos da Lei de Informática (LI) para financiar projetos de P&D em TIC⁶.

4 O princípio de Pareto (também conhecido como **regra do 80/20**, **lei dos poucos vitais** ou **princípio de escassez do fator**) afirma que, para muitos eventos, aproximadamente 80% dos efeitos vêm de 20% das causas. O consultor de negócios Joseph Moses Juran sugeriu o princípio e o nomeou em homenagem ao economista italiano Vilfredo Pareto, que notou a conexão 80/20 em sua passagem pela Universidade de Lausanne em 1892, como publicado em seu primeiro artigo "Cours d'économie politique". Fonte: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Princ%C3%ADpio_de_Pareto>. Acesso em 24 de abr. 2017.

5 Os valores apresentados são nominais.

6 Os dados foram extraídos a partir de relatórios estatísticos divulgados pelo MCTIC, disponíveis no endereço eletrônico: <http://www.mctic.gov.br/mctic/opencvms/tecnologia/incentivo_desenvolvimento/lei_informatica/_informacoes/resultados_lei_informatica.html>. Acesso em 24 de abr. 2017.

Observa-se que o montante de recursos captado por esses ICT, no contexto aqui referido, vem ganhando relevância frente ao total de investimentos em P&D realizado pelas empresas a título de contrapartida aos incentivos, em convênio (o que abrange os próprios institutos e investimentos em universidades e incubadoras), conforme exposto na Tabela 2.

Tabela 1. Recursos aplicados em projetos de P&D em Institutos de P&D privados integrantes da amostra, no âmbito da Lei de Informática

Instituição	Valores (R\$ mil)				
	2012	2013	2014	2015	Total
Instituto Eldorado – Campinas (SP)	92.727,00	82.266,00	133.800,00	188.240,00	497.033,00
Samsung Instituto de Desenvolvimento para a Informática (Sidi) – Campinas (SP)	71.366,00	83.371,00	39.090,00	64.100,00	257.927,00
Centro de Estudos e Sistemas Avançados do Recife (Cesar)	38.695,00	44.668,00	69.920,00	65.000,00	218.283,00
Venturus Centro de Inovação Tecnológica – Campinas (SP)	24.822,00	32.046,00	36.050,00	47.870,00	140.788,00
Flextronics Instituto de Tecnologia (FIT) – Sorocaba (SP)	21.093,00	22.604,00	26.110,00	43.700,00	113.507,00
Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações (CPqD)	10.100,00	14.800,00	12.810,00	18.770,00	56.480,00
Laboratório de Sistemas Integráveis Tecnológico (LSI-TEC)	6.570,00	11.730,00	16.660,00	14.850,00	49.810,00
Fundação para Inovações Tecnológicas (FITec) – Campinas (SP)	16.388,00	19.403,00	9.980,00	11.670,00	57.441,00
Fundação Centros de Referência em Tecnologias Inovadoras (Certi)	6.140,00	7.660,00	5.710,00	10.160,00	29.670,00
Centro de Pesquisas Avançadas Werner Von Braun	6.340,00	2.670,00	1.620,00	0,00	10.630,00
Valor dos investimentos em P&D nos ICT integrantes da amostra	294.241,00	321.218,00	351.750,00	464.360,00	1.431.569,00

Fonte: SEPIN/MCTIC, Relatório Estatístico, disponível em: < sigplani.mctic.gov.br >.

Tabela 2. Investimentos em P&D nos institutos pesquisados *vis-à-vis* os investimentos em P&D no contexto da Lei de Informática

	2012	2013	2014	2015	Total
Valor dos investimentos em P&D nos ICT integrantes da amostra	294.241,00	321.218,00	351.750,00	464.360,00	1.431.569,00
Total dos investimentos em P&D em convênio (ICT; incubadoras; e entidades de ensino e pesquisa)	535.180,00	719.470,00	654.750,00	757.760,00	2.667.160,00
Total dos investimentos em P&D no âmbito da LI	1.227.430,00	1.420.530,00	1.347.210,00	1.458.590,00	5.453.760,00

Fonte: Elaborada pelos autores.

4.2. Indicadores de capacitação técnico-científica nos ICT credenciados pelo CATI para realização de P&D com recursos da LI: visão sintética

Os dados apresentados na tabela 3 mostram uma força de trabalho, nos ICT pesquisados, majoritariamente constituída por profissionais com formação escolar de nível superior. Esse resultado, além de apresentar coerência com a qualificação exigida para a realização de atividades de P&D, num setor econômico cuja base produtiva é de natureza científica, como é o caso da indústria de TIC, sugere foco em atividades finalísticas por parte das instituições pesquisadas na composição de sua força de trabalho.

Por outro lado, o patamar alcançado em patentes e publicações pode ser interpretado pelo setor produtivo de TIC como um indicativo de que este pode contar com o apoio de uma rede de ICT onde atua um contingente de profissionais com qualificação para gerar tanto produção científica quanto propriedade intelectual, elementos ilustrativos de evolução na capacitação para complementar necessidades de apoio tecnológico demandado pela indústria.

Tabela 3. Evolução da força de trabalho e indicadores de produção científica

	Exercício 2012	Exercício 2013	Exercício 2014	Exercício 2015
Recursos humanos em P&D nos ICT credenciados	8.000	8.100	8.400	8.300
Recursos humanos com formação de nível superior atuando em P&D nos ICT credenciados	5750	5.900	5.900	6.100
Quantidade de patentes depositadas ou registradas pelos ICT credenciados	417	420	528	467
Quantidade de publicações geradas pelos ICT credenciados	499	573	580	514

Fonte: MCTIC/SEPIN

4.3. Indicadores de capacitação técnico-científica nos ICT selecionados, no contexto da LI: visão analítica

4.3.1. Subsistemas ou produtos desenvolvidos por ICT integrantes da pesquisa, nos últimos cinco anos, resultantes de projetos financiados com recursos da Lei de Informática:

a) Instituto Eldorado

Dentre os resultados reportados pelo Eldorado para evidenciar a capacitação tecnológica e as tecnologias apropriadas em decorrência dos projetos de P&D financiados com recursos da Lei de Informática, pode ser destacado o desenvolvimento de produtos ou plataformas para os segmentos de: automação bancária (dispensador automático de papel-moeda); comercial/serviços (equipamentos de pesagem); telecomunicações (conversor de sinais serial/Ethernet, transceptor de RF, faixa UHF para redes industriais, roteador/modem a cabo, sem fio); equipamentos eletromédicos (dispositivo aquecedor de gel, marca-passo implantável, mamógrafo e aparelho de diagnóstico por ultrassom); e *chips* (demodulador para TV digital, receptor de TV digital para microcomputador, *tag* para RFID).

b) Samsung Instituto de Desenvolvimento para a Informática (Sidi)

O Sidi destacou com principal resultado o fato de que mais de 90% de seus investimentos em projetos financiados com recursos da Lei de Informática já resultaram em produtos introduzidos no mercado pela empresa controladora (Samsung) – que incorporou especialmente tecnologias e recursos implementados por meio de programas de computador embarcados -, em suas recentes linhas de dispositivos móveis (celulares, *smartphones*, *tablets* e aparelhos da categoria *wearables*); além de televisores; microcomputadores portáteis; monitores de vídeo; e impressoras.

c) Fundação Certi

A Certi reportou que, no período pesquisado (cinco anos), desenvolveu um portfólio de 47 projetos financiados com recursos financeiros investidos por empresas beneficiárias dos incentivos da Lei de Informática, alcançando aplicações com ampla variabilidade, como, por exemplo, nos segmentos de: TV digital (aprimoramento da *interface* homem-máquina em Smart TV); educacional (desenvolvimento de projetor, com capacidade de operação em rede, para uso pedagógico); processo produtivo industrial (equipamento para diagnóstico de falhas resultantes do processo produtivo e suporte à depuração de projeto).

d) Von Braun

O instituto destacou os seguintes bens (Hw ou Sw) introduzidos no mercado como resultados de projetos de P&D financiados com recursos da LI, nos últimos cinco anos: máquina automática de teste de sensores ópticos; programa de computador para controle e gestão da linha de produção⁷; sistema de automação de teste e configuração (*setup*) na linha de produção de microcomputadores portáteis⁸; ferramentas computacionais de simulação para semicondutores; programa de computador embarcado para controle de dispositivo de Raio-X panorâmico); aparelho inicializador de *chip* UHF, destinado a sistema de automação de pedágios; aparelho para inicialização e teste de *tags*.

7 Em processo de certificação para adoção na gestão de processos fabris por um dos maiores fabricantes mundiais de impressoras.

8 Em utilização pelas diversas unidades fabris de um dos maiores fabricantes mundiais no segmento.

e) Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações (CPqD)

Informações obtidas junto ao CPqD indicam que, dentre os produtos lançados no mercado por empresas com as quais a instituição firmou convênio no âmbito da LI, encontram-se: telefones móveis e acumuladores para tais aparelhos; e, em programas de computador *software*, aprimoramentos de solução de infraestrutura como serviço IaaS e NLP [do Inglês, *Natural Language Processing* ou Processamento de Linguagem Natural (PNL)].

f) LSI-TEC:

O centro de pesquisa destacou: o desenvolvimento de programas de computador para aparelhos telefônicos celulares (a serem incorporados em aparelhos destinados ao mercado externo, no âmbito da América do Sul, por um dos grandes fabricantes asiáticos presentes no Brasil); o desenvolvimento de programas de computador para equipamentos de bilhetagem eletrônica (em operação no VLT do Rio de Janeiro); além do projeto de um circuito integrado da categoria NFC, para uma das empresas líderes no segmento de microcomputadores portáteis no País (próprio para utilização em aplicações como leitores de proximidade).

g) FITec

Como principais resultados de projetos de P&D financiados com recursos da LI e que resultaram na introdução de inovações no mercado, a FITec mencionou o desenvolvimento de soluções tecnológicas para: automação bancária (dispositivo antifraude para equipamentos dispensadores de cédulas); automação comercial (terminal ponto-de-venda); redes de comunicação de dados por fibras ópticas (equipamentos terminais para redes ópticas); além de equipamento médico (ventilador pulmonar).

4.3.2. Geração de propriedade intelectual (publicações científicas ou depósito/ registro de patentes) resultante de projetos financiados com recursos da LI:

É importante registrar que o atual modelo de fomento à implantação, no País, de centros e institutos que realizam P&D em tópicos e temas de TIC exige que a natureza jurídica desses estabelecimentos seja de caráter privado, sem fins econômicos e autossustentável. Por conseguinte, seu custeio deve ser assegurado com receitas auferidas por meio dos projetos realizados, o que, naturalmente, cerceia a condição da instituição de dedicar grandes esforços à pesquisa e tende a refletir na sua capacidade de geração de propriedade intelectual.

O caráter de confiabilidade de muitos projetos também se revela inibidor de maior difusão de tecnologias e conceitos apropriados por meio de publicações científicas.

Não obstante a essas restrições, foram apurados indícios relevantes de evolução na capacidade de geração de propriedade intelectual e crescimento na produção científica, como bem o denotam os respectivos indicadores mencionados na Tabela 3.

No Apêndice deste artigo, são listados alguns exemplos de publicações científicas resultantes dos projetos de P&D realizados no âmbito dos convênios firmados com empresas beneficiárias dos incentivos da Lei de Informática. É possível perceber que os temas são especializados e requerem recursos humanos com elevada qualificação.

4.3.3. Institutos que firmaram acordos de cooperação com universidades ou outros centros de P&D, no Brasil ou no exterior, os quais reputam como decorrentes de tecnologia apropriadas ou fortalecidas a partir de projetos de P&D em TIC no âmbito da LI:

Conforme destacado em Hauser, H. (2010), os centros ou institutos de P&D independentes exercem papel fundamental na consolidação de um ecossistema de C&T, atuando como um elemento de conexão entre a universidade e o setor produtivo, potencializando o desenvolvimento de soluções inovadoras, de natureza disruptiva, ao possibilitar que pesquisas de nível acadêmico sejam efetivamente transformadas em produtos que não apenas atendem às demandas do setor empresarial, mas o fazem gerando vantagens competitivas.

Neste sentido, o registro de cooperações entre esses centros de pesquisa e o setor acadêmico - que eventualmente resultaram em produção científica qualificada - assume relevância, tanto pela constatação de que têm havido colaborações ensejadas por iniciativas conjuntas, financiadas com recursos aplicados por empresas beneficiárias, que demandaram o emprego de conhecimentos avançados para viabilizar esses resultados, quanto pelo fato de que há registro de pesquisas não atreladas a esses projetos, sugerindo a gradual incorporação desses centros de pesquisa ao ecossistema local de C&T. Assim, no cenário descrito, são listados os seguintes trabalhos:

- a) **Instituto Samsung:** no âmbito de projetos executados com recursos da LI, destacou cooperações com universidades como: Universidade São Paulo (USP), Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Universidade Federal do Rio Grande

do Sul (UFRGS), Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Universidade Federal de Campina Grande (UFCCG).

- b) **Von Braun:** apontou as seguintes cooperações com instituições congêneres no exterior, potencializadas por tecnologias apropriadas ou fortalecidas por meio dos projetos executados com recursos da LI: i) cooperação com CISC Technologies (Áustria); ii) cooperação com SilTerra Semiconductors (Malaysia); e iii) cooperação com Tianjin Group (China).
- c) **Certi:** destacou cooperação com a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), por meio de pesquisas e trabalhos onde a ênfase se deu nas áreas de processamento de sinais digitais, processamento de voz e processamento de imagens.
- d) **LSI-TEC:** ressaltou que a instituição possui convênios com a USP e com a UFRGS, por meio dos quais oferece capacitação à engenheiros, para que atuem como projetistas de chips (circuitos integrados), no âmbito do programa intitulado CI Brasil. O LSI-TEC é a instituição âncora, ou seja, coordenadora dessa iniciativa⁹.
- e) **FITec:** o centro de pesquisa destacou que tem como princípio buscar parcerias com universidades para a realização de atividades de P&D financiadas com recursos da Lei de Informática, apontando como exemplo a realização de pesquisas com a UFPE, nas áreas de: medição de energia; telecomunicações; e equipamentos médicos.

4.3.4. Institutos com competências reconhecidas por agente coordenador de rede de ICT (Embrapii ou Sibratec)

Dentre as iniciativas que se estruturaram recentemente no Brasil para estimular a realização de P&D no setor produtivo, bem como fomentar a aproximação da indústria com instituições de ensino e pesquisa e centros ou institutos de P&D, destaca-se a criação, em 2013, da Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial (Embrapii)¹⁰, instituição qualificada como organização social (OS) e que mantém contrato de gestão com o MCTIC.

⁹ O CI Brasil é um programa de formação de recursos humanos (por meio da especialização voltada a engenheiros eletrônicos ou cientistas da computação), que qualifica esses profissionais para o desenvolvimento de projetos de circuitos integrados avançados e que atendam a requisitos próprios de dispositivos ou componentes de aplicação comercial. O programa é financiado por recursos aplicados por empresas beneficiárias dos incentivos da Lei de Informática.

¹⁰ Mais informações podem ser obtidas no sítio da Embrapii, no endereço eletrônico: <<http://embrapii.org.br>>.

Essencialmente, a Embrapii financia parte dos recursos orçamentários de projetos de P&D contratados por empresas para a execução por parte de instituições credenciadas (centros ou institutos de P&D ou unidades acadêmicas de universidades).

Nesse sentido, são listadas abaixo instituições credenciadas pelo Cati, avaliadas nesta pesquisa, e que também foram certificadas pela Embrapii, com ênfase nas áreas destacadas, respectivamente:

- a) Certi: sistemas embarcados (equipamentos/*hardware* e programas de computador/*software*);
- b) CPqD: comunicações ópticas;
- c) Eldorado: equipamentos para internet e comunicação móvel; e,
- d) Cesar: produtos conectados (com aplicações em *IoT* e *Smart Grids*).

Outra iniciativa relevante refere-se à estruturação do Sistema Brasileiro de Tecnologia (Sibratec)¹¹, concebido pelo MCTIC e operado pela Financiadora de Estudos e Projetos (Finep) e que tem como objetivos apoiar o desenvolvimento tecnológico das empresas brasileiras, bem como melhorar a qualidade dos produtos colocados nos mercados interno e externo.

O Sibratec está estruturado em redes, as quais são denominadas de componentes: **Centros de Inovação, Serviços Tecnológicos e Extensão Tecnológica**.

As redes temáticas constituídas pelos centros ou institutos de P&D que correspondem aos centros de inovação têm o papel de gerar e transformar conhecimentos científicos e tecnológicos em produtos, processos e protótipos com viabilidade comercial (inovação radical ou incremental).

Dentre os centros/institutos de P&D pesquisados constatou-se que o LSI-TEC integra o Sibratec na área de microeletrônica; a FITec, na área de qualificação e certificação de produtos eletroeletrônicos e de tecnologia da informação; enquanto que a Certi atua nessa rede com ênfase no desenvolvimento de produtos para as áreas de saúde, de produção de plásticos e de manufatura mecânica.

11 Mais informações podem ser obtidas no sítio: < <http://www.portalinovacao.mcti.gov.br/sibratec/>>.

5. Considerações finais

A pesquisa propiciou lançar um olhar distinto, relativamente à maioria dos estudos acadêmicos que se debruçaram sobre o setor brasileiro de TIC, investigando um dos principais resultados da política de fomento à P&D implementada nas últimas duas décadas com uso do mecanismo de incentivos fiscais, com fulcro na Lei de Informática, qual seja, os centros ou institutos de P&D credenciados junto ao Cati.

Cabe, contudo, a ressalva, com base em Montague, S. (2014), no sentido de que, em se tratando de organizações não acadêmicas, deve ser evitada a supervalorização de elementos essencialmente científicos, sendo importante destacar as conexões entre setor produtivo e academia e, do mesmo modo, as contribuições para a transformação no ecossistema em que os centros se inserem.

Nesse sentido, observou-se que, entre os centros ou institutos de P&D selecionados (tendo vários dos analisados sido criados inteiramente à luz da citada legislação), devem ser ressaltadas as seguintes constatações:

- i. há inegável avanço na geração de propriedade intelectual e no acúmulo de experiências bem sucedidas no desenvolvimento de produtos competitivos, que têm resultado em bens inovadores para as empresas contratantes;
- ii. constata-se a consolidação de determinadas competências em alguns ICT, a ponto de se tornarem referências na capacidade de desenvolver produtos e soluções tecnológicas em temas como RFID, sistemas embarcados ou comunicações ópticas, por exemplo, com o efeito de investimentos continuados em P&D, conforme preconizado por Dosi, G. e Nelson, R. (2013); e,
- iii. os exemplos de pesquisas colaborativas ICT-universidades, em projetos financiados por empresas no setor de TIC e que resultaram em produção acadêmica relevante denotam a potencialidade de que institutos de P&D atuem como elemento de ligação entre as instituições de ensino superior e o setor produtivo, como defendido por Tang, M. e Hussler, C. (2011), ao examinarem estratégias que vêm sendo adotados em políticas de desenvolvimento na China, com vistas a alcançar a liderança no setor de TIC.

Por fim, é oportuno assinalar que, mesmo tendo sido constatado um panorama promissor, quando se avalia esses centros/institutos de P&D com foco em indicadores acadêmicos clássicos (patentes e publicações), o resultado que reputamos mais relevante concerne à constatação

de evolução no estabelecimento de conexões com universidades e na capacitação tecnológica que viabilizou o desenvolvimento de produtos voltados ao setor produtivo, incorporando tecnologias e conhecimentos avançados gerados nas universidades. Esses resultados dificilmente seriam factíveis às empresas por meio de um esforço isolado por parte dessas.

Glossário

Application Specific Integrated Circuits (ASIC): correspondem a dispositivos eletrônicos caracterizados como *chips* ou circuitos integrados próprios para realizar uma aplicação específica, como, por exemplo, a função de um rádio transmissor/receptor ou de um relógio.

Bluetooth: corresponde a uma especificação de rede de comunicação de dados, que opera por sinal de radiofrequência (rede sem fio), de curto alcance, e que provê uma forma conectar e trocar informações entre dispositivos como telefones celulares, *notebooks*, computadores, impressoras, câmeras digitais e consoles de videogames digitais.

Field Programmable Gate Array (FPGA): correspondem a dispositivos eletrônicos caracterizados como *chips* ou circuitos integrados cuja funcionalidade é definida pelo usuário (projetista), de acordo com a aplicação pretendida.

Jigs/Jigas de teste: correspondem a equipamentos eletrônicos desenvolvidos para utilização na automatização de testes ao longo do processo produtivo.

Near Field Communication (NFC): tecnologia que viabiliza a troca de dados ou informações entre equipamentos ou dispositivos eletrônicos, que estejam próximos um do outro.

Internet of Things (IoT): refere-se a um estágio tecnológico em que os mais diversos aparelhos ou dispositivos eletrônicos poderão conectar-se, conseguindo interagir um com o outro e, inclusive, com as pessoas ou veículos, por meio da internet.

Organic Light-Emitting Diode (Oled): trata-se de um dispositivo eletrônico, produzido a partir de um filme de material orgânico, que emite luz em resposta à aplicação de uma corrente elétrica.

Radio-Frequency Identification (RFID): é um método de identificação automática, por meio de sinais de rádio, recuperando e armazenando dados à distância, com o emprego de dispositivos eletrônicos denominados etiquetas RFID (ou *tags*).

Siniav: Sistema de Identificação Automática de Veículos, que emprega - entre outros elementos (tais como centros de armazenagem e processamento de dados) - a tecnologia RFID, em implantação pelo Departamento Nacional de Trânsito (Denatran).

Smart Grids: de forma sucinta, resulta da incorporação de recursos à rede de transmissão e distribuição de energia, que permitam atuar, remotamente, sobre os diversos elementos constituintes e equipamentos conectados, inclusive os medidores (residenciais ou comerciais).

Smart TV: essencialmente corresponde aos aparelhos receptores de sinal de TV com capacidade de conexão à internet.

Tags: vide RFID, descrito anteriormente.

Ultra High Frequency (UHF): refere-se à faixa do espectro de radiofrequência compreendida entre 300 MHz e 3 GHz.

United States Patent and Trademark Office (Uspto): órgão ou agência do governo norte-americano responsável pelos depósitos de marcas e patentes nos Estados Unidos da América.

Very-large-scale integration (VLSI): termo genericamente utilizado na indústria de componentes semicondutores, ou indústria de microeletrônica, para designar os circuitos integrados (*chips*) que condensam um número elevado de componentes básicos (transistores organizados na forma de componentes que podem operar como dispositivos de chaveamento lógico ou como unidades básicas de armazenamento de dados).

Wearables: como o próprio termo denota, referem-se a aparelhos eletrônicos assemelhados a uma peça de vestuário ou algum acessório (como um relógio ou pulseira), ou mesmo integrados a uma peça de roupa, sendo equipados com dispositivos sensores e dispendo de capacidade de conexão à internet.

Apêndice

Lista (exemplificativa) de artigos publicados por institutos ou centros de P&D que integraram a pesquisa

Foram mencionadas instituições de ensino e pesquisa parceiras, quando aplicável.

Tabela 4. Artigos publicados pelo Instituto Eldorado

Ano	Título do artigo	Periódico ou evento (local)
2012	<i>ISDB-T receiver architecture and VLSI implementation in 65 nm CMOS, for Fixed-Reception high definition Digital Television</i>	IEEE International Conference on Consumer Electronics (Berlim)
2014	<i>FPGA Implementation of a FEC Decoding Subsystem for a DVB-S2 Receiver</i>	Southern Programmable Logic Conference (Buenos Aires)
2015	<i>A new log compression rule for B-mode ultrasound imaging adjusted to the human visual system</i>	World Congress on Medical Physics & Biomedical Engineering - WC 2015 (Toronto, Canada)
2015	<i>Printed Monopole Antenna with Triangular-Shape Groove at Ground Plane for Bluetooth and UWB Applications</i>	Microwave and Optical Technology Letters; v. 01, pp. 28-31
2017	<i>Mechanical stress measurement using a single octagonal piezotransducer</i>	XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (Santos, SP)

Tabela 5. Artigos publicados pelo Instituto Samsung

Ano	Título do artigo	Periódico ou evento	Instituição Parceira
2015	<i>A Wearable Face Recognition System Built into a Smartwatch and the Visually Impaired User</i>	Internacional Conference on Enterprise Information Systems (ICEIS)	Instituto Samsung
2015	<i>Video-based Human Activity Recognition</i>	VB-HAR Workshop Series - 1st Edition	Instituto Samsung
2015	<i>Multi-layered Cloud Computing for Education Environments</i>	IBM Systems Journal	Instituto Samsung
2015	<i>Using video scalability for designing safe multimedia transactions</i>	Conference on Graphics, Patterns and Images (SIBGRAPI)	Instituto Samsung
2015	<i>Evaluating phonetic spellers for user-generated content in Brazilian Portuguese</i>	International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI)	USP

Ano	Título do artigo	Periódico ou evento	Instituição Parceira
2016	<i>Building multilingual resources for Multiword Expressions: combining precision and recall oriented techniques</i>	Language Resources and Evaluation Conference (LREC)	UFRGS
2016	<i>Multiword Expressions in Child Language</i>	Language Resources and Evaluation Conference (LREC)	UFRGS
2016	<i>Toward Measuring Student Engagement: A Data-Driven Approach</i>	Intelligent Tutoring Systems	Instituto Samsung
2016	<i>Detection of Fragmented Rectangular Enclosures in Very-High-Resolution Remote Sensing Images</i>	IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing	Instituto Samsung

Tabela 6. Artigos publicados pelo Instituto Von Braun

Ano	Título do artigo	Periódico ou evento (local)
2002	<i>Dirac monopoles and gravitation</i>	Annales de la Fondation Louis de Broglie, v. 27, n. 02, pp. 257-271
2011	<i>First Principles calculation of the AlAs/GaAs interface band structure using a self-energy-corrected local density approximation</i> (Ribeiro Jr, M., Von Braun; Fonseca, L.R.C. e Ferreira, L. G., Universidade de São Paulo/Instituto de Física)	EPL (Europhysics Letters), v. 94, n. 02
2012	<i>Black body radiation as a function of frequency and wavelength: an experimentally oriented approach</i>	Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 34, n.2
2014	<i>Methodology for choosing Piezoelectric devices using piezoelectric energy harvesting to feed massive use of RFID tags</i> (Javier Jr, A.L., Von Braun; Shieh, P.J. et al., Centro de Pesquisas Renato Archer)	Conference: IEEE RFID Brazil (São Paulo)
2014	<i>Dynamics of galvanometric scanners under parallel and transverse magnetic fields</i>	Brazilian Journal of Instrumentation and Control, v.02, n.01, pp.09-15

Tabela 7. Artigos publicados pela FITec

Ano	Título do artigo	Periódico ou evento	Instituição Parceira
2016	<i>An approach based on network science to detect communities in Social Networks</i>	IEEE Latin American Conference on Computational Intelligence (LA-CCI)	Universidade Federal de Pernambuco

Tabela 8. Artigos publicados pelo LSI-TEC

Ano	Título do artigo	Periódico ou evento (local)
2007	<i>CMOS encoder for scale-independent pattern recognition</i>	Proceedings of the 20th Annual Symposium on Integrated Circuits and Systems Design, SBCCI 2007
2008	<i>Diseño de una resistencia integrada de alto valor aplicada a un sistema de adquisición de señales neuronales con tecnología mos</i>	XIV Iberchip Workshop
2016	<i>Design of a CMOS cross-coupled voltage doubler</i>	ANDESCON, 2016 IEEE
2016	<i>A CMOS implementation of the discrete time nonlinear energy operator based on a transconductor-squarer circuit</i>	Circuits & Systems (LASCAS)
2016	<i>A floating voltage regulator with output level sensor for applications with variable high voltage supply in the range of 8.5 V to 35 V</i>	Micro-Nanoelectronics, Technology and Applications (CAMTA)
2016	<i>Area optimized CORDIC-based numerically controlled oscillator for electrical bio-impedance spectroscopy</i>	Frequency Control Symposium (IFCS)

Referências

ABRAMOVITZ, M. Catching up, forging ahead, and falling behind. *Journal of Economic History*, v. 46, n. 2, 1986, p. 386-406.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações – MCTIC. **SIGPLANI – Sistema de Gestão da Lei de informática**: relatório estatístico. Disponível em: <<http://sigplani.mctic.gov.br/>>.

_____. Presidência da República. **Lei nº 8.248 de 23 de outubro de 1991**. Dispõe sobre a capacitação e competitividade do setor de informática e automação, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L8248.htm>.

CHOUNG, J.Y.; HAMEED, T.; JY, I. Patterns of innovation in Korea and Taiwan. *IEEE Transactions on Engineering Management*, v. 45, n. 4, 1998, p. 357–365.

COHEN, W.; LEVINTHAL, D. Absorptive capacity: a new perspective on learning and innovation, *Administrative Science Quarterly*, v. 35, n. 1, 1990, p. 128-152.

DE NEGRI, F.; CAVALCANTE, L. R.; ALVES, P. F. Relações universidade empresa no Brasil: o papel da infraestrutura pública de pesquisa, **Texto para Discussão - IPEA**, v. 19, n. 1, 2013, p. 01-44.

DE NEGRI, F.; SQUEFF, F. H. S. (Orgs). **Sistemas setoriais de P&D e infraestrutura de pesquisa no Brasil**. 1a. ed. Brasília: IPEA; FINEP; CNPq, 2016.

DOSI, G. Technological paradigms and technological trajectories: a suggested interpretation of the determinants and directions of technical change. **Research Policy**, v. 11, 1982, p. 147–162.

_____. Sources, procedures, and microeconomic effects of innovation. **Journal of Economic Literature**, v. 26, n. 3, 1988, p. 1120- 71.

DOSI, G.; NELSON, R. The evolution of technologies: an assessment of the state-of-the-art. **Eurasian Business Review**, v. 3, n. 1, 2013, p. 3-46.

FEDERAL MINISTRY OF ECONOMICS AND TECHNOLOGY. **ICT Strategy of the German Federal Government: Digital Germany 2015**, 2010.

FIGUEIREDO, P. Acumulação tecnológica e inovação industrial: conceitos, mensuração e evidências no Brasil, **São Paulo em Perspectiva**, v. 19, n. 1, 2005, p. 54-69.

FILIPPETTI, A.; PEYRACHE, A. The patterns of technological capabilities of countries: a dual approach using composite indicators and data envelopment analysis. **World Development**, v. 39, n. 07, 2011, p. 1108-1121.

HAUSER, H. **The Current and future role of technology and innovation Centres in the UK**, 2010. Disponível em: <<https://catapult.org.uk/wp-content/uploads/2016/04/Hauser-Report-of-Technology-and-Innovation-Centres-in-the-UK-2010.pdf>>. Acesso em: 25 ago. 2017.

HU, M.C.; MATHEWS, J. Enhancing the role of universities in building national innovative capacity in Asia. **World Development**, v. 35, n. 06, 2011, p. 1005-1020.

KIM, L. **Imitation to innovation: the dynamics of Korea's technological learning**, 1. ed. Boston: Harvard Business School Press, 1997.

KIM, S.R. **The Korean system of innovation and the semiconductor industry: politics and governance**, 1996. (mimeo).

MONTAGUE, S. Evaluating research, technology, development and innovation theories and practice. In: CANADIAN EVALUATION SOCIETY CONFERENCE, 2014. **Annals...** 2014. Disponível em: <http://evaluationcanada.ca/distribution/20140617_montague_steve.pdf>. Acesso em: 29 ago. 2017.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT – OCDE. **The Knowledge-based Economy**, Paris: OECD Publishing, 1996.

_____. **OECD Digital Economy Outlook 2015**, Paris: OECD Publishing, 2015.

PROCHNICK, V. *et al.* A política da política industrial: o caso da Lei de Informática. **Revista Brasileira de Inovação**, v. 14, n. esp., 2015, p. 133-152.

SCHMIEGELOW, M. The asian newly industrialized economies: a universal model of action. **Civilisations**, v. 40, 1991, p. 133-171.

SALLES-FILHO, S. *et al.* Avaliação de Impactos da Lei de Informática: uma análise da política industrial e de incentivo à inovação no setor de TICs brasileiro. **Revista Brasileira de Inovação**, v. 11, n. esp., 2012, p. 191-218.

TANG, M.; HUSSLER, C. Betting on indigenous innovation or relying on FDI: the chinese strategy for catching-up. **Technology in Society**, v. 33, n. 01, 2011, p. 23–35.

WORLD INTELLECTUAL PROPERTY ORGANIZATION – WIPO. **Technology transfer, intellectual property and effective university-industry partnerships**, Gênova: WIPO Publishing, 2007.