

Dinâmica concorrencial e inovação em atividades de alta tecnologia: uma análise das indústrias de equipamentos de informática e semicondutores

Competitive dynamics and innovation in high tech activities: an analysis of Computer Equipment and Semiconductor industries



Antonio Carlos Diegues¹
José Eduardo Roselino²

Resumo: Este artigo descreve e analisa a dinâmica concorrencial e inovativa da indústria de equipamentos de informática e do setor de semicondutores. Para tal, procura mostrar como o paradigma tecnológico que caracteriza estas indústrias é um determinante fundamental para explicar o comportamento dos agentes e as trajetórias tecnológicas dos setores. Ao se analisar a evolução de tal paradigma, o artigo mostra que, apesar da reestruturação dos setores a partir de meados da década de 80, o movimento de ampliação contínua do escopo persistiu como a principal força motriz da dinâmica inovativa da indústria de EI. Além disso, o artigo também destaca que, a partir da evolução na capacidade de processamento dos artefatos microeletrônicos e do avanço das técnicas de *design* miniaturizado de componentes, esta força motriz se materializa no transbordamento das fronteiras destes setores para os demais segmentos do complexo eletrônico. Por fim, conclui que, tanto a estrutura organizacional da indústria de EI quanto sua dinâmica inovativa, são condicionadas em última instância pela evolução dos processos de desenvolvimento modularizado no segmento de semicondutores. No que se refere à estrutura organizacional, essa influência é determinada pela interação entre a descentralização das capacitações e o potencial de modularização de determinados componentes. Já no que se refere à dinâmica inovativa, tal influência ocorre por meio da compatibilização entre a evolução *i*) no número de transistores disponíveis em um único circuito e *ii*) na capacidade de se gerar padrões de *design* aptos a integrá-los neste único *chip*.

Palavras-chave: Tecnologias de Informação. Dinâmica concorrencial e inovativa. Economia da tecnologia. Indústria de EI. Indústria de semicondutores.

Abstract: *The aim of this study is to describe and analyze the competitive and innovation dynamics of computer equipment and semiconductor industries. Hence, it focuses on analyzing how the technological paradigm characterized by modularity configures itself as the major element in the creation of leading technology platforms, which determine the competitive and innovation dynamics in these industries. With regard to the computer equipment industry, it was concluded that the establishment of technology cooperation, the scale effects, and innovation readiness are the main sources of competitive asymmetry. It was also observed that innovation dynamics in this sector is based on modular designs in the semiconductor industry. On the other hand, their technology advances are due to the evolution of (i) the capacity to increase the number of transistors available in a single circuit and (ii) the capacity of creating design standards able to integrate more circuits in a single chip.*

Keywords: *Information Technologies. Competitive and innovation dynamics. Technological and industrial competitiveness policies. Computer equipment industry. Semiconductor Industry.*

1 Introdução

O objetivo deste artigo é analisar a dinâmica concorrencial e inovativa em escala internacional das indústrias de EI (EI) e de semicondutores. Para tal, mostrar-se como o paradigma tecnológico destas indústrias é fundamental para explicar o comportamento dos agentes e das trajetórias

tecnológicas dos setores, pois é somente por meio do exame detalhado deste padrão que se poderá analisar os fatores que delimitam, condicionam e direcionam as estratégias de suas empresas. Vale destacar que, apesar de sua importância tecnológica e financeira para as TI, o setor de *software* não será objeto de

¹ Departamento de Economia, Universidade Federal de São Carlos – UFSCar, Rod. Washington Luiz, Km 235, CP 676, CEP 13565-905, São Carlos, SP, Brasil, e-mail: acdiegues@ufscar.br

² Centro Universitário Salesiano de São Paulo – UNISAL, Av. de Cillo, 3500 - Parque Universitário, CEP 13467-600, Americana, SP, Brasil, e-mail: jesrj@uol.com.br

Recebido em 7/7/2010 — Aceito em 16/2/2012

Suporte financeiro: CAPES.

avaliação deste trabalho. Tal fato justifica-se devido a suas características imateriais implicarem diferenças significativas em sua dinâmica concorrencial e inovativa quando comparadas àquelas dos segmentos de *hardware* das TI.

As atividades de TI – da qual fazem parte as indústrias de EI e Semicondutores – apresentam importância crescente entre as demais atividades econômicas. Dentre outros fatores, esta importância se concretiza nos elevados faturamentos, em sua alta densidade tecnológica, no dinamismo nos fluxos de comércio internacionais e na geração de postos de trabalho qualificados e bem remunerados.

Além da importância direta, ao assumirem a forma de insumos produtivos transversais, tais atividades exercem importantes efeitos indiretos sobre diversas cadeias produtivas. Em relação aos aspectos tecnológicos, seu alto dinamismo inovativo é um importante instrumento para o aumento da eficiência e da produtividade nestas cadeias. Já no que diz respeito à organização das cadeias internacionais de valorização, a incorporação de processos e técnicas de gerenciamento intensivos em TI permite a criação de estruturas de governança que integrem agentes e capacitações dispersas em escala global. Assim, nesta forma de insumos produtivos, apresentam-se como elementos *sine qua non* à consolidação do paradigma da empresa-rede (DEDRICK; KRAEMER, 2005).

Nesse contexto, dada a posição de destaque destas atividades no atual paradigma técnico-produtivo, bem como seu alto dinamismo tecnológico, justifica-se a importância da compreensão de sua dinâmica concorrencial e inovativa.

Com esse intuito, inicialmente procura-se relacionar este paradigma tecnológico a duas características principais da indústria: o alto dinamismo tecnológico e o processo contínuo de ampliação de seu escopo por meio da introdução de inovações. Além disso, enfatiza-se a maneira pela qual estas características influenciam as forças determinantes das vantagens competitivas no setor, destacando a importância da liderança tecnológica compartilhada, das economias de escala e da redução do *time to market*.

Em seguida, examina-se o paradigma tecnológico no segmento de semicondutores. Mostra-se também que cada vez mais a evolução tecnológica na indústria de EI é condicionada pelas inovações neste segmento, pois, com a emergência de processos de desenvolvimento modularizados, observam-se avanços substanciais na criação de componentes cada vez mais potentes, menores e mais baratos.

Por último, são apresentadas algumas considerações finais.

2 Competição e estrutura de mercado na indústria de equipamentos de informática

Desde suas origens na década de 1940, a indústria de EI tem apresentado alto dinamismo tecnológico. Este dinamismo desdobrou-se na introdução crescente de inovações cuja característica principal é a ampliação do escopo da indústria por meio de duas vertentes. Na primeira delas, observa-se a introdução de novas funcionalidades e a expansão da capacidade e velocidade de processamento de produtos já consolidados. Na segunda vertente, a ampliação ocorre por meio do transbordamento das atividades de informática para setores correlatos, notadamente os do complexo eletrônico (produtos bastante ilustrativos deste fenômeno são, entre outros, inovações recentes da Apple como o Ipad e o iPod).

Com a expansão de funcionalidades e o aumento da capacidade de processamento dos equipamentos, estes se tornam aptos a prover soluções mais complexas e diversificadas. Uma vez que o escopo da aplicabilidade depende da potência e das características de determinado objeto, esse movimento fortalece a demanda pelos EI. O transbordamento das atividades de informática para setores correlatos também influencia o setor de maneira semelhante.

Neste sentido, a incorporação de TI nos produtos do complexo eletrônico modifica as características técnicas destes equipamentos. Além de facilitar e tornar mais eficiente a execução de tarefas tradicionais, essa incorporação potencializa a ampliação de suas funções. Em outras palavras, produtos eletrônicos tradicionais configuram-se cada vez mais como EI.

Além disso, o transbordamento das atividades de informática também influencia a consolidação do setor por meio da criação de novos equipamentos. Esse processo é potencializado em virtude da evolução na capacidade de processamento e no *design* miniaturizado de componentes. Ou seja, na medida em que a evolução tecnológica viabiliza a criação de artefatos menores e mais potentes, amplia-se principalmente a possibilidade de introdução de produtos com um alto grau de mobilidade (vide a introdução de funções cada vez mais típica de computadores pessoais nos *SmartPhones*).

É justamente a partir da análise do desenvolvimento contínuo dos esforços que potencializem esse processo de ampliação do escopo do setor que se deve buscar compreender sua estrutura concorrencial e organização da dinâmica inovativa. Em outras palavras, as decisões estratégicas pelas quais os agentes procuram viabilizar e coordenar esta expansão tornam-se elementos centrais para a compreensão da dinâmica do setor.

Apesar de permear a evolução do setor de EI, esse processo de expansão apresentou-se historicamente de diferentes maneiras, consubstanciando-se em

estruturas e dinâmicas de mercado distintas. Grosso modo, essas estruturas podem ser divididas em duas configurações diferentes qualitativamente.

A primeira configuração prevalece de maneira geral desde os primórdios da indústria de informática no final dos anos 40 até o final da década de 80. Bresnahan e Malerba (1998), ao analisarem este período, segmentam-no nas etapas de *i*) criação dos *mainframes* e persistência da liderança da IBM no segmento; e *ii*) criação de novos segmentos de mercado e entrada de novos agentes.

Essas etapas caracterizam-se pela criação e consolidação da indústria de EI. É nesse período que a informática autonomizou-se de suas origens iniciais relacionadas ao desenvolvimento de aplicações voltadas em primeiro lugar para o complexo militar e em seguida para instituições acadêmicas e científicas.

Combinando o aumento da capacidade de processamento com o início do processo de miniaturização, foram desenvolvidos equipamentos cada vez mais direcionados ao uso em atividades empresariais. No entanto, esse movimento só se viabilizou devido ao barateamento e à maior facilidade de utilização dos equipamentos e à incorporação de novas funcionalidades a estes.

A partir de então, se observou a ampliação do mercado e a consolidação de um conjunto mínimo de usuários aptos a utilizarem estes equipamentos. É nesse contexto que surge um movimento gradativo de incorporação destes equipamentos ao ambiente doméstico.

Apesar da notável evolução tecnológica observada durante esse período de consolidação da indústria, a dinâmica concorrencial e inovativa permaneceu organizada em torno de padrões com características muito semelhantes. Com poucas e pontuais exceções, toda essa dinâmica foi condicionada em última instância pelo comportamento da IBM. Desde a criação dos *mainframes* até o estabelecimento do padrão IBM PC, grande parte do desenvolvimento tecnológico e das estruturas de mercado derivaram dos padrões estabelecidos pela empresa. Neste cenário, a organização da indústria de EI caracterizava-se por uma grande centralização de competências.

A partir da interpretação de Chandler (1962), Bresnahan e Malerba (1998, p. 8) relacionam essa centralização ao estabelecimento de competências pela empresa em três ramos, a saber, tecnologia, *marketing* e gerenciamento organizacional. A partir deste modelo a IBM conseguia criar incentivos internos que fomentaram o aprendizado (gerenciamento organizacional) a fim de desenvolver melhoramentos tecnológicos (tecnologia) e posteriormente transformá-los em novos produtos líderes de mercado (*marketing*). Assim, engendrou uma estrutura organizacional vertical, na qual grande parte das competências da indústria estava sob seu domínio.

Outra característica importante para a liderança da IBM foi sua estratégia de compatibilidade entre as diversas gerações tecnológicas de seus produtos. Ao assegurar a compatibilidade entre as inovações introduzidas no mercado e os produtos de gerações anteriores, a empresa garantia a geração de externalidades de rede. Assim, consolidava sua posição de liderança mediante o fortalecimento dos efeitos de *lock-in* e diminuía os custos de mudanças para seus usuários na medida em que seus produtos evoluíam tecnologicamente.

No entanto, essa estrutura organizacional vertical condicionada pelos padrões estabelecidos pela IBM sofreu uma forte contestação a partir dos anos 90. Essa contestação se deu a partir daquela que Bresnahan e Malerba (1998) denominam de segunda configuração da indústria de EI, cujas principais características são a entrada das redes de pequenos computadores no segmento de *mainframes* e a contestação da liderança da IBM.

Nessa configuração, paralelamente à emergência do padrão tecnológico baseado na estrutura cliente/servidor, observou-se o avanço da modularização como principal mecanismo da dinâmica concorrencial e inovativa da indústria.

Essas transformações no padrão tecnológico, por sua vez, impulsionaram o processo de reestruturação da indústria de EI por meio de três efeitos principais.

O primeiro, e talvez mais importante deles, foi a desintegração vertical. Essa desintegração derivou do aumento substancial da complexidade assumida pelo processo inovativo em um cenário em que as capacitações tornaram-se cada vez mais interdisciplinares e, por isso, altamente segmentadas. Em síntese,

[...] a velocidade, complexidade e a natureza multidisciplinar da pesquisa científica, agregada à crescente importância da ciência e à necessidade de um ambiente globalmente competitivo, impulsionaram um sistema inovativo caracterizado por externalidades de rede e efeitos de *feedback* entre pesquisadores, usuários e fornecedores distribuídos em diferentes indústrias e fronteiras nacionais. (ERNST, 2006, p. 16).

O segundo efeito está relacionado com a importância relativa crescente das inovações em *software* para o desenvolvimento das TI.

Por último, a emergência de redes estruturadas no padrão cliente/servidor impôs grande pressão competitiva sobre os demais segmentos da indústria de EI, principalmente em relação aos minicomputadores e *mainframes*. Uma vez que a emergência deste padrão ocorreu paralelamente a uma maior dispersão das capacitações tecnológicas do setor, observou-se uma diminuição das vantagens competitivas da IBM.

Assim, a conjugação destes três efeitos modificou as estruturas do setor e teve importantes reflexos sobre sua dinâmica concorrencial e inovativa. Grande parte desta reestruturação buscou adequar as estratégias dos agentes a um novo paradigma tecnológico, no qual a coordenação dos esforços inovativos da indústria ocorre por meio do estabelecimento de plataformas tecnológicas dominantes (BRESNAHAN; GREESTIN, 1999).

3 Disputa entre plataformas tecnológicas e dinâmica inovativa

Nas estruturas de mercado organizadas em torno de plataformas tecnológicas, as forças condicionantes da dinâmica competitiva se deslocaram do confronto entre firmas individuais para a concorrência entre plataformas. Assim, a competição sofreu uma grande mudança qualitativa deslocando-se da esfera horizontal (concorrência entre empresas que desempenham funções semelhantes e se situam no mesmo plano) para a vertical (concorrência entre empresas que realizam funções complementares e ocupam nichos de mercado distintos em diferentes plataformas tecnológicas, por exemplo, os sistemas operacionais Microsoft Windows e MAC OS). Logo, o principal mecanismo da competição vertical torna-se a disputa entre os agentes pelo controle dos diversos padrões tecnológicos que determinam a arquitetura dos produtos.

Assim, os agentes e produtos de uma mesma plataforma, em certo sentido, deixam de ser encarados apenas como competidores (tal qual ocorreria na competição horizontal). Explica-se: ao atuarem em uma mesma plataforma, tais agentes contribuem para a ampliação do *market share* desta frente às plataformas concorrentes. Deste modo, ao contribuírem para a criação de um padrão dominante, abrem espaço para que outros agentes desenvolvam soluções para a plataforma em questão, fato este que gera externalidades de rede. Essas externalidades incentivam a consolidação da plataforma em questão e assim, beneficiam ainda que indiretamente os agentes que atuam no mesmo padrão tecnológico. Como benefícios principais, pode-se destacar o aumento do mercado potencial e o efeito de *lock-in* do consumidor ao referido padrão. No entanto, vale ressaltar que, ao mesmo tempo em que os agentes colaboram para incentivar a consolidação de uma determinada plataforma, eles competem intensamente entre si pelos consumidores que aderem ao referido padrão tecnológico. Como caso ilustrativo, pode-se citar os esforços empreendidos pelos agentes que comandam o desenvolvimento da plataforma Android para atrair um conjunto cada vez maior de desenvolvedores de soluções que podem ser acopladas nessa referida plataforma. Para tal, utilizam diversas estratégias, dentre as quais, cabe ressaltar a abertura do código-fonte para os potenciais desenvolvedores.

A partir da concorrência em camadas verticais por meio do confronto entre plataformas tecnológicas, os determinantes das assimetrias competitivas também assumem uma nova configuração. Bresnahan e Greeststein (1999) relacionam esses determinantes a três dimensões principais: *i*) liderança tecnológica compartilhada; *ii*) importância das economias de escala; e *iii*) redução do *time to market*.

A liderança tecnológica compartilhada se deve à grande segmentação das capacitações tecnológicas do setor e à capacidade dos agentes aproveitarem as externalidades de rede. A maior segmentação permite uma proliferação de novos agentes, os quais são responsáveis pela incorporação de novas funcionalidades às plataformas. Já as externalidades de rede permitem que a introdução destas funcionalidades prescindam do domínio de um conjunto muito mais amplo e complexo de capacitações. Em outras palavras, liderança tecnológica compartilhada significa rápido avanço da plataforma principalmente por meio de produtores especializados e da habilidade destes se beneficiarem das externalidades de rede (LANGLOIS, 1990). Outra característica da liderança tecnológica compartilhada é o alto grau de competição entre os agentes responsáveis pelo desenvolvimento de produtos complementares (a competição entre empresas asiáticas para o fornecimento de diversos tipos de *chips* memórias para EI é um bom exemplo desta situação). Esse fenômeno se deve à dificuldade de se estabelecer fronteiras nítidas entre os diversos segmentos. Em virtude desta dificuldade, observa-se um permanente incentivo para que os agentes expandam seu escopo de atuação. Aproveitando-se das externalidades de rede geradas pela plataforma, estes podem incorporar novas funcionalidades a seus produtos com relativa facilidade. Assim podem capturar uma parcela maior das rendas geradas pela plataforma e ampliar sua capacidade de controle sobre os padrões tecnológicos desta.

A segunda dimensão da dinâmica competitiva, a importância das economias de escala, ocorre porque grande parte dos custos de desenvolvimento dos EI concentra-se nas fases iniciais deste processo.

Conforme lembram Arthur (1988) e David (1985), na medida em que a base de usuários se expande, ela fortalece as externalidades de rede, cria condições para o aumento das economias de escala e, assim, consolida a plataforma. De maneira complementar, quanto maiores são as economias de escala, maiores são as possibilidades de se expandir a base de usuários e de se consolidar a plataforma.

Já a concentração dos custos de desenvolvimento dos EI nas etapas iniciais – de concepção e *design* – aumenta a importância da escala de produção, pois quanto maior a escala de produção, maiores são as possibilidades de diluição destes custos.

A terceira dimensão da dinâmica concorrencial na indústria de EI é o *time to market*, isto é, a capacidade

da empresa responder de maneira ágil às necessidades do mercado por meio de inovações em produtos e/ou processos. Tal importância deriva da influência dos efeitos que *first mover* e de *lock-in* exercem na consolidação de plataformas dominantes. Como a consolidação está mais relacionada com a geração de externalidades positivas do que com a qualidade tecnológica da plataforma, o *timing* de entrada no mercado é fundamental. Conforme lembra Utterback (1996), uma vez que os usuários e as empresas fornecedoras tenham realizado investimentos em equipamentos de determinados padrões e arquiteturas tecnológicas, o abandono destes equipamentos implica altos custos.

Além dos *sunk costs*, outros efeitos com grande poder de *lock in* sobre o mercado são o grau de interatividade entre os diversos equipamentos da plataforma e os custos de aprendizagem.

Com relação ao grau de interatividade, quanto maior é a compatibilidade entre os diversos componentes da plataforma, maiores são os incentivos para que os usuários adquiram produtos complementares baseados em padrões tecnológicos compatíveis, tal qual observado tanto na universalização do padrão IBM-PC e depois na consolidação do padrão WINTEL.

Já os custos de aprendizagem diminuem drasticamente na medida em que os usuários tornam-se crescentemente familiarizados com os produtos de determinada plataforma, pois a interação com os demais usuários incentiva o aprendizado coletivo. Logo, a migração para outras plataformas ainda não consolidadas envolve altos custos de aprendizado, o que tende a consolidar as posições dominantes.

Em síntese, todos esses fatores atuam no sentido de conferir enormes vantagens às plataformas *first movers*. Dada a importância que o controle dos padrões de arquitetura destas plataformas exerce sobre a apropriação dos benefícios das externalidades de rede, a redução do *time to market* configura-se numa importante fonte de vantagens competitivas.

A partir da análise destas três dimensões da dinâmica concorrencial e inovativa da indústria de EI, observa-se que a emergência das plataformas também atua no sentido de desconcentrar as estruturas desta indústria, uma vez que permite que novos agentes com capacidades específicas tornem-se aptos a se beneficiarem das economias de rede geradas pela plataforma dominante. Além de se beneficiarem destas economias, a inserção de novos agentes também contribui para a consolidação da plataforma, pois esta inserção normalmente ocorre via inovação em produtos complementares. Além disso, o conjunto pré-estabelecido de regras e padrões de *design* que caracteriza as plataformas também permite uma reorganização da cadeia produtiva dos agentes já consolidados na indústria.

4 Plataformas tecnológicas e cadeia de valor

A partir de processos de modularização e do estabelecimento de redes globais de produção, tem-se observado desde os anos 80 um acirramento da pressão competitiva no complexo eletrônico. Como forma de reação a este movimento, os produtores de EI têm reorientado permanentemente suas estratégias competitivas. Neste sentido, conforme lembram Dedrick e Kraemer (2005, p. 122),

[...] adotaram técnicas de produção *demand-driven* e *build-to-order* além de terem terceirizado funções na cadeia de valor em direção à parceiros externos a fim de reduzir custos e responder mais rapidamente às mudanças num mercado volátil.

Fruto deste processo, observou-se a transfiguração do modelo de negócios personificado na IBM, que havia caracterizado o setor até então. No nível da empresa, observou-se nas empresas líderes a concentração dos esforços em atividades estratégicas como *marketing*, vendas e desenvolvimento de produtos. No nível da indústria, observou-se o espraiamento da cadeia produtiva e de valor por intermédio do estabelecimento de redes globais.

Além da modularização, vale destacar a importância do próprio desenvolvimento das atividades de TI para o funcionamento destas redes. Ao aumentarem a capacidade de processamento de informações, os sistemas de gerenciamento baseados em TI influenciaram a consolidação da empresa em rede, pois viabilizaram tanto a interligação eficiente entre clientes e produtores quanto a interligação entre os integrantes dos diversos elos da cadeia de valor. Assim, permitiram a criação de processos e rotinas padronizadas intrarrede. Esta padronização, por sua vez, viabilizou o gerenciamento eficiente dos velozes processos que caracterizam a orientação *demand-driven*.

Em consonância com o arcabouço proposto por Chesnais (1996), observou-se um movimento de redefinição do escopo de atuação dos agentes presentes em diversos segmentos da cadeia de valor (vide Figura 1). Os produtores de EI concentraram suas atividades, terceirizando diversas etapas do processo como manufatura, montagem e até mesmo atividades de *design* e de desenvolvimento de processos.

Como contrapartida da diminuição no escopo das atividades dos produtores de equipamentos, observou-se um aumento na participação de diversos outros agentes na cadeia de valor. Assim, firmas especializadas como *Contract Manufacturers* (CMs), *Original Design Manufacturers* (ODMs) e distribuidores ampliaram sua participação, assumindo funções com conteúdos tecnológicos relativamente maiores.

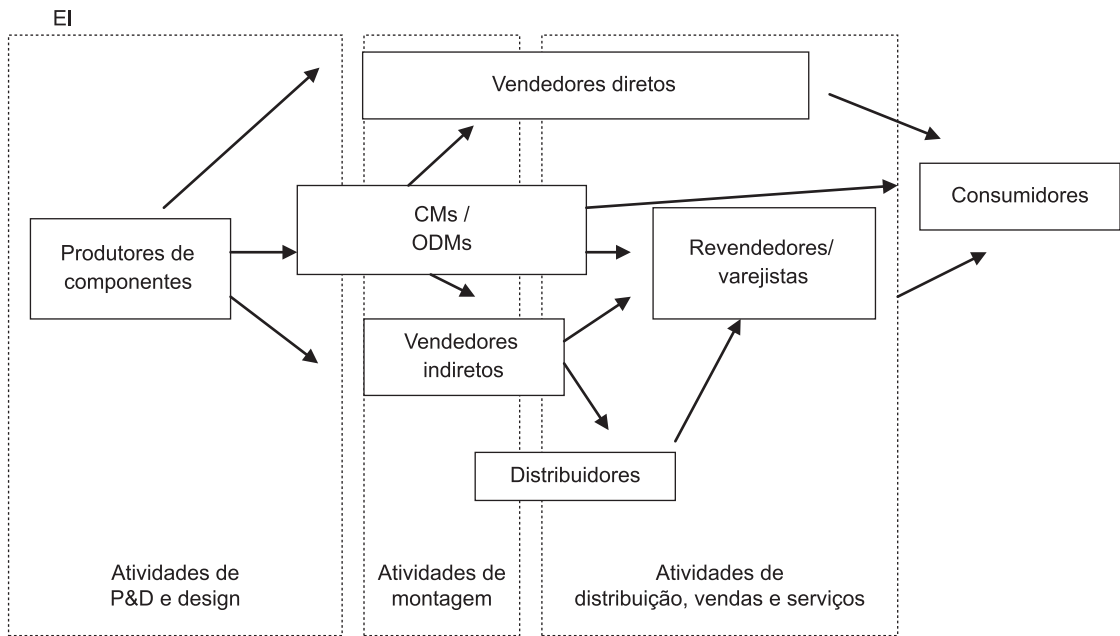


Figura 1. Etapas da Cadeia de Valor e Escopo de Atuação dos Agentes na Indústria de EI. Fonte: Adaptado a partir de Kenney e Curry (2001).

A partir da Figura 1, observa-se que a reorganização das funções implicou o estabelecimento de uma cadeia de valor muito mais complexa e interligada. Além da importância dos fluxos de informação entre seus elos, observam-se inúmeras possibilidades de organização desta cadeia.

Um exemplo típico deste fenômeno, em consonância com o que mostra Gomes (2003), pode ser observado quando se analisa o escopo assumido pelas empresas CMs e ODMs. Ilustrando o que já fora afirmado anteriormente, a Figura 1 mostra que, apesar destas empresas concentrarem a maior parte de seus esforços nas atividades de montagem, também possuem capacitações nas atividades de P&D e *design*, distribuição, vendas e serviços.

Assim, a compreensão da dinâmica competitiva da indústria de EI relaciona-se à análise destas possibilidades. Essa análise, dada a segmentação dos elos da cadeia, necessita do exame prévio do escopo de atuação e das competências apresentadas por cada agente.

O elo inicial é a produção de componentes. De maneira geral, o escopo das atividades desenvolvidas por esses agentes não sofreu grande transformação. A despeito disso, a maneira com que essas atividades são realizadas passou por uma grande reestruturação.

Para se adequar à orientação *demand-driven*, os produtores de componentes tiveram que se integrar de maneira muito mais próxima à cadeia de produção. Grande parte dessa integração ocorreu mediante a incorporação de ferramentas de gerenciamento com vistas a criar um fluxo maior e mais eficiente de

informação bidirecional com relação a seus clientes. Em decorrência disso, observou-se a diminuição de estoques, uma maior agilidade no processo, além de uma diminuição do descasamento entre demanda e oferta de componentes em períodos de alta volatilidade.

Fenômeno semelhante ocorreu no gerenciamento das atividades de manufatura desenvolvidas pelas CMs e ODMs. Tais quais os produtores de componentes, estas firmas estreitaram sua integração com os diversos elos da cadeia. Além disso, as CMs e ODMs ampliaram significativamente seu escopo de atuação.

Por meio do investimento em avançados equipamentos de manufatura estas empresas expandiram sua rede de atuação global e criaram novas capacitações. Assim, ampliaram sua atuação além do simples processo de montagem, executando funções adicionais como introdução de novos produtos, planejamento produtivo, logística e serviços de pós-venda (GOMES, 2003). Apesar de ser uma tendência entre as CMs e ODMs, essa expansão ocorreu principalmente entre as empresas taiwanesas.

Estas empresas, por meio de relações muito próximas com os produtores de EI, incorporaram novas capacitações no processo de *design* (principalmente de *notebook*) e tornaram-se conhecidas como ODMs. Assim, conseguiram se inserir em elos com maior densidade tecnológica e tornaram-se parceiras estratégicas em determinados segmentos de produto (CHEN, 2002).

Outra função desenvolvida pelas CMs e ODMs é a montagem final. Grosso modo, essas funções são intensivas em escala e apresentam baixo conteúdo

tecnológico e capacidade de agregação de valor. No entanto, devido à orientação *demand driven* da indústria e à utilização de modelos de negócio com produção sob encomenda, as atividades de montagem têm exigido o domínio de funções com complexidades crescentes. Essa complexidade decorre da necessidade de se estabelecer técnicas eficientes de gerenciamento de informação já que nos modelos de negócio com produção sob encomenda a agilidade e a integração entre as etapas de gerenciamento de insumos, manufatura, fluxo financeiro, logística e recebimento de encomenda é determinante fundamental na criação de assimetrias competitivas.

Nesse mesmo movimento de reestruturação da cadeia de valor, observamos uma mudança substancial na maneira de atuação das atividades de distribuição de EI. A despeito do crescimento das vendas diretas baseadas na Internet, a função de distribuição ainda é uma importante etapa na cadeia de valor.

Essa importância está relacionada com o gerenciamento do fluxo de informações entre os agentes responsáveis pela manufatura e os varejistas. Além de reduzir estoques, o fluxo constante de informações por meio da adoção de sistemas de *software de Business Intelligence* transforma-se num ativo importante para a análise instantânea e pormenorizada do comportamento dos mercados consumidores. Esta análise é uma variável estratégica para o planejamento das ações não só dos distribuidores e varejistas, mas também (e talvez principalmente) dos comandantes da cadeia.

O fluxo de informações estratégicas por meio dos diversos elos da cadeia de valor conjugado ao modelo de vendas diretas tem reduzido sistematicamente as assimetrias competitivas possuídas anteriormente somente pelo setor de varejo. Observa-se assim uma profunda reestruturação desta atividade, cuja principal característica é a mudança de seu escopo de atuação.

Incapazes de competir com o modelo de venda direta, cada vez mais os varejistas se inserem como agentes complementares neste processo. Por um lado, direcionam suas próprias vendas para o sistema direto, recebendo pequenas comissões dos produtores de EI. Por outro, deslocam seu escopo de atuação cada vez mais em direção à prestação de serviços complementares demandados pelos consumidores. Assim, obtêm parte crescente de suas receitas com atividades de instalação, integração, suporte técnico e manutenção.

A partir do exame de cada um destes segmentos, pode-se afirmar que a cadeia de valor do setor é organizada basicamente a partir de relações de parceria, as quais buscam emular a disciplina e os mecanismos de incentivos característicos das relações de mercado. Segundo Dedrick e Kraemer (2005), os comandantes da cadeia sempre se relacionam com, no mínimo, dois parceiros em cada segmento.

Deste modo, criam um estado de competição latente e impõem indiretamente a esses parceiros uma disciplina baseada nos incentivos de mercado. Ou seja, a despeito das relações estreitas de parceria, a ameaça constante imposta por uma competição latente imputa a essas parcerias características típicas de relações de mercado.

O grau em que esta disciplina de mercado se apresenta está intrinsecamente relacionado com a padronização das tarefas envolvidas. Desse modo, quanto maior é a capacidade de codificação das atividades em determinada tarefa, maior é o peso das relações de mercado.

De modo contrário, tarefas que exigem a integração de capacidades complexas entre agentes tendem a se corporificar em parcerias mais sólidas. Uma vez que são pautadas pelo planejamento estratégico, suas ações desenvolvem-se fora do escopo das transações de mercado. Exemplos destas atividades são determinadas parcerias entre fabricantes de EI e ODMs (principalmente no caso da produção de *notebooks*) e entre CMs e prestadores de serviços especializados (como reparos de garantia e integração de sistemas).

Em síntese, observa-se que a dinâmica competitiva do setor de EI sofreu grandes mudanças a partir da desestruturação do anterior modelo de negócios centralizado na IBM. Observou-se uma descentralização do setor a partir da adoção de ferramentas gerenciais intensivas em TI. Essa descentralização, por sua vez, desdobrou-se em duas esferas. No nível da indústria, personificou-se no espraiamento global da cadeia produtiva e de valor por meio do paradigma das empresas-rede (principalmente em direção à Ásia). Já no nível da empresa, observou-se uma segmentação das capacidades, a qual permitiu que os comandantes da cadeia se concentrassem em atividades estratégicas como *marketing*, vendas e P&D (fenômeno este ilustrado, por exemplo, na venda da divisão de PCs da IBM para a Lenovo).

5 Dinâmica concorrencial e inovativa do setor: uma síntese

A reconfiguração das cadeias globais de valor da indústria de EI, em consonância com a emergência de uma estrutura competitiva baseada no confronto entre plataformas, também exerceu grande influência sobre a dinâmica inovativa do setor. Essa influência ocorreu por meio de dois mecanismos.

O primeiro deles está relacionado com o alto grau de complexidade que passou a caracterizar as principais capacidades tecnológicas do setor. Conforme lembra Bresnahan (1998), com a evolução na capacidade de processamento dos artefatos microeletrônicos e com a competição pelo estabelecimento de plataformas

líderes, observou-se o desenvolvimento de novos módulos aptos a desempenharem funcionalidades cada vez mais complexas. Devido a esse fator, o domínio de uma vasta e crescente gama de conhecimentos por um mesmo agente tornou-se inviável. Assim, com o avanço tecnológico observou-se um movimento de descentralização crescente destas capacidades em direção a novos agentes.

O segundo mecanismo fundamenta-se na emergência de regras e padrões de *design* e atua no sentido de potencializar ainda mais essa segmentação e viabilizar sua integração. À medida que as possibilidades de desenvolvimento modularizado se consolidaram, permitiram ao mesmo tempo uma maior segmentação das capacitações e criaram regras e padrões de *design*. Essas regras, por sua vez, viabilizaram a integração das mais diversas funcionalidades de um produto por meio do estabelecimento de padrões de interface e plataformas tecnológicas.

Conjugando-se essa segmentação das capacitações à coordenação dos esforços inovativos exercidos pelas plataformas tecnológicas, observou-se a descentralização destes esforços. Apesar desta transformação, pode-se observar que a principal força motriz que caracteriza a dinâmica inovativa do setor persistiu. Tal qual ocorre desde os primórdios da evolução do setor, essa força fundamenta-se num movimento de ampliação contínua do escopo do setor.

De maneira geral, essa ampliação das funções da plataforma ocorre pelo transbordamento das atividades de informática para setores correlatos.

Os principais objetos de transformação deste movimento personificam-se nas demais indústrias do complexo eletrônico. Esse processo ocorre na medida em que a crescente incorporação de TI aos demais segmentos do complexo eletrônico modifica e amplia as funcionalidades realizadas por seus equipamentos. Assim, funcionalidades já existentes são realizadas de maneiras mais eficientes, ao mesmo tempo que novas funcionalidades são incorporadas aos produtos.

Adicionalmente, a ampliação do escopo do setor de EI também ocorre com a criação de novos produtos. Esse processo está vinculado à evolução na capacidade de processamento dos produtos e ao avanço nas técnicas de *design* miniaturizado de componentes. A evolução nestas duas dimensões potencializa a capacidade de se ampliar o grau de mobilidade dos artefatos. Assim, uma vez que a demanda por mobilidade tem sido uma das principais forças de expansão das atividades de informática, observa-se que cada vez mais a dinâmica inovativa do setor desloca-se para a criação destes novos produtos mais potentes e com maior mobilidade (ORGANISATION..., 2006).

Além disso, conforme destaca Bresnahan (1998), dado que esse fenômeno de aumento substancial da

mobilidade é relativamente recente na indústria, ainda há incertezas acerca dos padrões e das plataformas tecnológicas a serem adotadas. A ausência de um padrão dominante multiplica a atratividade econômica e torna estratégica a presença no segmento, pois o eventual controle sobre o padrão tecnológico dominante é a principal fonte de assimetrias competitivas. Dentre os diversos exemplos que ilustram esta busca pelo estabelecimento de padrões dominantes em tecnologias de TI ainda não consolidadas, pode-se destacar a disputa entre os diferentes padrões tecnológicos disponíveis para dispositivos móveis (entre eles Android, Blackberry - RIM, IOS Apple e Nokia Symbian).

Outro mecanismo por meio do qual se apresenta a ampliação contínua do escopo dos EI é a inovação incremental. De maneira geral, pode-se afirmar que este processo ocorre de forma complementar e paralela à consolidação de plataformas tecnológicas dominantes, pois é justamente por meio desta constante inovação em produtos complementares que se habilita a geração de externalidades de rede. Uma vez que estas externalidades são essenciais para a consolidação de quaisquer padrões tecnológicos, compreende-se a importância da inovação incremental para a dinâmica inovativa do setor (BRESNAHAN, 1998).

Segundo Gawer e Herderson (2005), esse fenômeno ocorre porque a inovação incremental possibilita a ampliação do escopo das funcionalidades dos produtos complementares. Quanto maiores são essas funcionalidades, maior tende a ser a participação de mercado de uma plataforma. Tal fato observa-se porque, dados os custos de aprendizado e de investimento em equipamentos, os consumidores tendem a demandar plataformas com soluções completas e integradas.

Com o intuito de oferecer essas soluções, os produtores de EI precisam integrar capacitações relacionadas com a evolução na capacidade de processamento e de *design* dos componentes e com a habilitação do funcionamento destes equipamentos (LINDEM; SOMAVA, 2000). Observa-se então que o processo inovativo ocorre de maneira complementar por meio da evolução nos componentes de semicondutores. Assim, a inovação em EI é influenciada, em última instância, pela evolução dos padrões tecnológicos nos segmentos de semicondutores.

Ou seja, cada vez mais a evolução tecnológica no segmento desloca-se para o início da cadeia, sendo pautada pelas inovações no segmento de semicondutores. Estes são os responsáveis pelos dois processos tecnológicos sobre os quais se assenta a ampliação do escopo do setor, as já citadas evoluções na capacidade de processamento e no *design* miniaturizado de componentes. Sendo assim a análise, ainda que breve, dos determinantes destes processos torna-se elemento central para a compreensão da evolução tecnológica e inovativa nos EI.

6 Dinâmica concorrencial e inovativa no segmento de semicondutores

Devido ao seu alto dinamismo tecnológico, a indústria de semicondutores tem se posicionado como elemento de importância estratégica na dinâmica inovativa no segmento de EI. Grande parte da responsabilidade deste fenômeno deriva dos substanciais avanços no desenvolvimento de componentes cada vez menores, mais potentes e mais baratos. Esses avanços, por sua vez, só se tornaram viáveis com a emergência de técnicas de desenvolvimento baseadas na arquitetura *System-on-Chip* (SoC).

Caracterizado pela adoção de estratégias modulares de *design* e pelo desenvolvimento de metodologias de automatização deste processo, o sistema SoC ampliou as possibilidades de integração de componentes em um único *chip*. Em virtude desta integração, observou-se, ao mesmo tempo, a ampliação das funcionalidades e a miniaturização dos componentes semicondutores.

Tais processos impulsionaram o já característico movimento de transbordamento das atividades intensivas em TI para setores correlatos. Esse movimento aumentou o potencial de mobilidade de um conjunto amplo de equipamentos e permitiu o aumento de suas funcionalidades paralelamente à drástica diminuição de sua relação *preço/performance*. Como estes movimentos são os principais determinantes da dinâmica inovativa dos EI, observa-se que esta dinâmica é condicionada em última instância pela evolução dos processos de SoC.

O mecanismo pelo qual ocorre a evolução destes processos decorre da inovação contínua das metodologias modulares e padronizadas de *design*. Essa inovação viabiliza a integração de um número cada vez maior de transistores em um único circuito e assim exige capacitações cada vez mais complexas na atividade de *design*. Deste modo, para que haja um pleno aproveitamento do potencial do sistema SoC é necessário que a capacidade de se integrar números crescentes de transistores em um *chip* evolua na mesma intensidade que a capacidade de se criar padrões de *design* para a concepção destes *chips*.

No entanto, a indústria tem observado uma discrepância crescente entre a inovação tecnológica nestas duas dimensões principalmente a partir da década de 90. Isso porque tem se observado um aumento significativo da complexidade no *design* dos circuitos integrados.

Outro condicionante deste processo é o fato do número das equipes de *design* não ter crescido de maneira suficiente. Segundo Lindem e Somava (2000, p. 6), além da pequena oferta de profissionais, essa escassez relativa deriva do fato de que

das equipes de *design* acarretaria um rápido incremento nos custos de coordenação (LINDEM; SOMAVA, 2000, p. 6).

A fim de superar essas limitações ao processo inovativo, surgem duas principais estratégias, as práticas de reuso e de terceirização de módulos de *design*.

As práticas de reuso consistem basicamente no desenvolvimento de módulos de *design* com um maior grau de aplicabilidade. Devido a este escopo maior, esses módulos podem ser utilizados em mais artefatos. Essa estratégia, por sua vez, traz importantes impactos sobre a dinâmica concorrencial do setor, pois *i)* aumenta a produtividade do processo, diminuindo assim o tempo necessário ao desenvolvimento de novas funcionalidades; e *ii)* reduz os efeitos da escassez relativa de profissionais de *design*, o que apresenta impactos na estrutura de custos e permite uma melhor alocação das atividades destes profissionais.

A soma destes impactos atua no sentido de amenizar a discrepância entre o aumento do número de transistores em um *chip* e a capacidade de se estabelecer módulos de *design* aptos a integrá-los. No entanto, apesar destes efeitos positivos, o estabelecimento de um padrão baseado em práticas de reuso requer algumas transformações prévias na estrutura organizacional.

Primeiro porque o desenvolvimento de módulos de *design* passíveis de reutilização envolve uma quantidade de trabalho substancialmente maior por parte das equipes responsáveis. Essa maior intensidade de trabalho, no entanto, não causa impactos positivos imediatos para as equipes desenvolvedoras. Os benefícios oriundos da possibilidade de reuso só se manifestam em etapas posteriores do processo e, além disso, são incorporados em diversas etapas. Em outras palavras, enquanto que o ônus do processo é imediato e fica restrito às equipes desenvolvedoras, os benefícios são posteriores e se apresentam de forma fluida e, portanto, difícil de ser apropriada.

A segunda transformação necessária para o reuso de módulos de *design* está relacionada com aspectos comportamentais das equipes desenvolvedoras, pois, em muitos casos, observa-se uma resistência ao uso de módulos desenvolvidos por outras equipes. A maior razão para essa resistência é a incerteza com respeito à capacidade da equipe de solucionar eventuais problemas imprevistos derivados do reuso de módulos desenvolvidos por outros agentes.

Outra estratégia importante para adequar a evolução da capacidade de *design* ao aumento do número de transistores num *chip* é a terceirização de módulos de *design*. Segundo Lindem e Somava (2000, p. 6), tal estratégia se consolida

[...] os profissionais de *design* já são altamente remunerados [...] e um aumento no tamanho

[...] na medida em que os SoCs tornam-se maiores e mais complexos, e a dificuldade de manutenção

da competitividade por uma única firma em todos os elementos funcionais do *design* que estão sendo integrados aumenta substancialmente (LINDEM; SOMAVA, 2000, p. 6).

Em outras palavras, a evolução nos padrões de *design* está relacionada com a integração de capacidades dispersas em um conjunto cada vez mais amplo de agentes. O sucesso desta integração na arquitetura SoC, por sua vez, depende fundamentalmente dos padrões de interface entre os diversos módulos.

Além das tradicionais implicações destes padrões de interface sobre o processo de modularização, a arquitetura SoC apresenta dificuldades adicionais. Dado o alto número de componentes num único *chip*, além do processo de *design*, a capacidade de integrá-los fisicamente torna-se variável decisiva do processo, pois a integração exige a fabricação simultânea de grande parte dos componentes, visto que estes formam um único *chip*. Assim, a despeito da segmentação das capacidades atuar no sentido de potencializar a modularização, esse processo é limitado pela dificuldade de se estabelecer padrões de interface que viabilizem a integração/montagem dos diversos componentes em um único *chip*.

A interação entre essas tendências de reuso e terceirização afeta a estrutura organizacional da indústria. Com a segmentação crescente das capacidades, surgem novos agentes especializados em etapas específicas do processo produtivo, dando origem a uma estrutura mais desintegrada. Entretanto, dada a maior dificuldade de modularização em determinados componentes, essa estrutura coexiste

com *players* presentes em todas as etapas da cadeia produtiva (vide Figura 2).

Num plano, a estrutura desintegrada fundamenta-se no estabelecimento de uma cadeia de valor, na qual as capacitações e as atividades estão divididas entre diversos agentes. Conforme destaca Ernst (2006), ao examinar a integração global da indústria de TI asiática, na maioria das vezes, estes agentes se organizam por meio de redes globais com o intuito de integrar capacidades e vantagens presentes em diversos locais. De maneira geral estas configurações se organizam em torno de empresas sem fábrica (*fabless*), que realizam o projeto do produto e comandam a cadeia de valor (concentrando-se nas fases 1, 2 e 5).

Conforme se pode observar na Figura 2, as *fabless* concentram suas atividades nas etapas localizadas nos polos extremos da cadeia produtiva, ou seja, em atividades que não incluem manufatura. O comando sobre estas etapas é estratégico para a o direcionamento da cadeia produtiva, pois são fases que apresentam alto dinamismo inovativo e alto potencial de agregação de valor.

Outro elemento importante que contribui para este caráter estratégico é o fato destas fases exigirem o domínio de capacidades específicas e complexas. Num extremo da cadeia, as atividades de concepção e *design* são as responsáveis pela criação e delimitação das funcionalidades e pela integração de um número crescente de transistores em um único *chip*. Noutro extremo, a proximidade com os clientes pode contribuir de diversas maneiras, seja *i*) por meio de fluxos de informação necessários para uma melhor compreensão das expectativas do mercado; ou por meio *ii*) do

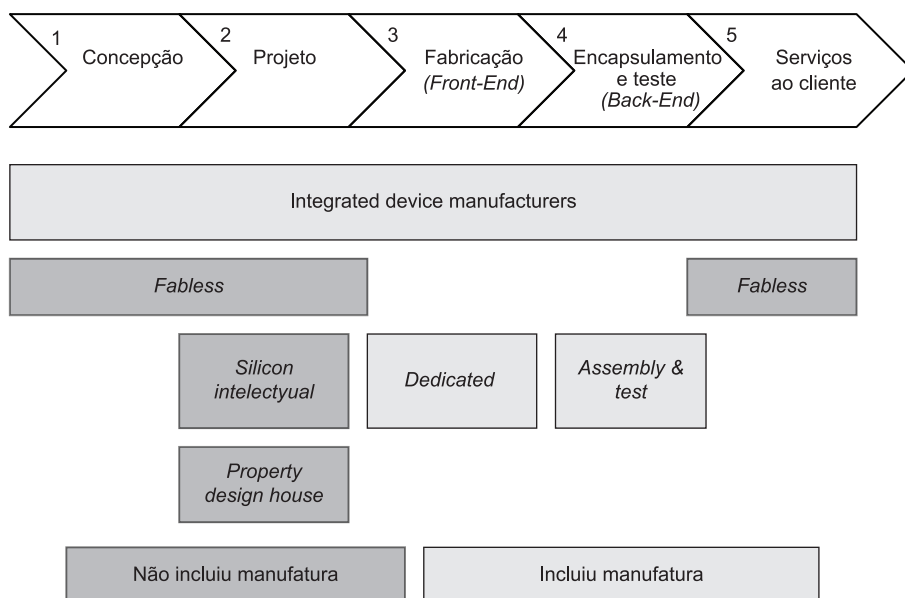


Figura 2. Players da Cadeia Produtiva de Circuitos Integrados. Fonte: Gutierrez e Leal (2004).

estabelecimento de parcerias que incentivem a introdução e a disseminação de inovações.

Ainda nesta configuração descentralizada, observa-se, além das *fabless*, a presença de outras empresas especializadas nas fases de concepção e projeto, entre elas as *Design Houses* e as empresas de Propriedade Intelectual. Enquanto que as primeiras são remuneradas por tarefa realizada, as segundas desenvolvem e licenciam células específicas do projeto.

Em seguida, as fases de fabricação e encapsulamento são realizadas respectivamente pelas *Dedicated Foundries* e agentes responsáveis pelas atividades de *Assembly & Tests*. De maneira geral, estas firmas concentram-se na realização de atividades de manufatura desenvolvidas em escalas altíssimas. Além das escalas, outra variável importante para a competitividade destas etapas da cadeia de valor é a disponibilidade de fábricas operando no 'estado da arte', dado que a miniaturização exige técnicas produtivas, assim como máquinas e equipamentos com elevado grau de precisão. Nesse sentido, apesar de apresentarem menor intensidade inovativa que as fases de concepção e *design*, a manutenção da competitividade dos processos de manufatura também exige esforços de P&D.

Em um plano oposto a esta configuração descentralizada, encontra-se a cadeia de valor integrada. Em virtude da dificuldade de modularização de determinados componentes e também da importância estratégica do domínio de determinadas capacidades, os *Integrated Device Manufacturers* preferem organizar a cadeia de valor de maneira centralizada.

Em síntese, observa-se que tanto a estrutura organizacional da indústria quanto sua dinâmica inovativa são condicionadas em última instância pela evolução dos processos de SoC. No que se refere à estrutura organizacional, essa influência é determinada pela interação entre a descentralização das capacidades e o potencial de modularização de determinados componentes. Já no que se refere à dinâmica inovativa, tal influência ocorre por meio da compatibilização entre a evolução *i*) no número de transistores disponíveis em um único circuito; e *ii*) na capacidade de se gerar padrões de *design* aptos a integrá-los neste único *chip*. Sendo assim, apesar da importância de diversos outros fatores, o exame do processo inovativo das empresas de EI só pode ser compreendido a partir da percepção de que esta compatibilização é seu principal determinante.

7 Considerações finais

Ao se analisar a indústria de EI, mostrou-se que este setor historicamente apresenta como características principais o alto dinamismo tecnológico e o processo de ampliação do escopo do setor por meio da introdução de inovações.

Com o aumento da complexidade do processo inovativo, mostrou-se que a estrutura organizacional vertical condicionada pelos padrões estabelecidos pela IBM sofreu uma forte contestação a partir dos anos 90. Paralelamente, devido à grande pressão competitiva imposta pela emergência de redes estruturadas no padrão cliente/servidor, observou-se o avanço da estratégia de modularização como principal mecanismo da dinâmica concorrencial e inovativa da indústria.

Neste novo cenário, mostrou-se que as forças condicionantes da dinâmica competitiva se deslocaram do confronto entre firmas individuais para a concorrência entre plataformas. Ou seja, a competição sofreu uma grande mudança qualitativa, deslocando-se parcialmente da esfera horizontal (concorrência entre empresas que desempenham funções semelhantes e se situam no mesmo plano) para a vertical (concorrência entre empresas que realizam funções complementares e ocupam nichos de mercado distintos em diferentes plataformas tecnológicas).

A partir desta reestruturação da concorrência, as forças determinantes das assimetrias competitivas também assumem uma nova configuração, na qual são condicionadas pela interação entre fatores como liderança tecnológica compartilhada, importância das economias de escala e redução do *time to market*.

Em decorrência da grande segmentação das capacidades tecnológicas do setor, a liderança tecnológica compartilhada potencializa o processo de evolução da plataforma, principalmente devido à introdução de inovações realizadas por produtores especializados.

A importância das economias de escala na criação de assimetrias competitivas, por sua vez, decorre do fato de que grande parte dos custos de desenvolvimento dos EI concentra-se nas fases iniciais deste processo. Assim, quanto maior a escala de produção, maiores são as possibilidades de diluição destes custos e maiores são as possibilidades de se expandir a base de usuários e de se consolidar a plataforma.

Já a importância da redução do *time to market* esta relacionada com os impactos que os efeitos de *lock-in* e *first mover* exercem sobre a consolidação de plataformas dominantes. Como esta consolidação está muito mais relacionada com a geração de externalidades de rede do que com a qualidade tecnológica da plataforma, a capacidade da empresa responder de maneira ágil às necessidades do mercado torna-se fundamental.

Apesar desta nova configuração assumida pelas forças determinantes das assimetrias competitivas, demonstrou-se que a ampliação contínua do escopo do setor persistiu como a principal força motriz da dinâmica inovativa da indústria de EI. Destacou-se ainda que, a partir da evolução na capacidade de processamento dos artefatos microeletrônicos e do avanço das técnicas de *design* miniaturizado de

componentes, esta força motriz se materializa no transbordamento das fronteiras desta indústria para os demais segmentos do complexo eletrônico.

Fruto deste processo, observou-se a transfiguração do modelo de negócios personificado na IBM, que havia caracterizado o setor até então. No nível da empresa, observou-se a concentração dos esforços das líderes em atividades estratégicas como *marketing*, vendas e desenvolvimento de produtos. No nível da indústria, observou-se o espraiamento da cadeia produtiva e de valor pelo estabelecimento de redes globais.

Além disso, ao se analisar a cadeia de valor dos EI, destacou-se que a evolução tecnológica no segmento desloca-se para o início desta cadeia, sendo pautada pelas inovações no segmento de semicondutores.

A partir da adoção de estratégias modulares de *design* e do desenvolvimento de metodologias de automatização deste processo, mostrou-se que a adoção dos padrões tecnológicos baseados na arquitetura *System-on-Chip* ampliou as possibilidades de integração de componentes em um único *chip* e elevou o grau de descentralização das capacidades tecnológicas.

Analisando esse fenômeno, mostrou-se que tanto a estrutura organizacional da indústria de EI quanto sua dinâmica inovativa são condicionadas em última instância pela evolução dos processos de SoC. No que se refere à estrutura organizacional, essa influência é determinada pela interação entre a descentralização das capacidades e o potencial de modularização de determinados componentes. Já no que se refere à dinâmica inovativa, tal influência ocorre por meio da compatibilização entre a evolução *i*) no número de transistores disponíveis em um único circuito; e *ii*) na capacidade de se gerar padrões de *design* aptos a integrá-los neste único *chip*.

No entanto, em virtude da discrepância crescente observada entre o número de transistores disponíveis em um circuito e a capacidade de se gerar padrões de *design* aptos a integrá-los, destacou-se a incapacidade de pleno aproveitamento do potencial do sistema SoC. Com o intuito de amenizar estas limitações, destacou-se também a emergência das práticas de reuso e de terceirização dos módulos de *design*. Mostrou-se que a conjugação destas práticas, ao aumentar a produtividade do processo de *design*, reduz os efeitos da escassez relativa de profissionais e se transforma em importante elemento da dinâmica inovativa no setor.

Referências

- ARTHUR, W. B. Self-Reinforcing Mechanisms in Economics. In: ANDERSON, P. W.; ARROW, K. J.; PINES, D. (Eds.). **The Economy as an Evolving Complex System**. SFI Studies in the Sciences of Complexity, Addison-Wesley Publishing Company, 1988.
- BRESNAHAN, T. **The Changing Structure of Innovation in Computing**: Sources of and Threats to Dominant U.S. Position. Stanford University, 1998. Disponível em: <www.stanford.edu/~tbres/research/step.pdf>. Acesso em: set. 2006.
- BRESNAHAN, T.; GREESTEIN, S. technological Competition and the Structure of the Computer Industry. **The Journal of Industrial Economics**, v. 47, 1999.
- BRESNAHAN, T.; MALERBA, F. Industrial Dynamics and the Evolution of Firms' and Nations' Competitive Capabilities in the World Computer Industry. In: MOWERY, D.; NELSON, R. (Eds.). **The Sources of Industrial Leadership**. Cambridge University Press, 1998.
- CHANDLER, A. D. **Strategy and Structure**: Chapters in the History of the American Industrial Enterprise. Cambridge: The MIT Press, 1962.
- CHEN, S. Global Production Networks and Information Technology: the case of Taiwan. **Industry & Innovation**, v. 9, n. 3, 2002. <http://dx.doi.org/10.1080/1366271022000034480>
- CHESNAIS, F. **A Mundialização do Capital**. São Paulo: Xamã Editora, 1996.
- DAVID, P. Clio and the economics of QWERTY. **American Economic Review**, v. 75, n. 2, 1985.
- DEDRICK, J.; KRAEMER, K. L. The Impacts of IT Firm and Industry Structure: The Personal Computer Industry. **California Management Review**, v. 47, n. 3, 2005.
- ERNST, D. **Innovation Offshoring – Asia's emerging role in Global Innovation Networks**. Honolulu: East-West Center, 2006. (Especial Reports, n. 10).
- GAWER, A.; HERDERSON, R. **Platform Owner Entry and Innovation in Complementary Markets**: Evidence from Intel. Cambridge 2005. (NBER Working Paper, n. 11852).
- GUTIERREZ, R. M. V.; LEAL, C. F. C. Estratégias para uma Indústria de Circuitos Integrados no Brasil. **BNDSE setorial**, n. 19, p. 3-22, 2004.
- KENNEY, M.; CURRY, J. The internet and the personal computer value chain. In: BRIE-IGCC E-ECONOMY PROJECT. **Tracking a Transformation**: E-commerce and the terms of competition in industries. Washington: Brookings Institution Press, 2001.
- GOMES, R. **A internacionalização das atividades tecnológicas pelas empresas transnacionais: elementos de organização industrial da economia da inovação**. 2003. Tese (Doutorado)-Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.
- LANGLOIS, R. Creating External Capabilities: Innovation and Vertical disintegration in the Microcomputer Industry. **Business and Economic History**, v. 19, p. 93-102, 1990.
- LINDEM, G.; SOMAVA, D. **System-on-Chip Integration in the Semiconductor Industry**: industry structure and firm strategies. College Park: R.H. Smith School of Business, University of Mariland, 2000.
- ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT - OECD. **OECD Information Technology Outlook**: Information and Communications Technologies. Directorate for Science Technology and Industry, 2006.
- UTTERBACK, J. M. **Dominando a dinâmica econômica**. Rio de Janeiro, 1996.