

O programa CI-Brasil¹ como política pública de PD&I e de formação e fixação de recursos humanos

Alexandre Guilherme Motta² Jackson Max Furtunato Maia³

Resumo

Este artigo trata de breves apresentação e avaliação do programa CI-Brasil, iniciado em 2002, mostrando como esta iniciativa tem colaborando na alteração do ecossistema da microeletrônica ano país, marcadamente no que toca à formação, capacitação e fixação de recursos humanos (RH) para o setor de *design* de circuitos integrados (CI). O setor de eletrônica embarcada, de modo geral, tem causado déficits na balança comercial brasileira, assim, as políticas públicas a ele direcionadas devem ser formuladas com extrema cautela e responsabilidade, de modo a aumentar a infraestrutura do setor e formar RH adequados às demandas de mercado - tanto em nível técnico, quanto na graduação e pós-graduação - e, ainda, capacitar esses técnicos em nível de aperfeiçoamento. Neste trabalho, nosso

Abstract

This paper concerns itself with a brief presentation and evaluation of the CI-Brasil program as such (i.e., a program). Initiated in 2002, it has helped the alteration of the microelectronic ecosystem in the country, especially regarding training and fixation of human resources for the integrated circuit design sector. Embedded electronics have been partially responsible for deficits in the Brazilian trade balance. Therefore, public policy must be formulated cautiously and responsibly so as to increase sector infrastructure and form adequate human resources regarding market demand, be it at technician, undergraduate or graduate levels, and training these professionals. This paper focuses on undergraduate degrees and other training initiatives. Finally, this paper aims to indicate indispensable requirements for the assimilation of these professionals

-
- ¹ O CI Brasil é um programa da Secretaria de Política de Informática (Sepin), do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), direcionado à criação e organização de um ecossistema de microeletrônica, visando à inovação em produtos e a inserção do País no mercado de semicondutores. Fonte: <<http://ci-brasil.gov.br/index.php/pt/>. Acesso em 20/11/2014>.
 - ² Analista em Ciência e Tecnologia e coordenador técnico da Coordenação de Apoio à Pesquisa, Desenvolvimento e Aplicações (COAPD) do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq); professor e pesquisador da Faculdade de Medicina da Universidade de Brasília (FM/Unb).
 - ³ Analista em Ciência e Tecnologia Sênior do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe) e assessor técnico do CGEE. Foi coordenador técnico da (COAPD) do CNPq e da Coordenação de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação da Agência Espacial Brasileira (AEB). É doutor em Ciências (Física) pela Universidade de São Paulo.

enfoque estará na graduação e no aperfeiçoamento. Por fim, busca-se apontar condições para que esses profissionais sejam absorvidos pelo mercado, com apoio e financiamentos públicos, em parceria com as universidades e as empresas (tripla hélice).

Palavras-Chave: Circuitos integrados. Formação e capacitação de projetistas de CI. Política pública para semicondutores. Modelos de PD&I.

by the market, with public support and financing in partnership with universities and private enterprises (triple helix).

Keywords: *Integrated circuit. Education and training of integrated circuit (IC) designers. Semiconductor policy. RD&I models.*

1. Introdução

A indústria eletrônica iniciou atividades no Brasil na década de 60 e teve seu apogeu na década de 80. Seu declínio teve como principais causas o fim da lei de reserva de mercado⁴ para produção de equipamentos e de programas de informática e a demora por parte do governo na implementação de ações que permitissem à indústria nacional uma transição mais suave para as bases determinadas pela nova lei de informática⁵.

Como resultado dessa reestruturação abrupta, várias multinacionais do setor eletrônico instaladas no País mudaram os focos de seus modelos de negócios para a importação de produtos que fabricavam, com diversas linhas de montagem de semicondutores sendo desativadas em apenas seis meses:

“Entre 1990 e 2000, enquanto a indústria de bens eletrônicos crescia, a produção local de componentes sofria forte retração no Brasil. A falta de articulação e de complementaridade das políticas tecnológica e industrial – e mesmo de divergências entre elas – para os diferentes setores do complexo eletrônico agravou este quadro” (BRASIL, 2002: 24).

A principal consequência dessa desarticulação na indústria foi a elevação contínua do déficit da balança comercial brasileira para o setor.

Relacionado ou não à citada lei de reserva de mercado (7.232/84), é certo que, ao longo de sua vigência, foi consolidada uma estrutura de formação em recursos humanos nas diversas áreas de Tecnologias

4 Com a revogação pelo governo Collor da Lei Federal nº 7.232/84, que estabelecia a reserva de mercado para informática.

5 A *Lei de Informática* no 8.248/91, regulamentada em 1993 pelo Decreto 792, visa a incentivar a produção local de *hardware*, dando isenção do IPI a produtos que cumpram o Processo Produtivo Básico (PPB), definido na Lei no 8.387/91 como sendo “[...] o conjunto mínimo de operações, no estabelecimento fabril, que caracteriza a efetiva industrialização de determinado produto.” (BRASIL, 1991a, 1991b e 1993).

da Informação e Comunicação (TIC)⁶. Numa tentativa de aproveitar esses recursos humanos, alguns altamente qualificados⁷, e reduzir o déficit comercial em relação a componentes eletrônicos, foi criado o Programa Nacional de Microeletrônica (PNM) em 2002, numa ação do Ministério da Ciência e Tecnologia, hoje Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), coordenada com o Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC), a Financiadora de Estudos e Projetos (Finep), o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) (op. cit.).

O PNM buscou fomentar empresas e a formação de recursos humanos para atender as demandas nacionais por microeletrônica e semicondutores, promover a inclusão social com o desenvolvimento autóctone de equipamentos e sistemas de baixo custo. Em particular, o PNM tem o objetivo de suprir o mercado com circuitos integrados (CI) compostos por módulos de propriedade intelectual, ou *intellectual property* (IP), nacionais para setores críticos do País - defesa, automotivo, saúde etc. (SBMICRO, 2005), buscando, desta forma, explorar:

[...] as janelas de oportunidade abertas com a crescente desverticalização da indústria mundial de microeletrônica para promover o desenvolvimento de capital humano, o processo de inovação tecnológica e o adensamento da cadeia produtiva brasileira, ampliar o atendimento ao mercado interno e promover exportações (op. cit.: 5).

As ações que compõem o PNM são: uma ação para a distribuição de bolsas de mestrado e doutorado para a área de Microeletrônica, uma ação para estruturação de *foundries*⁸ no País e o Programa CI-Brasil. Este último, objeto desse artigo, foi iniciado em 2005 e se subdivide em: Projeto Brazil-IP, Programa de Fomento a *Design Houses* (DHs) e Programa de Treinamento de Projetistas de CI. O Projeto Brazil-IP tem o objetivo de iniciar alunos de graduação em TIC na concepção de CI. O Programa de Treinamento visa especializar profissionais formados em TIC na gestão e concepção de CI. O Programa de Fomento a DHs apoia instituições com capacidade de comercializar os resultados, com bolsas de desenvolvimento tecnológico e industrial concebidas especificamente para o programa de bolsas do CNPq e com licenças de *software* (SW) especializados para projetos de CI financiados pela Finep.

Este artigo, em suas etapas seguintes, fará uma breve descrição da estrutura do programa CI-Brasil e de alguns de seus resultados, com foco nos seus aspectos de formação, capacitação e fixação. Procurará, ainda, demonstrar como a política pública em questão se encaixa em modelos teóricos

6 O conceito de Tecnologia de Informação (TI) abrange o conjunto de recursos mecânicos utilizados para armazenamento, processamento e comunicação da informação e a maneira como esses recursos estão organizados num sistema capaz de executar um conjunto de tarefas (GLYNN et al., 1995). O setor de TI não se restringe a equipamentos (*hardware*), Programas (*software*) e comunicação de dados, ou à informática propriamente dita, mas, também diz respeito a tecnologias relativas ao planejamento de informática, ao desenvolvimento de sistemas, ao suporte ao *software*, aos processos de produção e operação e ao suporte de *hardware* (op. cit.).

7 Em 2009 foi estimado que havia mais de 400 pesquisadores doutores em Microeletrônica no País (NEVES, 2010).

8 Fábricas de circuitos integrados - uma descrição mais completa do ecossistema moderno da indústria de semicondutores pode ser encontrada no artigo "Complexo eletrônico: o projeto em microeletrônica no Brasil" (GUTIERREZ E MENDES, 2009).

de desenvolvimento e fomento à inovação e como isto pode ser adequado para a formação e fixação de recursos humanos num setor crítico para a economia brasileira.

2. Descrição de ações e projetos do programa CI-Brasil

Atualmente, o CI-Brasil apoia com bolsas de desenvolvimento tecnológico industrial em diversas modalidades (CNPq: 2010a, 2010b, 2010c) seus projetos, ações e programas, além de fomentar, com recursos de capital e custeio 17 subprojetos do Projeto Brazil-IP (formação), três centros de treinamento (capacitação) e 20 DHs (fixação). Destas últimas, 15 são públicas ou sem fins lucrativos e cinco têm caráter empresarial, sendo que, nos casos de empresas, apenas bolsas são financiadas.

Como consequência da coordenação de suas diversas iniciativas de qualificação de recursos humanos especializados, o CI-Brasil implementou 2508 bolsas de formação e fixação de projetistas de CI, em seus diversos níveis e modalidades, para 1415 bolsistas diferentes, considerando suas progressões no sistema (números de março de 2014). Os resultados do programa contribuíram para a definição dos novos pilares para a política pública direcionada ao setor de semicondutores no Brasil: O Programa de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Indústria de Semicondutores (Padis); o Programa Nacional de Formação de Projetistas de Circuitos Integrados; e a consolidação do Centro Nacional de Tecnologia Eletrônica Avançada (Ceitec) e da Rede Nacional de *Design Houses* (ABDI: 2011).

2.1. Formação: Projeto Brazil-IP

Criado em 2001, o Projeto Brazil-IP (*Brazil Intellectual Property*) integrou-se ao CI-Brasil em desde 2005. Esse projeto objetiva a formação de pessoal qualificado em projetos de CI no Brasil em nível de graduação e, tendo o formato de um consócio de instituições de ensino e pesquisa, conta, hoje, com a efetiva participação de 17 subprojetos nas seguintes instituições: Universidade de São Paulo (USP), Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Universidade Federal do Pará (UFPA), Universidade Federal do Ceará (UFC), Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), Universidade Federal de Sergipe (UFS), Universidade Federal de Itajubá (Unifei), Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), Universidade Estadual Paulista (Unesp), Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Universidade Federal do Pampa (Unipampa), Universidade do Vale do Itajaí (Univali) e Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)⁹.

Os bolsistas, na sua maioria alunos de graduação, são treinados em laboratórios universitários de concepção de projetos de circuitos integrados com orientação a projeto. Na primeira fase do programa, foram apoiados 198 bolsistas, sendo 155 (78,3%) de iniciação tecnológica e industrial tipo A (ITI-A), exclusivas para alunos de graduação. Essa etapa obteve como resultado oito IP cores iniciados em janeiro de 2003, todos digitais e prototipados em *field-programmable gate array* (FPGA),

⁹ <<http://www.brazilip.org.br>>.

sendo quatro validados também em silício e fabricados como *Application Specific Integrated Circuits* (ASIC). Na segunda fase, encerrada em janeiro de 2014, foram apoiados 196 bolsistas, dos quais 76 estavam ativos ao seu final. Os resultados dessa fase são: 13 IP digitais foram prototipados em FPGA, três permaneceram como protótipo, oito foram validados em ASIC e outros dois, validados diretamente em *register-transfer level* (RTL). Os três IP analógicos foram fabricados e caracterizados em ASIC¹⁰. Nessa fase, 88,3% das bolsas foram implementadas na modalidade ITI-A. Em ambas as fases, os demais bolsistas eram graduados que receberam bolsas DTI para dar apoio à coordenação do projeto. O projeto recebeu investimentos de cerca de R\$ 7 milhões.

2.2. Capacitação: Centros de Treinamentos

Para aperfeiçoamento de profissionais de nível superior na área de concepção de CI, no âmbito do Programa CI-Brasil, foram iniciadas em 2008 as atividades do programa de estruturação de Centros de Treinamento (CT) para Projetistas de CI, com a criação do CT#1 na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), em Porto Alegre (RS). Logo a seguir, o CT#2 foi inaugurado no Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer (CTI), em Campinas (SP). Esses centros de treinamento têm o objetivo de capacitar graduados das áreas de TIC não só para a confecção de projetos de CI, mas, também, para a gestão de empresas que os produzam. A capacitação inclui uma fase em que os estudantes (*trainees*) participam de estágios em centros de projeto do CI-Brasil ou empresas, vinculadas ou não ao programa. Os CT capacitaram neste modelo mais de 700 projetistas até abril de 2015.

Esses centros oferecem um programa curricular completo que abrange as técnicas e metodologias para projetos de circuitos digitais dedicados (ASIC) e reconfiguráveis (FPGA), circuitos analógicos de rádio frequência (RF) e circuitos de sinais mistos analógico-digitais (*mixed-signal*). Os cursos contam com licenças de uso para ferramentas no estado da arte de *software* de projetos, além de uma equipe de instrutores certificados por uma das principais empresas fornecedoras desse tipo de ferramentas, a *Cadence Design Systems*.

Os CT dispõem de todos os recursos de necessários de infraestrutura para seu funcionamento, tais como, estações de trabalho, servidores, roteadores, impressoras, equipamentos de videoconferência, linhas de comunicação de dados, dentre outros. Os centros também são dotados com recursos humanos e financeiros para a sua operação contínua, de acordo com as metas, os cronogramas e as atualizações técnicas da infraestrutura necessária.

2.3. Fixação: Programa de Fomento a Design Houses

As encomendas e chamadas públicas para a concessão de bolsas para projetistas de CI em DHs foram elaboradas para fomentar a criação (inicialmente) e a fixação deste tipo de instituição no País. DHs são organizações que atuam na fase de projeto de CI, embora não necessariamente os produzam fisicamente. Esse tipo de organização pode comercializar o projeto em si, partes do

¹⁰ Dados de resultados obtidos junto à Coordenação Nacional do Programa, cuja coordenadora é a professora Edna Barros (UFPE).

projeto ou, ainda, vender o CI após sua produção realizada sob encomenda em *foundries*. Nessas ações, o CNPq implementou mais de 1300 bolsas, a maior parte durante a fase de criação das DHs, tendo, em março de 2014, 67 bolsistas em curso.

3. O CI-Brasil e o modelo da tripla hélice

O programa CI-Brasil não necessariamente foi pensado segundo algum escopo teórico, mas possível notar que ele se encaixa facilmente dentro de um modelo específico de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I) e de um paradigma contemporâneo de produção do conhecimento, como tenta-se mostrar adiante.

O programa apresenta bem a parceria entre universidade-indústria-governo proposta no modelo da tripla hélice de Etzkowitz e Leydesdorff (1998). Isso reforça a importância da atuação do governo, das empresas e dos centros de pesquisa (universidade e instituições de pesquisa) para a inovação, bem como, para a formação dos recursos humanos capacitados para o desenvolvimento tecnológico. Sugerem ainda os autores que esse modelo poderia facilitar a análise da forma de atuação conjunta dos três setores. Os autores acrescentam, como reforço para seu modelo, que inovação é inicialmente o resultado da “interação entre invenções científicas, difusão econômica e poder político” (op. cit., 202).

Entretanto, novos atores têm surgido e influenciado os processos de inovação, como por exemplo: estudantes (futuros trabalhadores); consumidores; e diversos setores organizados da sociedade, como organizações sociais, organismos internacionais, sindicatos e outros. Assim, Trigueiro (2001) aponta uma ampliação do modelo da tripla hélice, sugerindo que outros setores da sociedade fazem parte desse relacionamento, havendo portanto hélices “ênuplas” ou apenas, como propuseram Carayannis e Campbell (2009), hélices quádruplas, sendo a sociedade a quarta hélice. Novas hélices poderiam ser consideradas conforme a importância que se dê a este ou aquele setor que se queira estudar. Entretanto, como aponta Leydesdorff (2010), setores mais estruturados serão sempre os atores mais relevantes no processo de inovação e o modelo da tripla hélice permanece consistente na maioria dos casos. Park e Leydesdorff (2010) apregoam o cuidado com a adoção de novas hélices ao mostrarem a suficiência da tripla hélice como modelo de desenvolvimento e potencialização da inovação no caso da Coreia do Sul, onde as parcerias entre os três setores levaram o país a ter uma economia forte, baseada num setor produtivo altamente calcado em alta tecnologia.

É possível argumentar que algumas ICT que participam do CI-Brasil, por serem entes privados sem fins lucrativos, poderiam constituir uma quarta hélice desse sistema de inovação. Entretanto, considerando as fortes ligações – sejam históricas, institucionais ou mesmo financeiras – entre essas ICT e universidades, governo ou empresas, é recomendável exercitar a parcimônia metodológica sugerida por Leydesdorff (2010) e manter, também nesse caso, o modelo das três hélices como suficiente.

No CI-Brasil, os órgãos de estado participantes, liderados pelo MCTI, financiam a infraestrutura e as várias etapas de treinamento e lançam chamadas públicas para apoiar projetos específicos de CI, além

de realizar a gestão e o planejamento do programa. A academia participa provendo infraestrutura e instrutores para os treinamentos e contribuindo para a coordenação e o planejamento do programa. As empresas participam absorvendo os *trainees*, contratando bolsistas treinados, fixando egressos do programa e oferecendo produtos e serviços com os recursos disponibilizados. Vale dizer que atualmente são disponibilizados ao mercado CI comerciais projetados inteiramente no Brasil para o uso em setores tão distintos quanto pecuária, automação e controle, distribuição de energia elétrica e gerenciamento de energia.

4. O CI-Brasil como instrumento de formação e capacitação consistente com o modo 2 de produção do conhecimento

No modo de produção do conhecimento globalmente praticado hoje, chamado por Gibbons et al. (1994) de modo 2, o conhecimento é produzido num contexto de aplicação, transdisciplinaridade, heterogeneidade, descentralização e controle de qualidade dos produtos determinado pela sua utilidade social (Tabela 1). Essas características definem demandas para a formação de profissionais especializados em setores com alto grau de sofisticação tecnológica, como é o caso da microeletrônica. Assim, programas que envolvam treinamento como o CI-Brasil devem ter como resultado profissionais com a capacidade de observar essas características em suas atuações, quer como pesquisadores – na academia ou em empresas - quer como projetistas em empresas. Independente da crítica às teses de Gibbons et al. (1994), como aquela feitas por Leydesdorf e Etzkowitz (2000) ao considerar que o modelo da tripla hélice já abarcaria tanto o modo 1 como o modo 2 do conhecimento, utilizamos aqui os conceitos da primeira referência para apontar que a formação e a capacitação de RH em Microeletrônica devem ser feitas num contexto próprio do modo 2, objetivando adequarem-se às necessidades contemporâneas do mercado.

Tabela 1. Característica dos modos de produção do conhecimento segundo Gibbons et al. (1994)

Características do Modo 1	Características do Modo 2
Problemas definidos e solucionados num contexto dominado pela comunidade acadêmica	Conhecimento produzido num contexto de aplicação.
Homogêneo, hierárquico e disciplinar	Transdisciplinar, heterogêneo e descentralizado
Controle da produção feito pelos pares	Controle de qualidade dos produtos feitos pela sua utilidade social

Como se pode ver, há uma mudança radical entre os modos de produção de conhecimento. Além disso, há o contexto de aplicação, em que os produtos resultantes das pesquisas científicas, quer obtidos na academia, quer em empresas privadas, devem ser colocados à disposição de uso social em curto prazo. Assim, o Programa CI-Brasil está formando recursos humanos integralmente na perspectiva do modo 2 de produção do conhecimento; conhecimento este adequado à demanda

de alta tecnologia que o setor de semicondutores demanda, inclusive com disciplinas em gestão de projetos e negócios.

Acrescente-se que o conhecimento de alta tecnologia também é um fator preponderante para a indústria contemporânea, tornando-se, em muitos casos, o principal ativo de uma empresa. Isso acontece em maior proporção quanto mais fundamental e relevante for a sua base tecnológica, onde o conhecimento se incorpora ao capital da empresa. Empresas geradoras de inovação, tais como aquelas de *design* de CI, dependem de seus conhecimentos de ponta e de grandes investimentos na busca de melhores tecnologias para manterem-se no mercado. No caso de uma empresa de *software*, por exemplo, um produto que tenha sido criado e patenteado pode ser portado em mídias de baixíssimo custo e seu algoritmo pode ser escrito em algumas folhas de papel, mas é fruto de conhecimento tecnológico nela produzido e pode ser seu principal ativo.

A crescente importância do conhecimento como bem intangível tem justificado, inclusive, mudanças sensíveis na relação capital/trabalho. Por exemplo, não raro, em empresas de base tecnológica um funcionário altamente capacitado é contratado com altos salários e participação nos lucros, às vezes ganhando tão bem quanto seu proprietário, pelo fato de ter conhecimento indispensável para produzir um determinado programa de computador (MOTTA: 1990).

Chu, Khosla e Chai (2014) apontam que, historicamente, o setor de *design* de CI registra forte vocação para inovação e sofreu, nos últimos anos, uma aceleração nessa orientação, acrescentando-se uma competição ainda mais acirrada e com produtos com um ciclo de vida gradativamente mais curto.

Zuffo (2003) aponta para a necessidade da formação de profissionais preparados para entender e trabalhar naquilo que chama de *infosociedade* e *infoeconomia*, ou seja, recursos humanos capazes de perceber as rápidas mudanças de uma sociedade absolutamente permeada pelas TIC e produzir soluções para os diversos problemas postos a cada dia, sabendo que as soluções ficarão obsoletas rapidamente. Essa capacidade de adaptação a mudanças é explicitada por Vahid e Givargis (2002), ao ressaltarem que a janela de mercado típica de um produto com eletrônica embarcada é de cerca de oito meses. Este é o período no qual empresas conseguem maximizar seus lucros. Isso também significa que o *time-to-market* (período desde a concepção à distribuição do produto), que hoje frequentemente envolve intervalos de tempo maiores do que a própria janela de mercado, precisa ser cuidadosamente planejado.

No modelo proposto pelos autores (op. cit.) para determinar ganhos obtidos com produtos de CI no mercado, assume-se que o “pico de ganhos” ocorre na metade da vida útil do produto (W, na Figura 1), que não se altera mesmo quando o produto fica tardiamente disponível para venda. Com a vida útil determinada pela disposição do mercado em utilizar o produto, sua lucratividade é bastante afetada em caso de atrasos na entrada no mercado. Isso é explicitado na Figura 1, onde: EM1 mostra o ciclo de ganhos de um produto baseado em CI que tem sua entrada no mercado em tempo ideal; EM2 é o ciclo daquele que entra tardiamente no mercado; D é o atraso de disponibilidade do CI; e 2W é a vida útil do produto ou janela de mercado.

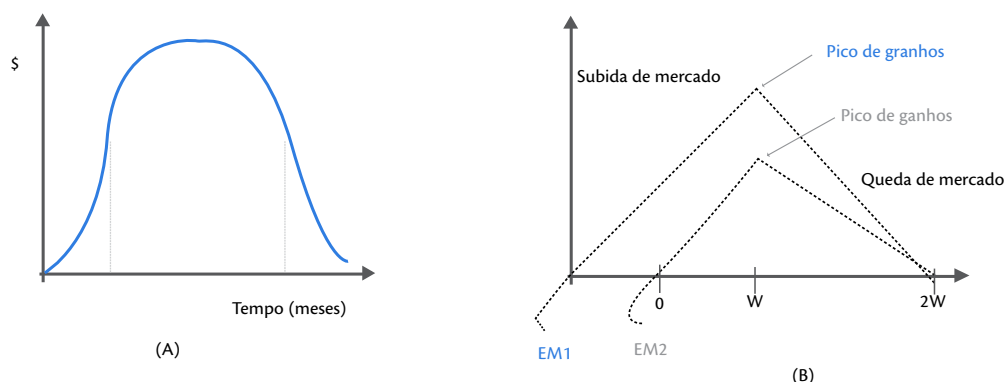


Figura 1. (A) Janela de mercado – (B) Modelo simplificado de receitas, mostrando a perda de ganhos decorrente da entrada tardia de produto no mercado. Adaptado de: Vahid e Givargis (2002, pág. 8)

Em eletrônica embarcada, marcadamente em se tratando de circuitos integrados, a obsolescência de componentes é grande e a demanda por projetos de CI produzidos de acordo com novos processos de fabricação é permanente, o que implica que os profissionais da área dominem não apenas a fase de projeto de CI, mas também tenham conhecimento sobre demandas de mercado e mantenham-se atualizados sobre o estado da arte nos processos de produção de semicondutores.

Com essa premência de mercado, é importante que os investimentos em PD&I, quer em empresas ou na academia, sejam planejados para contemplar processos eficientes de produção de conhecimento e de formação de recursos humanos criativos, capazes de conceber as inovações e de trabalhar com estas. É importante, do mesmo modo, que a sociedade – representada pelo governo e outras instituições – assumam seu papel de organizadora e fomentadora desse desenvolvimento tecnológico.

Aqui, vale uma reflexão sobre o significado de inovação que, no senso comum, muitas vezes é pensada apenas em relação a aspectos de fundo material/econômico para o maior incremento da qualidade e competitividade dos bens produzidos. Entretanto, o conceito de inovação usado aqui é muito mais amplo que o de inovação tecnológica. Deve-se pensar também nos processos de modernização, adequação ou melhoramento de tecnologias, nas formas de gestão de empresas e de pessoal e em métodos ou recursos que melhorem a qualidade e a competitividade, incentivem melhores relações de trabalho e ampliem a distribuição do conhecimento gerado¹¹.

No setor de TIC a inovação é parte integrante das necessidades de uma empresa, tão importante quanto o capital financeiro, a noção de espaço no mercado para o produto a ser ofertado e a capacidade

¹¹ O conceito de inovação surge, originalmente, a partir de estudos de C. Freeman, e foi posteriormente adotado pela Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE). Para Dosi (1988), a natureza dos processos de inovação deve determinar áreas de “competência”, visando a adequar a pesquisa à eficiência de produção, ou seja, buscando mudanças nos processos produtivos e criando uma cultura de inovação – isto é, um ambiente de inovação apropriado. A concepção de inovação ainda é aquela vigente na OCDE (2010).

técnica. As alterações e evoluções nos produtos do setor geram demandas novas a cada instante; as soluções devem ser criativas e, dada a competição, devem ser concebidas tão logo a alteração seja demandada, daí a ênfase direcionada à flexibilidade e agilidade das empresas no atual paradigma produtivo. Em muitos casos, são necessárias redes de parcerias com outras empresas, universidades e institutos de pesquisa, caracterizando o conceito de inovação aberta (CHESBROUGH, 2003).

É importante que a academia se envolva profundamente no desenvolvimento do País¹² e crie processos eficientes de produção de conhecimento, com a sociedade assumindo seu papel de controladora e fomentadora do envolvimento acadêmico, pois em última instância, é a sociedade quem assume essas demandas, quer por ser “induzida” ao consumo de produtos (RETONDAR, 2007), quer pela necessidade de uso desses produtos para melhoria de qualidade de vida.

Como nem sempre é economicamente viável que uma empresa de base tecnológica (EBT) invista em pesquisa e desenvolvimento de alto risco de insucesso, que precisam ser realizados por profissionais com elevada formação superior para esse fim, há a necessidade de ou se encontrar parcerias de forma a diminuir custos e aumentar a eficiência ou de haver políticas públicas como a que apresentamos neste trabalho. No caso de países em desenvolvimento e com problemas econômicos e sociais ainda pungentes, como o Brasil, essa necessidade é ainda maior, e o governo tem sido o principal responsável pelos investimentos em PD&I. Isso se justifica ainda mais no caso de setores estratégicos para o desenvolvimento geral do País, como o de microeletrônica, onde os produtos gerados permeiam toda a produção industrial e podem ser uma fonte importante de divisas resultantes de exportação e comercialização.

5. Considerações finais

O Comitê da Área de Tecnologia da Informação (Cati)¹³, que é o Comitê Gestor do CT-Info¹⁴, fonte principal de recursos para o Programa CI-Brasil, tem a intenção de manter as políticas acima mencionadas para a área de microeletrônica de forma contínua, do mesmo modo que a Sepin/MCTI. Entretanto, dados os percalços recentes da economia, esses recursos vêm sendo reduzidos nos últimos anos, o que pode ser um problema por se tratar de uma política pública bastante onerosa.

As empresas do setor de *design* de CI são profundamente marcadas por condições próprias de mercado e a falta de recursos para investimento em PD&I pode fazer com que programas iniciados percam ou reduzam fortemente sua eficácia. O Programa CI-Brasil tem fomentado, em sua maior parte e até o momento, DHs em organizações de pequeno porte ou em laboratórios de ICT sem fins lucrativos, em oposição ao domínio do mercado mundial por empresas e corporações de grande porte, com uma nítida tendência a fusões (CHU, KHOSLA e CHAI: 2014).

¹² Como mostram os trabalhos de Etzkowitz e Leydesdorff (1998a) e Gibbons et al.(1994), entre outros.

¹³ Vinculado à Sepin/MCTI.

¹⁴ Fundo Setorial de Informática - <<http://sigcti.mct.gov.br/>> - Inclusive para acesso às atas com decisões do CT-Info.

Outro desafio para as DHs do CI-Brasil é a conquista de mercado, uma vez que, devido a seu porte pequeno, não podem se envolver em projetos muito complexos nem em mercados de consumo geral, o que gera dependências de parcerias ou mesmo o exercício de modelos de negócio baseados em prestação de serviços, o menos rentável (op. cit.). Sem o devido planejamento, as DHs hoje fomentadas, além do próprio risco de sobrevivência, podem ser relegadas a uma situação perene de dependência de empresas cujas tomadas de decisão não são feitas no País.

Ainda que em termos de profissionalização estejamos aquém da capacidade instalada do sistema de formação e capacitação, a boa qualidade dos recursos humanos egressos do programa tem sido mencionada nas reuniões do Cati e mesmo nas reuniões da Comissão de Coordenação do programa, não só por acadêmicos, mas também pelas empresas e DHs que têm recrutado estes profissionais. Isso mostra que os profissionais formados ou capacitados têm boa aceitação no mercado.

Na nova fase em que o programa deve entrar a partir da segunda metade de 2015, determinada pela Sepin e endossada pelo Cati, pode-se sugerir que sejam considerados os indicadores de mercado global de *design* de CI, bem como os relacionamentos entre os diversos atores da cadeia produtiva de semicondutores e suas parcerias, para o aprimoramento do modelo vigente, que certamente tem dado resultados positivos, mas ainda depois de quase 10 anos, não atingiu sua meta de alcançar parcela significativa do ecossistema de TIC do País.

Referências

- AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL - ABDI. **As design houses Brasileiras**: relatório analítico. Brasília: 2011, 62 p.
- BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. **Programa Nacional de Microeletrônica: Contribuições para a formulação de um plano estruturado de ações**. Brasília: 2002.
- BRASIL. **Decreto 792** de 02 abril de 1993.
- BRASIL. **Lei nº 8.387**, de 30 de dezembro de 1991a.
- BRASIL. **Lei nº 8.248**, de 23 de outubro de 1991b.
- CHESBROUGH, H. **Open innovation: the new imperative for creating and profiting from technology**. Boston: Harvard Business School Press, 272 p. 2003.
- CHU, M.; KHOSLA, R.; CHAI, K. A cluster analysis of ic design industry. **International Journal of Innovation and Technology Management**, Singapore, v. 11, n. 2, 2014.
- CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO –CNPq - **Resolução Normativa no. 15** de 08 de Junho 2010a.
- _____. **Resolução Normativa no. 16** de 20 de abril 2010b.
- _____. **Resolução Normativa no. 16** de 08 de Junho 2010c.

- ETZKOWITZ, H.; LEYDESDORFF, L. The dynamics of innovation: from National Systems and 'Mode 2' to a triple helix of university–industry–government relations. **Research Policy**, v. 29, p. 109–123.
- _____. The triple helix as a model for innovation studies. **Science and Public Policy**, Surrey – UK, v. 25, n. 3, 1998.
- GIBBONS, M. et al. **The new production of knowledge**. London: Sage, 1994.
- GLYNN, K.; KOENIG, M.E.D.; COLLEGE, R. Small business and information technology. **Annual Review of Information Science and Technology**. v. 30, p.251-280, 1995.
- LEYDESDORFF, L. The knowledge-based economy and the triple helix model, **Annual Review of Information Science and Technology**, Blaise Cronin, v. 44, p. 367-417, 2010.
- LUNDVALL, B.A. **National systems of innovation: toward a theory of innovation and interactive learning**. London: Anthem Press, 388 p., 2010.
- MACIEL, M.L. Cultura e inovação no milagre italiano. **Política Comparada**. Brasília: Arko Advice, ano 1, v.1, n. 1, 1997.
- _____. Inovação e conhecimento. In: SOBRAL, F. et ali. **Alavanca de Arquimedes: ciência e tecnologia na virada do século**. Brasília: Paralelo 15, 1997b.
- MORIMOTO, N.I. **Projeto de formação de projetistas de circuitos integrados –Fase II – CT2**. São Paulo: SBMICRO, 2009.
- MOTTA, A.G. **Cultura empresarial e inovação: o setor de tecnologia da informação do distrito federal**. Monografia (Especialização) - Departamento de Sociologia, Universidade de Brasília, Brasília: 1990.
- NEVES, A.M. da S. **A rede social acadêmica da microeletrônica: Rumo ao aprendizado ativo**. Dissertação (Mestrado) - Centro de Desenvolvimento Sustentável. Universidade de Brasília, Brasília: 2010.
- ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT - OECD. **Boosting innovation: the cluster approach**; synthesis report of focus group on cluster mapping and cluster policy. Paris: 1999.
- _____. **The OECD innovation strategy - getting a head start on tomorrow**. Paris: 224 p. 2010.
- PARK, H.W.; LEYDESDORFF, L. Longitudinal trends in networks of university/industry government relations in South Korea: the role of programmatic incentives. **Research Policy**, v. 39, n. 5, p. 640-649, 2010.
- RETONDAR, A.M. **Sociedade de consumo, modernidade e globalização**. São Paulo: Ed. Annablume; Campina Grande: EDUFCC, 2007, 120 p.
- STEWART, D.W.; SHAMDASNI, P.N. **Focus groups: theory and practice**. London: Sage Publications, 1990.
- TRIGUEIRO, M.G.S. A comunidade científica, o estado e as universidades no atual estágio do desenvolvimento científico-tecnológico. **Sociologias (UFRGS)**, Porto Alegre, v. 3, n. 6, p. 30-51, 2001.
- VAHID, F.; GIVARGIS, T. **Embedded system design: a unified hardware/software introduction**. John Wiley & Sons, Inc. USA: 2002. 324 p.
- VELHO, L. O papel da formação de pesquisadores no sistema de inovação. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 59, n. 4, 2007.
- ZUFFO, J.A. **A Sociedade e a economia no novo milênio: macroeconomia e empregos**. Barueri, SP: Manole, livro II, 2003. 259 p.