Trajetórias de acumulação de competências tecnológicas e os processos subjacentes de aprendizagem: revisando estudos empíricos*

Paulo N. Figueiredo**

SUMÁRIO: 1. Introdução; 2. Empresas em industrialização, processos de aprendizagem e competência tecnológica; 3. Trajetórias de acumulação de competências tecnológicas e os processos subjacentes de aprendizagem na literatura de empresas em industrialização (LEI); 4. Trajetórias de acumulação de competências tecnológicas e os processos subjacentes de aprendizagem na literatura de empresas de tecnologia de fronteira (LETF); 5. Considerações finais.

PALAVRAS-CHAVE: competências tecnológicas; processos de aprendizagem tecnológica.

Este artigo revisa estudos empíricos enfocando trajetórias de acumulação de competências tecnológicas e os processos subjacentes de aprendizagem. Esses estudos estão localizados em dois tipos de literatura: literatura de empresas em industrialização (LEI) e literatura de empresas de tecnologia de fronteira (LETF). O artigo revisa as diferentes perspectivas e abordagens para aquelas duas questões desenvolvidas nesses dois tipos de literatura. O objetivo é identificar os méritos e limitações desses estudos empíricos, apontando para necessidades de novas pesquisas empíricas sobre essas questões.

Technological capability accumulation paths and the underlying learning processes: reviewing empirical studies

This paper reviews empirical studies addressing technological capability accumulation paths and the underlying learning processes. These studies

---

* Este artigo, recebido em out. 1999 e aceito em jan. 2000, foi extraído e adaptado da tese de doutorado do autor no Spru (Science and Technology Policy Research), da Universidade de Sussex, Reino Unido. O autor é profundamente grato a Martin Bell, no Spru, e a John Bessant, no Centrim (Centre for Research in Innovation Management), da Universidade de Brighton, Reino Unido, pelos seus valiosos e encorajadores comentários sobre a concepção e subseqüentes versões deste texto.

** Professor da EBAP/FGV.

are found in two bodies of literature: the latecomer company literature (LCL) and the technological frontier company literature (TFCL). The paper reviews the different perspectives and approaches to these two issues developed in these two bodies of literature. The objective is to highlight the merits and limitations of these empirical studies, pointing out to the need of new empirical research into these issues.

1. Introdução

Este artigo faz uma breve revisão de estudos empíricos referentes às questões de trajetórias de acumulação de competências tecnológicas e os processos de aprendizagem na literatura de empresas em industrialização (LEI) e na literatura de empresas de tecnologia de fronteira (LETF). O objetivo é identificar as contribuições empíricas àquelas questões nesses dois tipos de literatura. A seção 2 trata dos conceitos básicos. A seção 3 revisa os estudos empíricos na LEI, enquanto a seção 4 revisa estudos na LETF, conduzindo para as conclusões do artigo.

2. Empresas em industrialização, processos de aprendizagem e competência tecnológica

Empresas em industrialização são empresas industriais que atuam em economias de industrialização recente, ou "em desenvolvimento". Sua característica básica difere das de empresas de tecnologia de fronteira. Nestas, as competências tecnológicas inovadoras já existem. Empresas em industrialização, no entanto, entram em novos negócios com base em tecnologia que elas adquiriram de outras empresas em outros países. Portanto, durante seu período de *start-up*, elas carecem até mesmo de competência tecnológica básica. Para se aproximarem da fronteira tecnológica, elas primeiro têm de adquirir conhecimento para construir e acumular suas próprias competências tecnológicas. Em outras palavras, elas precisam se engajar num processo de *aprendizagem* tecnológica. A expressão *aprendizagem tecnológica* é usualmente entendida em dois sentidos alternativos.

O primeiro sentido refere-se à trajetória ao longo da qual segue a acumulação de competência tecnológica. O modo como essa trajetória segue pode mudar ao longo do tempo: competência tecnológica pode ser acumulada em diferentes direções e a diferentes taxas e velocidades. O segundo sentido refere-se aos vários *processos* pelos quais o conhecimento é adquirido por indivíduos e convertido para o nível organizacional. Em outras palavras, os *processos* pelos quais a aprendizagem individual é convertida em aprendizagem organizacional ou corporativa.

Aprendizagem neste artigo é enfocada no segundo sentido. A partir de agora, aprendizagem será entendida como um *processo* que permite à empresa acumular competência tecnológica ao longo do tempo. *Competência tecnológica* é definida como os recursos necessários para gerar e gerenciar aperfeiçoamentos em processos e organização da produção, produtos, equipamentos e engenharia de projetos de investimentos. Esses recursos são acumulados e incorporados em indivíduos (habilidades, conhecimento e experiência) e sistemas organizacionais (Bell & Pavitt, 1995).

3. Trajetórias de acumulação de competências tecnológicas e os processos subjacentes de aprendizagem na literatura de empresas em industrialização (LEI)

Esta seção revisa alguns estudos empíricos na literatura de empresas em industrialização. Eles estão organizados em três perspectivas: técnica, da organização da produção e abrangente.

A perspectiva técnica

A partir do início dos anos 1970, a pesquisa em tecnologia em países em desenvolvimento adotou uma perspectiva dinâmica. Deixando de lado a questão estática de maximização de técnicas dadas, a nova abordagem começou a enfocar mudanças ao longo do tempo na tecnologia e a forma como as empresas conseguiam fazer tais mudanças (Stewart & James, 1982). Essa nova perspectiva influenciou a emergência de um pioneiro e revelador conjunto de estudos sobre a geração de competência tecnológica endógena em empresas de industrialização recente. Esses estudos deram grande atenção às mudanças ao longo do tempo nas dimensões técnicas da competência tecnológica. Na América Latina, em particular, grande parte dos estudos foi implementada sob o Programa de Pesquisa em Ciência e Tecnologia (Ecla/IBD/IDRC/UNPD), alguns deles sumariados em Katz (1987). A maioria dos estudos na Ásia foi implementada sob o projeto de pesquisa Aquisição de Competência Tecnológica, do Banco Mundial, mais tarde sumariado em *World Development* (1984). Alguns poucos estudos foram implementados na África (por exemplo, Mlawa, 1983).

A questão da competência tecnológica em usinas siderúrgicas na América Latina recebeu atenção considerável nos anos 1970. Esforços endógenos para projetar e construir equipamentos para a usina inicial foram encontrados no estudo da trajetória de desenvolvimento tecnológico de duas usinas da empresa Acindar, na Argentina, de 1943 a 1978 (Maxwell, 1981). Foram feitos sistemáticos *alongamentos* da capacidade nominal da usina, que variaram

de 60 a 130%, como uma reação a pressões externas (por exemplo, limitações em suprimento de matérias-primas). A Acindar também produziu uma resposta *paradoxal* a uma inconsistente política governamental, engajando-se no aperfeiçoamento de uma usina obsoleta, em vez de fechá-la ou de atualizá-la radicalmente.

Impressionantes *alongamentos* de capacidade, acima de 200%, foram também encontrados nas Usinas Siderúrgicas de Minas Gerais S.A. (Usiminas) de 1956 a 1976, como uma resposta à crise financeira da empresa e a investimentos adiados (Dahlman & Fonseca, 1978). A experiência bem-sucedida de aperfeiçoar uma usina existente com a aquisição de nova usina também foi explorada nesse estudo da Usiminas. Esse sucesso foi associado a uma estratégia tecnológica consistente, de longo prazo, e agressiva, e ao desenvolvimento de uma infra-estrutura tecnológica (por exemplo, engenharia, pesquisa). O caso do desenvolvimento tecnológico na Alto Hornos de México S.A. (Ahmsa), de 1940 a 1977, indicou que o *alongamento* de capacidade também pode emergir como uma resposta *defensiva*, relacionada mais a um aumento do volume de produção do que a uma redução de custo (Pérez et alii, 1987). Diferente do caso da Usiminas, a trajetória da Ahmsa foi caracterizada por uma reação de curto prazo a uma política governamental inconsistente, ao excesso de demanda e a equipamentos obsoletos.

Esforços de alongamento de capacidade bem-sucedidos, como um remédio para enfrentar falhas em investimentos anteriores, foi ilustrado pelo estudo de Acerías Paz del Rio, na Colômbia, de 1947 a 1956 (Puerta, apud Maxwell, 1982). Esforços remediais bem-sucedidos e esforços de alongamento de capacidade, resultantes de uma política governamental inconsistente e da inexperiência da empresa, foram encontrados no caso da Siderúrgica de Chimbote (mais tarde Siderperu), de 1956 a 1967 (Gianella, apud Maxwell, 1982). O alongamento de capacidade foi um achado tão intenso que três estudos de caso foram reunidos (Acindar, Usiminas e Ahmsa) num só estudo para uma descrição mais detalhada de suas características (Maxwell & Teubal, 1980). Esse estudo argumentou que os esforços de alongamento de capacidade na América Latina produziram taxas mais altas do que aqueles descritos na literatura existente.

Entretanto, aqueles cinco estudos latino-americanos focalizaram situações em que empresas responderam de alguma forma ativamente a pressões externas, engajando-se em alongamentos de capacidade bem-sucedidos. Eles não consideraram casos em que a empresa não responde, ou responde passivamente, a mudanças nas condições externas e continua, por décadas, operando uma planta abaixo de sua capacidade nominal. O problema da sobre ou subutilização de capacidade foi investigado por Sercovich (1978) em duas plantas petroquímicas. As diferenças nas taxas de utilização da capacidade foram associadas com as condições iniciais do projeto. Talvez pelo fato de o estudo estar confinado apenas aos aspectos técnicos, outros fatores que poderiam ter influenciado aquelas taxas (arranjos gerenciais e organizacionais, mecanismos de

aprendizagem etc.) foram ignorados. Apesar disso, todos os estudos exploraram intensamente os aperfeiçoamentos naquelas plantas como associados à presença de esforços endógenos criativos e intensos. Porém, em casos malsucedidos, a ausência de aperfeiçoamentos em processos e equipamentos foi relacionada à falta de esforços domésticos para criar recursos geradores de mudança, como no caso de uma planta de galvanização de aço na Tailândia (Bell et alii, 1982).

Alguns daqueles estudos também sugeriram que as diferentes intensidades de esforços inovadores domésticos foram associadas a diferentes tipos de *performance* operacional. A evidência variou entre taxas de mudança em produtividade rápidas e positivas, como na Usiminas (Dahlman & Fonseca, 1978), e taxas lentas e negativas, como em cinco usinas têxteis na Tanzânia (Mlawa, 1983). Um aumento intermediário de *performance* (produtividade do trabalho) foi encontrado numa fábrica de fibra têxtil da Du Pont na Argentina (Katz et alii, 1978). Nessa planta, porém, os esforços domésticos (por exemplo, aprimoramento dos padrões operacionais e da qualidade de produto) não eram contínuos (Bell et alii, 1984). O problema em obter generalizações mais confiáveis desses estudos referentes às implicações na *performance* é que nenhum deles fez comparações entre empresas estabelecidas, com produtos similares (Bell, 1982; Bell et alii, 1984). Como resultado, apenas comparações superficiais puderam ser feitas entre as plantas de fibras têxtil da Du Pont na Argentina (em Katz et alii, 1978) e as fábricas de fibras têxtil da Du Pont nos EUA (em Hollander, 1965), como feito em Bell et alii (1984).

Os estudos comentados até aqui encontraram diversos mecanismos de aprendizagem subjacentes à acumulação de competências tecnológicas naquelas plantas. Mais tarde, Bell (1984) analisou esses mecanismos, distinguindo-os entre os "baseados em fazer" e outros mecanismos. Mecanismos como "aprendizagem via mudança" foram ilustrados pela experimentação sistemática, engenharia e esforços inventivos na Acindar, criando uma espiral de maior entendimento, confiança e impulso psicológico que contribuiu para conduzir a usina para mais aprimoramentos. Mecanismos como "sistema de retorno de *performance*", "aprendizagem via treinamento" e "aprendizagem por procura", através da aquisição constante de conhecimento externo acrescentado ao conhecimento existente na empresa, foram ilustrados pelo caso da Usiminas. De maneira similar, a criação de estímulos específicos pelo departamento de produção funcionaram como mecanismos de criação de conhecimento em Ahmsa. O mecanismo "aprendendo empregando", através do intercâmbio de técnicos entre as unidades da fábrica e do emprego de novos profissionais treinados, foi ilustrado pelo caso da planta da Du Pont na Argentina.

O mérito desse conjunto de estudos é ter revelado a significância dos compromissos domésticos para os processos de geração de conhecimento técnico para criar as competências tecnológicas próprias (Katz, 1987). Eles tam-

bém ilustraram que a acumulação dessas competências é pelo menos uma condição necessária para a mudança em processos, produtos e equipamentos, especialmente no longo prazo (Bell, 1984). Entretanto, como aquele conjunto de estudos enfocou fábricas individuais, eles não desenvolveram uma análise comparativa das trajetórias de acumulação de competências tecnológicas naquelas fábricas. Os estudos exploraram os mecanismos, os processos subjacentes de aprendizagem. Porém, eles se limitaram apenas a processos de aquisição de conhecimento. Portanto, os processos pelos quais a aprendizagem individual é convertida em aprendizagem organizacional — ou a conversão de conhecimento — não foram explorados.

Além disso, aquele conjunto de estudos adotou uma perspectiva estreita de composição de competência tecnológica. Essa perspectiva era mais relacionada a recursos humanos, como argumentado em Tremblay (1994). Não obstante, Maxwell enfocou o modo como a Acindar *organizou* suas atividades tecnológicas criando divisões técnicas especializadas e sistematicamente atribuindo-lhes responsabilidades. Já Dahlman e Fonseca sugeriram que a alta gerência apoiou e intensificou os esforços técnicos internos na Usiminas. Mais tarde, como em Katz (1985), as questões de sistemas de organização da produção e mecanismos de aprendizagem foram apontadas como críticas para o entendimento do desenvolvimento de competências tecnológicas domésticas em países em desenvolvimento. Porém, aquele argumento não foi conjugado com estudos empíricos mais novos do que aqueles revisados acima.

A importância de explorar mudanças na organização industrial de empresas para entender diferenças em aprimoramentos entre fábricas tinha sido apontada antes por Hollander (1965), que enfocou a experiência de uma empresa dos EUA (Du Pont) entrando em um negócio com base em tecnologia importada, por isso similar à situação enfrentada por empresas em industrialização.

Movendo-se naquela direção, Viana (1984) enfocou as diferenças em *performance* entre fábricas usando os processos de redução HyL e Midrex dentro da companhia venezuelana Siderúrgica Orinoco S.A. (Sidor). Essas diferenças foram relacionadas à implementação da tecnologia e, em particular, a diferenças nos arranjos organizacionais das fábricas, ao uso inadequado dos mecanismos de aprendizagem (por exemplo, aprendizagem via treinamento, via mudança) e à aquisição da tecnologia de redução direta. Embora o estudo de Viana tenha ido um pouco mais longe em relação aos estudos anteriores, ele não explorou o modo como os mecanismos de aquisição foram construídos e funcionaram ao longo do tempo, assim como os mecanismos de conversão de conhecimento. Além disso, o estudo não desenvolveu a análise comparativa entre empresas.

Uma iniciativa relevante para reunir estudos de caso para uma análise comparativa foi tomada em Maxwell (1982). No entanto, esse estudo estava ainda limitado por diferenças na metodologia usada em cada estudo de caso e

pela falta de uma estrutura comparativa para contrastar as trajetórias de acumulação tecnológica das firmas e seus processos de aprendizagem.

A perspectiva da organização da produção

A emergência deste conjunto de estudos foi influenciada pela reestruturação econômica e industrial que tomou lugar em diversos países em desenvolvimento durante os anos 1980 e pela emergência de um novo conjunto de estudos na LETF em meados da década, como veremos mais adiante.

A partir do final dos anos 1980, companhias manufatureiras em países em desenvolvimento, particularmente na América Latina, começaram a enfrentar as pressões da competição externa, como conseqüência da abertura do mercado até então protegido e do fim da política de substituições de importação, levando a uma intensa reestruturação industrial. Mudanças na organização da produção, baseadas naqueles novos conceitos, foram então estudadas como parte desse processo de reestruturação (Humphrey, 1995). Estudos anteriores (Fleury, 1977; Humphrey, 1982) tinham observado que o modo como algumas empresas organizavam seus sistemas de produção procurava evitar que indivíduos da área de operação se tornassem mais habilitados. Esse comportamento, entretanto, relacionava-se às condições de mercado durante os anos 1960 e 70. Em outras palavras, um mercado protegido, em expansão, e subsidiado que encorajava as firmas a serem relativamente ineficientes (Fleury, 1985).

Esse novo conjunto de estudos baseou-se fortemente nos princípios de *just-in-time* (JIT) e *total quality control and management* (TQC/M) e no aprimoramento contínuo (Humphrey, 1993 e 1995; Kaplinsky, 1994; Bessant & Kaplinsky, 1995), explorando a forma como esses princípios foram introduzidos nas empresas. No nível de operações, as práticas incluíram a reprogramação rápida de equipamentos, o rastreamento de falhas, a integração das funções de produção e checagem de qualidade, o uso da engenharia de valor, processos estatísticos de controle, a redução de estoques, a manufatura celular, círculos de qualidade etc. No nível gerencial, as práticas incluíam, por exemplo, mudanças para um sistema mais descentralizado, com menos níveis hierárquicos. Elas também contemplavam a atribuição de mais de uma tarefa para o operador, que deveria ser capaz de mover-se entre tarefas (multitarefa) e trabalhar em equipes. As mudanças no contexto institucional baseavam-se em modificações na remuneração e em sistemas de avaliação concebidos para envolver, motivar e controlar operadores.

Um outro subconjunto de estudos enfocou a adoção de princípios como JIT e TQC/M e técnicas como *materials requirement and planning* (MRP), em torno de tecnologias de *computer aided design* (CAD) e *computer aided manufacturing* (CAM). Tais estudos destacaram a importância de mudanças nas

dimensões organizacionais da produção, para a empresa alcançar ganhos substanciais (Hoffman, 1989), ou mesmo em dimensões mais amplas, como a social (Meyer-Stamer et alii, 1991). Eles também sugeriram que o foco nas práticas organizacionais (*benchmarking*, por exemplo) pode ser até mesmo mais importante que as tecnologias microeletrônicas (Mody et alii, 1992) para firmas em industrialização. Porém, esses estudos não foram longe o suficiente para explorar dimensões organizacionais mais abrangentes. Portanto, não fizeram avanços substanciais em relação ao subconjunto anterior (Humphrey, 1993; Kaplinsky, 1994). Além disso, uma vez que a maioria desses estudos centrou-se em um ponto no tempo, o processo de implementação ao longo do tempo não foi abordado. Uma vez que as empresas em industrialização são normalmente usuárias dessas técnicas, uma abordagem de longo prazo para sua implementação é crítica para entender o sucesso ou falha de sua adoção.

O mérito daquele conjunto de estudos é ter explorado a difusão dessas técnicas de produção no contexto de países de industrialização recente. Outro aspecto observado foi que alguns modelos não podem ser simplesmente replicados, envolvendo uma adaptação dinâmica para circunstâncias locais (Humphrey, 1995). Alguns desses estudos (Bessant & Kaplinsky, 1995) até mesmo sugeriram que essas mudanças deveriam ser integradas com a gestão estratégica da empresa. Embora não explicitamente, eles contribuíram para explorar dimensões críticas da competência tecnológica, em termos de práticas de organização da produção (trabalho em equipe e círculos de qualidade), que podem também acionar práticas de socialização do conhecimento e, em alguns casos (padronização da produção para aquisição da certificação ISO 9000, por exemplo), práticas de codificação de conhecimento.

No entanto, os estudos dos meados dos anos 1980 trataram as práticas organizacionais como "técnicas" dadas e raramente mencionaram a palavra "conhecimento" ou a expressão "mecanismos de aprendizagem", como fizeram alguns estudos dos anos 1970, vistos no item anterior. Não obstante, estimularam o desenvolvimento de estudos para explorar as dimensões organizacionais da competência tecnológica e analisaram os fatores que influenciam o modo como aquelas técnicas foram implementadas.

A perspectiva abrangente

A partir do início dos anos 1990, a literatura de empresas em industrialização começou a dar maior atenção às dimensões organizacionais e gerenciais das competências tecnológicas, aos mecanismos de aprendizagem e às suas implicações para o desempenho. Portanto, houve uma mudança para uma perspectiva mais ampla, se comparada à dos estudos dos anos 1970 e 80. Na indústria eletrônica da Tailândia, Tiralap (1990) observou que firmas em que a gerên-

cia/dono percebia a mudança tecnológica como essencial para o crescimento dos negócios, e a habilidade e conhecimentos dos operadores como necessários para a geração de mudança tecnológica, alcançaram desempenhos técnico e de negócios melhores do que aquelas em que se percebia o contrário. Em Piccinini (1993), foi investigada a associação entre competência tecnológica e *performance* energética em duas empresas de aço no Brasil. O estudo concluiu que a empresa que acumulou dinamicamente competência tecnológica fazendo uso de fluxos interativos de conhecimento teve uma melhor *performance* energética do que aquela que não o fez. Porém, esses estudos não reconstruíram as trajetórias de acumulação de competências tecnológicas e também não exploraram a construção e funcionamento de mecanismos e processos, através dos quais aquelas habilidades e conhecimento foram acumulados ao longo do tempo.

Outros estudos deram maior atenção a algumas características corporativas que influenciam o comportamento tecnológico de firmas. Estudando uma empresa de metais na Jamaica, Girvan e Marcelle (1990) observaram que a acumulação de competência tecnológica da empresa foi influenciada pela liderança corporativa e o compromisso com práticas de aquisição de conhecimento (treinamento no exterior, assistência técnica estrangeira etc.). Esse estudo mostrou o papel da liderança corporativa em influenciar a construção de competências tecnológicas. No entanto, o fato de a liderança poder também limitar os esforços em acumulação de competência tecnológica não foi considerado. Além disso, a trajetória de acumulação de competência tecnológica seguida pela empresa não foi reconstruída e os processos de conversão de conhecimento não foram explorados. Estendendo o estudo de Girvan e Marcelle, Mukdapitak (1994) encontrou diferenças nas estratégias tecnológicas de 20 firmas manufatureiras na Tailândia, associadas a fatores como controle do capital, orientação para o mercado, tamanho e idade da empresa. No entanto, esses achados não foram associados à *performance* das firmas. Além de seus achados reveladores, os estudos acima levantaram a importância da investigação profunda dos fatores influenciando a acumulação de competência tecnológica e *performance*.

Compartilhando essa ampla perspectiva, e mais concernente com os mecanismos de aquisição de conhecimento, Scott-Kemmis (1988) encontrou, na indústria de celulose e papel no Brasil, mecanismos que variavam de treinamento interno a programas de aprimoramento técnico, cooperações para desenvolvimento de conhecimento e também cultura gerencial de abertura para o conhecimento externo. Estes foram combinados com a transferência de conhecimento, habilidades, atitudes e abordagens de trabalhadores estrangeiros para os funcionários locais. Entretanto, esses procedimentos eram relacionados apenas a mecanismos de aquisição de conhecimento. Portanto, mecanismos de conversão de conhecimento outra vez não foram explorados.

Tremblay (1994), comentando sobre Scott-Kemmis (1988), argumentou que aquele estudo não explorou sistematicamente as dimensões organizacionais e gerenciais das competências tecnológicas das empresas. O estudo também não associou os achados com o desempenho das empresas ao longo do tempo. Procurando superar esses tipos de limitação, Tremblay (1994) desenvolveu uma análise comparativa das dimensões organizacionais numa amostra de fábricas de celulose e papel na Índia e no Canadá, associadas à sua *performance* ao longo do tempo. Entre as dimensões organizacionais estudadas, estavam a motivação e o compromisso com a mudança, a liderança corporativa, o processo decisório, o controle e os canais de comunicação, o fluxo de informação, o tipo de hierarquia e a atitude gerencial.

Esse estudo encontrou ausência de correlação positiva entre crescimento de produtividade e competência tecnológica quando esta era definida de maneira estreita, ou seja, incorporada em um estoque de indivíduos e não em sistemas organizacionais. Em contraste, o estudo encontrou uma associação explícita entre a competência tecnológica das firmas, incorporada em sistemas organizacionais, e o crescimento de produtividade. O estudo de Tremblay contribuiu para superar as limitações de estudos anteriores, que tinham procurado explicar as diferenças em produtividade no nível de firmas em industrialização por meio de uma composição estreita de competência tecnológica (por exemplo, Pack, 1987). No entanto, o estudo de Tremblay não reconstruiu a trajetória de acumulação de competência tecnológica seguida por aquelas firmas e também não explorou os processos subjacentes de aprendizagem.

Baseando-se na tradição de descrever a trajetória de desenvolvimento tecnológico, iniciada nos estudos latino-americanos durante os anos 1970, Lall (1987) descreveu a trajetória de desenvolvimento tecnológico num conjunto de indústrias da Índia (de cimento, siderúrgica, têxtil etc.). O estudo encontrou diversidade nas trajetórias dessas indústrias, ilustrando uma seqüência complexa de movimentos do nível básico para níveis mais altos de acumulação de competência tecnológica. Além disso, o estudo detectou uma influência da política governamental sobre a trajetória da firma, que, no caso da Índia, foi negativa. No entanto, uma vez que o estudo enfocou o nível da indústria, muito pouco foi dito sobre a construção de competência tecnológica dentro das firmas. Mais especificamente, não foram examinadas diferenças nas taxas de acumulação de competências tecnológicas entre firmas. No que se refere a mecanismos de aprendizagem, o estudo enfocou apenas a aquisição de conhecimento, não explorando os processos de conversão de conhecimento.

Hobday (1995) descreveu as trajetórias seguidas por um conjunto de empresas de eletrônica no Sudeste asiático. Embora descrevendo as trajetórias num modo similar aos de Katz (1987) e Lall (1987), o estudo de Hobday foi influenciado pela literatura de marketing em países de industrialização recente

(Wortzel & Wortzel, 1981, por exemplo). Hobday especificou o modo como aquelas empresas alcançaram sua transição tecnológica e de mercado à medida que evoluíram em sua trajetória de atividades simples para complexas: de manufatura de equipamento original (OEM) para manufatura de projeto próprio (ODM) e manufatura da própria marca (OBM). O estudo de Hobday gerou rica evidência sobre as características das trajetórias de acumulação de competências tecnológicas. Enquanto confirmou as conclusões de Katz e Lall, o estudo argumentou contra os modelos convencionais de inovação baseados em empresas de tecnologia de fronteira.

O estudo de Hobday deu grande atenção aos mecanismos entre firmas e arranjos organizacionais (por exemplo, subcontratação, *joint ventures*, licenciamento e treinamento no exterior) que permitiram às empresas adquirir conhecimento e engajar-se na adaptação da tecnologia estrangeira. Muito menos atenção foi dada às dimensões organizacionais e gerenciais intrafirma da trajetória de acumulação de competência tecnológica. Adicionalmente, como em Lall (1987), o estudo não explorou as diferenças nas taxas de acumulação de competências tecnológicas entre firmas, bem como os processos de conversão de conhecimento.

Ao enfocar a indústria eletrônica coreana, Hwang (1998) examinou a construção de competência tecnológica para produtos nas áreas de semicondutores (Dram) e computadores pessoais (PCs) em três *chaebol*. Enquanto as firmas de Dram alcançaram a fronteira tecnológica e obtiveram bom desempenho de mercado, as firmas de PCs tiveram fraca *performance* em termos de construção de competência tecnológica e mercado exportador. O estudo indicou que competências organizacionais num contexto industrial específico podem-se igualar a *rigidez* organizacional num ambiente tecnológico e mercadológico diferente. O estudo explorou diferentes aspectos de desenvolvimento de competências tecnológicas em firmas em industrialização. Porém, taxas de acumulação de competência tecnológica e aprimoramento de desempenho operacional não foram exploradas. Além disso, a análise comparativa foi limitada apenas à área de produtos individuais.

Confirmando os achados de Hobday referentes à não-linearidade nas trajetórias de acumulação de competência tecnológica em firmas em industrialização, Ariffin e Bell (1996) encontraram diversas trajetórias associadas a diferentes tipos de *links* entre subsidiária e matriz em firmas da área eletrônica na Malásia. Usando uma estrutura desenvolvida em Bell e Pavitt (1995), adaptada de Lall (1992), o estudo deu grande atenção à evolução das competências tecnológicas *rotineiras* e *inovadoras* (tais como processo e organização da produção, produtos e equipamentos). O estudo também deu atenção ao papel dos mecanismos de aprendizagem construídos em cada firma para adquirir conhecimento para a acumulação de competência tecnológica (tais como treinamento externo e diferentes tipos de *aprender fazendo*). Embora não explicitamente, mecanismos de conversão de conhecimento (como trei-

namento interno) também foram explorados. Além disso, o estudo levantou a importância da interação acumulativa entre mecanismos de aprendizagem para a trajetória de acumulação de competência tecnológica. O estudo, portanto, estimulou uma investigação mais profunda sobre essa questão.

Com relação a uma perspectiva mais abrangente da trajetória de acumulação de competência tecnológica intrafirma, uma contribuição reveladora foi feita por Kim (1995e, 1997a). Baseando-se em estudos de casos individuais, Kim examinou as trajetórias bem-sucedidas de acumulação de competências tecnológicas e analisou a importância, para aquelas trajetórias, dos processos de conversão de aprendizagem individual em aprendizagem organizacional. Essas questões foram analisadas na Hyundai Motor (Kim, 1995) e Samsung Electronics (Kim, 1997a). Os estudos também exploraram o papel positivo da liderança corporativa em construir crises e alcançar consenso, contribuindo para esses processos de aprendizagem.

Enquanto Hwang (1998) argumentou que firmas podem adaptar-se de maneira diferente aos seus ambientes tecnológicos e mercadológicos, Kim (1997b) pareceu aceitar que adaptações bem-sucedidas acontecerão se o ambiente externo da empresa funcionar de maneira eficiente. Como argumentado em Kim (1997b:219), uma aprendizagem tecnológica bem-sucedida requer um "sistema nacional de inovação" eficiente para "forçar empresas a liberarem aquele aprendizado". Portanto, maior importância parece ter sido dada às condições externas do que aos processos de aprendizagem intrafirma, como em Kim (1995 e 1997a). Mas, se empresas operando dentro da mesma indústria responderem de maneira diferente para a mesma política governamental e seguirem diferentes trajetórias de acumulação e diferentes padrões de aprimoramento de *performance* operacional? De fato, as trajetórias de acumulação de competências tecnológicas podem ser influenciadas por condições externas. Porém, parece inadequado concluir que aquelas trajetórias sejam totalmente, ou talvez até mesmo pesadamente, dependentes de condições externas.

Enquanto Kim (1995 e 1997a) enfocou os aspectos positivos dos processos de aprendizagem intrafirma, Dutrénit (1998) enfocou as limitações em criar uma base de conhecimento coerente para desenvolver competências tecnológicas estratégicas no longo prazo. O estudo, focalizado numa empresa de vidro no México, verificou que o processo de aprendizagem irregular da empresa foi influenciado por diversos fatores, sendo centrais: os limitados esforços para converter conhecimento do nível individual para o nível organizacional; as diferentes estratégias de aprendizagem buscadas pela empresa e sua coordenação limitada; a limitada integração de conhecimento entre áreas funcionais; a instabilidade do processo de criação de conhecimento. O estudo de Dutrénit argumentou que os processos de aprendizagem intrafirma tiveram um papel crucial na trajetória de acumulação de competência tecnológica da empresa. Tal conclusão, portanto, difere do argumento em Kim (1997b).

O mérito do estudo de Dutrénit é a análise de longo prazo, profunda e detalhada dos processos de aprendizagem intrafirma. Porém, conforme reconhecido no estudo, "o estudo de caso individual limita qualquer generalização mais abrangente para teoria e política" (Dutrénit, 1998:318). De fato, o estudo levantou a necessidade de pesquisa adicional para observar mais de perto os fatores influenciando os processos de aprendizagem em firmas e para distinguir os problemas específicos dos gerais. Uma análise comparativa contribuiria, assim, para superar essa limitação e "resolver o debate" entre Dutrénit (1998) e Kim (1997b).

Conclusões

- Em geral, a maioria dos estudos enfocou a descrição de trajetórias de acumulação de competências, em vez do relacionamento entre as trajetórias e os processos de aprendizagem subjacentes. De fato, estudos aprofundados, no nível de firmas, descrevendo trajetórias de acumulação de competências tornaram-se escassos na literatura de países em industrialização entre o final dos anos 1970 e início dos 90. Apenas a partir de meados dos anos 1990 é que novos estudos emergiram: Kim (1995 e 1997a) e Dutrénit (1998). Embora esses dois estudos tenham examinado as trajetórias das firmas e seus processos subjacentes de aprendizagem, eles se basearam em estudos de casos individuais. Como resultado, estudos profundos e comparativos sobre essas questões ainda são escassos.

- Alguns estudos têm descrito a trajetória de acumulação de competência tecnológica no longo prazo[1] (Lall, 1987; Hobday, 1995). Porém, eles não deram adequada atenção para: as dimensões organizacionais e gerenciais intrafirma da competência tecnológica; as diferenças na taxa de acumulação de competência tecnológica; o funcionamento dos processos subjacentes de aquisição de conhecimento. Em particular, os processos de conversão de conhecimento não foram explorados.

- Outros estudos investigaram o relacionamento entre a construção de competências e o ambiente externo (Hwang, 1998). Porém, os processos intrafirma de aquisição e conversão de conhecimento não foram analisados. Estudos em que algumas características corporativas (como a liderança) foram exploradas (Girvan & Marcelle, 1990; Tiralap, 1990) não reconstruíram a trajetória de longo prazo de acumulação de competência tecnológica nem trataram dos processos de aprendizagem. Já estudos que fizeram uma

[1] Ver item "A perspectiva técnica", nesta seção.

análise comparativa das dimensões organizacionais da competência tecnológica e suas implicações para o desempenho (Tremblay, 1994; Hwang, 1998) não exploraram a influência dos processos de aprendizagem na acumulação dessas competências.

4. Trajetórias de acumulação de competências tecnológicas e os processos subjacentes de aprendizagem na literatura de empresas de tecnologia de fronteira (LETF)

Esta seção revisa estudos empíricos na LETF sobre trajetórias de acumulação de competências tecnológicas e os processos subjacentes de aprendizagem.

Trajetórias de acumulação de competências tecnológicas na LETF

Em meados da década de 1980, os estudos sobre manufatura industrial voltaram sua atenção para as mudanças nas práticas de organização da produção, vistas como um recurso crítico de vantagem competitiva. A partir da investigação do sucesso competitivo de empresas japonesas, conceitos como *kaizen* (Imai, 1987) e *lean manufacturing* (Womack et alii, 1990) foram elaborados junto com a renovação da idéia de "aprimoramento contínuo", AC (Schroeder & Robinson, 1991; Bessant, 1992; Bessant et alii, 1994). A abordagem para AC foi mais tarde refinada como esforços abrangentes na empresa em atividades inovadoras incrementais e acumulativas. A aplicação de AC foi estendida ao processo de desenvolvimento de novos produtos (Caffyn, 1997). E práticas de AC subjacentes a recentes melhorias de desempenho nas linhas de laminação em usinas de aço no Japão e no Reino Unido (implementação do *plan, do, check, action* — PDCA — e grupos de integração, entre outros) foram exploradas em Collinson (1999).

Outro subconjunto de estudos apontou a importância das atividades intergrupo, da cultura gerencial, da integração funcional e das práticas administrativas para aprimorar atividades de manufatura (Ettlie, 1988; Bessant, 1991). Em paralelo, a abordagem da *adaptação mútua* (Leonard-Barton, 1988) enfocou mudanças tanto na tecnologia quanto na organização (vendas, por exemplo), através do rastreamento de mudanças mútuas à medida que os usuários implementavam a nova tecnologia. Porém, o estudo não explicou como foram criados os recursos para produzir as mudanças. Voss (1988) argumentou que uma tecnologia de processo (como MRP) pode ter sucesso em uma tentativa de implementação, mas falhar em outra. Este ponto é crítico para empresas em industrialização. Porém, isso não foi investiga-

do nos estudos revisados em "A perspectiva da organização da produção", na seção 3 deste artigo.

A partir do início dos anos 1990, um novo subconjunto de estudos enfocou a forma como a vantagem competitiva das firmas pode ser fortalecida através da sustentação e renovação de suas competências e capacidades tecnológicas. Tais estudos abordaram tanto os aspectos técnicos quanto os organizacionais. Os êxitos de miniaturização da Sony foram descritos em termos de sua competência organizacional ou *core competencies* (Prahalad & Hamel, 1990). Stalk, Evans e Shulman (1992) argumentaram que grandes firmas deveriam, como a Honda, ser capazes de mover competências de uma área de negócios para outra. De maneira diferente, Patel e Pavitt (1994) argumentaram que a estratégia tecnológica de grandes firmas não é baseada em *core competencies*. Em vez disso, para manter e renovar sua vantagem competitiva elas têm de construir uma ampla variedade de competências tecnológicas.

Outros estudos exploraram questões como a gerência de pesquisa e desenvolvimento (P&D) e a colaboração tecnológica, a integração entre estratégia tecnológica, gerência de recursos humanos e cultura organizacional, combinada com a acumulação de conhecimento tecnológico. Este é o caso do estudo de Dodgson (1991) sobre uma empresa de biotecnologia. Enquanto Dodgson examinou essas questões numa firma pequena, Galimberti (1993) examinou o modo como grandes empresas químicas e farmacêuticas combinaram a acumulação de competências com a assimilação de biotecnologia radical. O mérito desses dois estudos foi explorar o modo como empresas enfrentaram descontinuidades na tecnologia que usam.

A vantagem competitiva de firmas também foi associada à construção de competências tecnológicas via atividades de P&D (Cohen & Levinthal, 1990; Mitchell & Hamilton, 1988; Miyazaki, 1993; Coombs, 1996), bem como à capacidade organizacional para reunir outros tipos de competências, como financeira, de marketing e de produção (Miyazaki, 1993). Essas perspectivas parecem estar relacionadas com a abordagem conceitual de competências de P&D, como aquelas que definem as competências dinâmicas da empresa (Nelson, 1991). Porém, mesmo em empresas de tecnologia de fronteira, dever-se-ia afirmar com cautela que as atividades inovadoras estão confinadas a laboratórios de P&D (Bessant, 1997; Tidd et alii, 1997; Bessant & Caffyn, 1997). As atividades inovadoras das firmas estão-se tornando corporativas, envolvendo produção, marketing, administração, compras e outras funções (Bessant & Caffyn, 1997). Em empresas em industrialização, em particular, parte substancial das atividades inovadoras está associada a aprimoramentos incrementais em áreas outras que não os convencionais laboratórios de P&D, mas sim em departamentos de operação, engenharia e projeto de processos e produtos (Katz, 1985; Bell, 1997).

A integração como competência organizacional tem sido associada ao desempenho superior de desenvolvimento de produtos em um ambiente altamente competitivo. Isto pode ser operacionalizado em termos de pequenos gru-

pos com amplas responsabilidades e da integração interfuncional de equipes para a solução de problemas dentro de estruturas organizacionais mais simplificadas (Clark & Fujimoto, 1991). A integração interfuncional também tem sido usada como base para o desempenho em desenvolvimento de processos (Pisano, 1997). Já a competência para integração tem sido associada à vantagem competitiva da empresa de modo geral (Tsekouras, 1998). No entanto, parece não haver a única melhor maneira através da qual empresas deveriam organizar suas atividades inovadoras. Um desafio-chave é alcançar um equilíbrio entre as abordagens orgânica e mecanicista e entre a formal e a informal para a organização das atividades empresariais sob condições tecnológicas e mercadológicas particulares (Bessant, 1997; Tidd et alii, 1997). A integração também é vista como uma competência organizacional específica para unir o novo conhecimento com o profundo conhecimento tecnológico já acumulado (Iansiti & Clark, 1994). Já a integração tecnológica é consistentemente relacionada com os desempenhos de produto e de processo (Iansiti, 1998).

Em Leonard-Barton (1990, 1992a, 1992b e 1995), foram encontrados diversos aperfeiçoamentos em processos, produtos e equipamento em empresas manufatureiras nos EUA. Tais aperfeiçoamentos foram associados ao aprofundamento e renovação das competências tecnológicas das empresas com base em quatro dimensões: sistemas técnicos; conhecimento dos empregados; sistemas gerenciais; valores e normas. Porém, a maioria desses estudos não trata dos aprimoramentos no longo prazo. Como resultado, pouco se sabe sobre as taxas de evolução das competências e melhoria de desempenho ao longo do tempo e, em particular, sobre como essas taxas diferem entre empresas.

Conclusões

- Os estudos da LETF são explicitamente voltados para *como* as empresas podem sustentar, renovar, rotinizar e integrar competências tecnológicas que já foram acumuladas. Logo, não estão preocupados com a criação e construção dessas competências em primeiro lugar. Esta é uma questão crítica para empresas em industrialização. Em outras palavras, a LETF não examina como essas empresas chegaram ao nível de competências inovadoras que elas têm hoje. Isso sugere que a LETF é limitada para explicar *como, em quanto tempo e por que* aquelas competências foram construídas e acumuladas.

- No que se refere às atividades tecnológicas, a maioria dos estudos empíricos na LETF tratou de processos e, em particular, atividades de produto. Em muitos casos, essas atividades foram associadas a P&D e *breakthrough*. Pouca atenção é dada para: o modo como atividades inovadoras começando com processos e produtos já disponíveis no mundo são implementadas den-

tro das empresas (engenharia reversa, por exemplo); os diferentes tipos de atividades de aprimoramento contínuo no nível da fábrica (modificações em processos de produção, *alongamento* de capacidade etc.); atividades inovadoras incrementais de engenharia de projetos e de equipamentos. Os dois primeiros casos são críticos em empresas em industrialização. Isso sugere que o foco de análise da LETF tem uma cobertura limitada das atividades tecnológicas das empresas.

- A maioria dos estudos empíricos na LETF argumenta que *competências tecnológicas* são recursos críticos para a vantagem de qualquer firma num ambiente competitivo. Porém, a maioria desses estudos não descreveu a acumulação de tais competências e não explorou as implicações práticas dessa acumulação para o desempenho operacional no longo prazo.

- Não obstante, a LETF explora com nível adequado de detalhe as dimensões organizacionais e gerenciais da competência tecnológica, bem como a importância dessas dimensões para a implementação de atividades inovadoras em processos e produtos para ganhar e manter a vantagem competitiva. Nesse aspecto, a LETF fornece boas idéias para a descrição de trajetórias de acumulação de competências tecnológicas em empresas em industrialização: quando elas já acumularam níveis inovadores de competências tecnológicas e precisam sustentá-las, renová-las e rotinizá-las; quando elas começam a operar sob competição de mercado aberto; quando elas são gerenciadas, desde a partida, de maneira a serem impulsionadas a alcançar *performance* competitiva com atenção para as dimensões organizacionais e gerenciais da competência tecnológica.

Processos de aprendizagem subjacentes às trajetórias de acumulação de competências tecnológicas na LETF

A LETF é rica em especificar diversos processos e práticas de aprendizagem subjacentes às trajetórias de acumulação de competências tecnológicas. Em particular, a LETF enfoca processos tanto para a aquisição de conhecimento quanto para sua conversão para o nível organizacional.

Com relação aos processos de aquisição externa de conhecimento, Cohen e Levinthal (1990) argumentaram que a incorporação de conhecimento externo à firma é crítica para as competências tecnológicas inovadoras. Isso pode ser feito por indivíduos, através de diferentes *mecanismos internos*. Outros estudos apontaram para a relevância das práticas para importar e absorver conhecimento tecnológico para a construção de competências, através de vendedores, laboratórios nacionais, clientes e consultores (Leonard-Barton, 1990 e 1995; Garvin, 1993). Conhecimento também pode ser adquirido de fornecedores, competidores, ou através da formação de alianças tecnológicas com outra empresa que o

possua (Huber, 1996a e 1996b). A integração de conhecimento externo foi considerada uma das práticas subjacentes à construção de competências para o bem-sucedido projeto *near-net-shape* na Chaparral Steel (Leonard-Barton, 1992b).

Outros processos envolvem trazer especialistas externos para conversar com indivíduos da empresa, a contratação de especialistas, a contratação de indivíduos aposentados da empresa, o fortalecimento dos indivíduos *gatekeepers* e a diminuição das práticas "não inventado aqui" (Garvin, 1993; Huber, 1996a e 1996b; Leonard-Barton, 1992b, Leonard & Sensiper, 1998). Indivíduos também podem ser empregados para a *solução de problemas* e para a *estruturação de problema* (Leonard & Sensiper, 1998). Os usuários também podem prover conhecimento para a empresa, através de retorno sobre a aplicação de produtos e o desenvolvimento de novos produtos.

Com relação aos processos de aquisição interna de conhecimento, a LETF tende a dar grande atenção à P&D como o mecanismo para a construção de competências nas empresas. Nos anos 1990, alguns estudos deram grande atenção às práticas internas dos centros de P&D como contribuidores para a construção de competências tecnológicas (Miyazaki, 1993; Coombs, 1996; Iansiti & West, 1997). As práticas descritas envolvem a reorganização dos processos internos dos centros P&D para torná-los mais eficientes, bem como a integração das equipes de pesquisa (Iansiti & West, 1997).

Esses estudos, porém, consideram as unidades de P&D mecanismos fixos, preocupando-se com a maneira pela qual as empresas podem usá-los melhor. Os estudos não parecem ter interesse em saber como esses mecanismos têm funcionado ao longo do tempo.

Alguns estudos enfocam diferentes práticas para aquisição de conhecimento em atividades manufatureiras via operações diárias de manufatura e/ou experimentação no nível da fábrica (Leonard-Barton, 1990, 1992b e 1995; Garvin, 1993). Práticas podem ser propositadamente criadas (tais como equipes de implementação) para permitir que indivíduos adquiram conhecimento durante as atividades operacionais diárias, sobre como e por que a tecnologia é projetada e funciona de certa maneira (Leonard-Barton, 1990). Os indivíduos podem também ser encorajados a procurar a solução de problemas de maneira independente em seu dia-a-dia (Leonard-Barton, 1992b). Casos bem-sucedidos de experimentação com base em programas de aprimoramento contínuo (como diversificação de novos materiais) foram associados à contínua aquisição de conhecimento externo (Garvin, 1993). Isso sugere que a interação entre mecanismos de aprendizagem é importante. As empresas podem criar um clima e mecanismos para encorajar a experimentação.

Porém, esses estudos não exploraram como essas práticas funcionaram ao longo do tempo e como as empresas diferem no modo de construir e usar esses mecanismos.

A LETF também especifica muitos processos pelos quais a aprendizagem individual é convertida em aprendizagem organizacional, corporativa. Para Gar-

vin (1993), diversos mecanismos podem levar a uma disseminação de conhecimento pela organização (depoimentos escritos, orais, visuais, programas de rotação de pessoal, educação e treinamento, práticas de padronização etc.). Outras práticas — como partilha de experiências, treinamento no posto de trabalho, *brainstorming camps* e encontros — podem levar à socialização ou compartilhamento do conhecimento (Nonaka & Takeuchi, 1995). A *integração interna de conhecimento* envolve uma coleção de práticas para facilitar a disseminação de conhecimento pela corporação e o aprofundamento de competências tecnológicas (Leonard-Barton, 1992b e 1995; Leonard-Barton et alii, 1994; Garvin, 1993). Outros estudos deram um tratamento mais específico à integração de conhecimento, abordando atividades de solução de problemas (Iansiti & Clark, 1994) ou integração para desenvolvimento de produto (Clark & Fujimoto, 1991). A padronização de práticas de produção e a documentação sistemática foram consideradas atividades-chave para a codificação de conhecimento em companhias japonesas (Nonaka & Takeuchi, 1995).

Conclusões

A revisão de estudos empíricos enfocando processos de aprendizagem na LETF sugere que tais estudos fornecem um tratamento mais amplo para os processos de aprendizagem, particularmente a conversão de conhecimento, do que os estudos na LEI. Porém, embora sendo rica em especificar diferentes processos de aprendizagem, a LETF não é tão clara sobre *como* esses processos funcionam ao longo do tempo. Notáveis exceções são, por exemplo, Leonard-Barton (1990, 1992b e 1995) e Iansiti (1998). Porém, esses estudos não investigaram o funcionamento dos processos de aprendizagem no longo prazo. Também escassos nessa literatura são os estudos sobre diferenças entre firmas na construção e uso desses processos de aprendizagem e suas implicações para as trajetórias de acumulação de competências tecnológicas. Não obstante, a LETF sugere que o modo como esses processos funcionam é crítico para as trajetórias de acumulação de competências tecnológicas.

5. Considerações finais

A revisão de estudos na LEI e na LETF neste artigo sugere que mais estudos empíricos são necessários para gerar novas explicações sobre trajetórias de acumulação de competências tecnológicas e os processos subjacentes de aprendizagem. Em particular, mais pesquisas são necessárias para explicar diferenças entre empresas industriais em termos de taxas de acumulação dessas competências e suas implicações para a taxa de aprimoramento do desempenho operacional e finan-

ceiro no contexto de economias de industrialização recente.[2] Iniciativas para aprofundar o entendimento dessas questões dentro de empresas em industrialização têm sido implementadas em instituições como o Spru (Science and Technology Policy Research), na Universidade de Sussex, Reino Unido, desde o final dos anos 1970 e intensificadas nos últimos 10 anos. Porém, a revisão de estudos empíricos na LEI e LETF sugere que novas pesquisas empíricas são necessárias para explicar *como* acelerar a taxa de acumulação de competências tecnológicas de empresas em industrialização. É através da aceleração dessa taxa de acumulação que as empresas em industrialização conseguem se aproximar e/ou alcançar a fronteira tecnológica em constante mudança.

Estudantes de gestão, por sua afinidade com os aspectos gerenciais e organizacionais das empresas, têm grande potencial para investigar esses aspectos nas trajetórias de acumulação de competências tecnológicas e nos processos de aprendizagem. Novas pesquisas, centradas em empresas atuantes no Brasil, particularmente baseadas em análise comparativa, poderiam gerar novas explicações tanto para a teoria quanto para ações corporativas e governamentais relativas à aceleração da acumulação de competências tecnológicas e à *performance* competitiva das empresas.

Referências bibliográficas

Ariffin, N. & Bell, M. Patterns of subsidiary-parent linkages and technological capability-building in Electronics TNC subsidiaries in Malaysia. In: Jomo, K. S. & Felker, G. (eds.). *Industrial technology development in Malaysia*. Routledge, 1996. p. 150-90.

Bell, M. Technical change in infant industries: a review of the empirical evidence. Spru, University of Sussex, 1982. mimeog.

———. Learning and the accumulation of industrial technological capacity in developing countries. In: King, K. & Fransman, M. (eds.). *Technological capability in the Third World*. London, Macmillan, 1984.

———. *Overheads and notes on lectures and seminars. Technology and development course. MSc in technology and innovation management*. Spru, University of Sussex, 1997.

——— & Pavitt, K. Technological accumulation and industrial growth: contrasts between developed and developing countries. *Industrial and Corporate Change, 2*(2):157-211, 1993.

[2] Por exemplo, a análise comparativa do relacionamento entre taxa de acumulação de competências tecnológicas, processos de aprendizagem e taxa de melhoria de desempenho operacional em empresas em industrialização foi desenvolvida na pesquisa para a tese de doutorado do autor, concluída em set. 1999 no Spru.

——— & ———. The development of technological capabilities. In: Haque, I. U. (ed.). Trade, technology and international competitiveness. Washington, World Bank, 1995.

———; Ross-Larson, B. & Westphal, L. E. *Assessing the performance of infant industries*. Washington, World Bank, 1984. (World. Bank Staff Working Papers, 666.)

———; Scott-Kemmis, D. & Satyarakwit, W. Limited learning in infant industry: a case study In: Stewart, F. & James, J. (eds.). The economics of new technology in developing countries. London, Frances Pinter, 1982.

———; Hobday, M.; Abdullah, S.; Ariffin, N. & Malik, J. *Aiming for 2020: a demand-driven perspective on industrial technology in Malaysia*. *Final report for the World Bank and Ministry of Science, Technology and the Environment, Malaysia*. Spru, University of Sussex, 1995.

Bessant, J. *Managing advanced manufacturing technology. The challenge of the fifth wave.* Oxford, Blackwell, 1991.

———. Big bang or continuous evolution: why incremental innovation is gaining attention in successful organisations. *Creativity and Innovation Management*, *1*(2):59-62, 1992.

———. *Overheads and notes on lectures and seminars. Inside the innovating organisation course. MSc in technology and innovation management*. Spru, University of Sussex, 1997.

———. Developing continuous improvement capability. *International Journal of Innovation Management*, *2*(4):409-29, 1998.

———& Caffyn, S. High-involvement innovation through continuous improvement. *International Journal of Technology Management*, *14*(1):7-28, 1997.

——— & Kaplinsky, R. Industrial restructuring: facilitating organisational change at the firm level. *World Development*, *23*(1):129-41, 1995. Special issue.

———; Gilbert, J.; Harding, R. & Webb, S. Rediscovering continuous improvement. *Technovation*, *14*(1):17-29, 1994.

Caffyn, S. Extending continuous improvement to the new product development process. *R&D Management*, *27*(3):253-67, 1997.

Clark, K. B. & Fujimoto, T. *Product development performance*. Boston, Harvard Business School Press, 1991.

Cohen, W. M. & Levinthal, D. A. Absorptive capacity: a new perspective on learning and innovation. *Administrative Science Quarterly*, *35*(1):128-52, 1990.

Collinson, S. *Knowledge management capabilities for steel makers: a British-Japanese corporate alliance for organisational learning*. Edinburgh, ESRC/The University of Edinburgh Management School, 1999. mimeog.

Coombs, R. Core competencies and the strategic management of R&D. *R&D Management*, *26*(4):345-54, 1996.

——— & Hull, R. Knowledge management practices and path-dependency in innovation. *Research Policy*, *27*:237-53, 1998.

Dahlman, C. & Fonseca, F. V. *From technological dependence to technological development: the case of the Usiminas steel plant in Brazil.* IBD/Ecla Research Programme, 1978. (Working Paper, 21.)

———& Westphal, L. Technological effort in industrial development: an interpretative survey of recent research. In: Stewart, F. & James, J. (eds.). *The economics of new technology in developing countries*. London, Frances Pinter, 1982. p. 105-37.

———; Ross-Larson, B. & Westphal, L. E. Managing technological development: lessons from the newly industrializing countries. *World Development*, *15*(6):759-75, 1987.

Dodgson, M. *The management of technological learning: lessons from a biotechnology company*. Berlin, De Gruyter, 1991.

———. Organisational learning: a review of some literatures. *Organisation Studies*, *14*(3):376-94, 1993.

Dutrénit, G. B. From knowledge accumulation to strategic capabilities: knowledge management in a Mexican glass firm. Spru, University of Sussex, 1998. (DPhil. Thesis.)

Enos, J. L. *The creation of technological capability in developing countries*. London, Pinter, 1991.

Ettlie, J. E. *Taking charge of manufacturing: how companies are combining technological and organisational innovations to compete successfully*. London, Jossey-Bass, 1988.

Fleury, A. C. C. Análise a nível de empresa dos problemas tecnológicos do setor de máquinas-ferramentas. São Paulo, FCAV, 1977. mimeog.

———. *The technological behaviour of State-owned enterprises in Brazil*. ILO, World Employment Programme Research, 1985. (Working Paper.)

Galimberti, I. Large chemical firms in biotechnology: case studies of learning in radically new technology. Spru, University of Sussex, 1993. (DPhil. Thesis.)

Garvin, D. A. Building a learning organisation. *Harvard Business Review*, *71*(4):78-91, July/Aug. 1993.

Girvan, N. P. & Marcelle, G. Overcoming technological dependency. The case of Electric Arc (Jamaica) Ltd.: a small firm in a small developing country. *World Development*, *18*(1):91-107, 1990.

Herbert-Copley, B. Technical change in Latin American manufacturing firms: review and synthesis. *World Development*, *18*(11):1.457-69, 1990.

———. Technical change in African industry: reflections on IDRC-supported research. *Canadian Journal of Development Studies*, *13*(2):231-49, 1992.

Hobday, M. I*nnovation in East Asia: the challenge to Japan*. Aldershot, Edward Elgar, 1995.

Hoffman, K. *Technological advance and organisational innovation in the engineering industries*. Washington, World Bank, 1989. (World Bank IED Working Papers, Industry Series Paper, 4.)

Hollander, S. *The sources of increased efficiency: a study of Du Pont rayon plants*. Cambridge, MIT Press, 1965.

Huber, G. Organizational learning: a guide for executives in technology-critical organisations. *IJTM Special Publication on Unlearning and Learning*, *11*(7/8):821-32, 1996a.

———. Organisational learning: the contributing processes and the literatures. In: Cohen, M. D. & Sproull, L. S. (eds.). *Organizational Learning*. London, Sage, 1996b.

Humphrey, J. *Fazendo o milagre*. São Paulo, Vozes, 1982.

———. Introduction. *World Development*, *23*(1):1-7, 1995.

———. Quality and productivity in industry: new strategies in developing countries. *IDS Bulletin*, *24*(2), 1993.

Hwang, H-R. Organisational capabilities and organisational rigidities of Korean Chaebol: case studies of semi-conductor (Dram) and personal computer (PC) products. Spru, University of Sussex, 1998. (DPhil. Thesis.)

Iansiti, M. *Technology integration*. Boston, Harvard Business School Press, 1998.

——— & Clark, K. Integration and dynamic capability: evidence from product development in automobiles and mainframe computers. *Industrial and Corporate Change*, *33*(3):557-605, 1994.

——— & West, J. Technology integration: turning great research into great products. *Harvard Business Review*, 75(3):69-79, 1997.

Imai, K. *Kaizen*. New York, Random House, 1987.

Kaplinsky, R. *Easternisation: the spread of Japanese management techniques to developing countries*. London, Frank Cass, 1994.

Katz, J. *Importación de tecnología, aprendizaje y industrialización dependiente*. México, Fondo de Cultura Económica, 1976.

———. Domestic technological innovations and dynamic comparative advantages: further reflections on a comparative case-study program. In: Rosenberg, N. & Frischtak, C. (eds.). *International technology transfer: concepts, measures and comparisons*. New York, Praeger, 1985.

———. Domestic technology generation in LDCs: a review of research findings. In: Katz, J. (ed.). *Technology generation in Latin American manufacturing industries*. New York, St. Martin's Press, 1987.

———; Gutkowski, M.; Rodrigues, M. & G. Goity, G. *Productivity, technology, and domestic efforts in research and development*. Buenos Aires, Ecla/IDB/IDRC/UNDP Research Programme on Scientific and Technological Development in Latin America, 1978. (Working Paper, 14.)

Kim, L. Crisis construction and organisational learning: capability building in catching-up at Hyundai Motor. In: The Hitotsubashi-Organization Science Conference. *Proceedings*. Tokyo, 1995.

———. The dynamics of Samsung's technological learning in semiconductors. *California Management Review*, *39*(3):86-100, 1997a.

———. *Imitation to innovation: the dynamics of Korea's technological learning*. Boston, Harvard Business School Press, 1997b.

Lall, S. Technological learning in the Third World: some implications of technology exports. In: Stewart, F. & James, J. (eds.). *The economics of new technology in developing countries*. London, Frances Pinter, 1982.

———. *Learning to industrialise: the acquisition of technological capability by India*. London, Macmillan, 1987.

———. Technological capabilities and industrialisation. *World Development, 20*(2):165-86, 1992.

———. Technological capabilities. In: Salomon, J-J. et alii (eds.). *The uncertain quest: science technology and development*. Tokyo, UN University Press, 1994.

Leonard-Barton, D. Implementation as mutual adaptation of technology and organisation. *Research Policy, 17*(5):251-67, 1988.

———. Implementing new production technologies: exercises in corporate learning. In: von Glinow, M. A. & Mohrman, S. A. (eds.). *Managing complexity in high technology organisations*. New York, Oxford University Press, 1990.

———. Core capabilities, core rigidities: paradox in managing new product development. *Strategic Management Journal, 13*:111-25, 1992a.

———. The factory as a learning laboratory. *Sloan Management Review, 34*(1):23-38, 1992b.

———. *Wellsprings of knowledge: building and sustaining the sources of innovation*. Boston, Harvard Business School Press, 1995.

——— & Sensiper, S. The role of tacit knowledge in group innovation. *California Management Review, 40*(3):112-32, 1998.

———; Bowen, K. H.; Clark, K.; Holloway, C. A. & Wheelwright, S. C. How to integrate work and deepen expertise. *Harvard Business Review*, 72(5):121-30, 1994.

Maxwell, P. Technological policy and firm learning efforts in less developed countries: a case study of the experience of the Argentina steel firm Acindar S.A. Spru, University of Sussex, 1981. (DPhil. Thesis.)

———. *Steel plant technological development in Latin America. A comparative study of the selection and upgrading of technology in plants in Argentina, Brazil, Colombia, Mexico and Peru*. Buenos Aires, Ecla/IDB/IDRC/UNDP Research Programme on Scientific and Technological Development in Latin America, 1982. (Working Paper, 55.)

——— & Teubal, M. *Capacity-stretching technical change: some empirical and theoretical aspects*. Buenos Aires, Ecla/IDB/IDRC/UNDP Research Programme on Scientific and Technological Development in Latin America, 1980. (Working Paper, 36.)

Meyer-Stamer, J.; Rauh, C.; Riad, H.; Schmitt, S. & Welte, T. *Comprehensive modernisation on the shop floor: a case study on the Brazilian machinery industry*. Berlin, GDI, 1991.

Mitchell, G. & Hamilton, W. Managing R&D as a Strategic option. *Research Technology Management, 31*(3):15-22, 1988.

Miyazaki, K. The dynamics of competence building in European and Japanese firms: the case of optoelectronics. Spru, University of Sussex, 1993. (DPhil. Thesis.)

Mlawa, H. The acquisition of technology, technological capability and technical change: a study of the textile industry in Tanzania. Spru, University of Sussex, 1983. (DPhil. Thesis.)

Mody, A.; Suri, R. & Sanders, J. Keeping pace up with change: organisational and technological imperatives. *World Development*, *20*(12):1.797-816, 1992.

Mukdapitak, Y. The technology strategies of Thai firms. Spru, University of Sussex, 1994. (DPhil. Thesis.)

Nelson, R. Innovation and economic development: theoretical retrospect and prospect. In: Katz, J. (ed.). *Technology generation in Latin American manufacturing industries*. New York, St. Martin's Press, 1987.

———. The role of firm differences in a evolutionary theory of technical advance. *Science and Public Policy*, *18*(6):347-52, 1991.

——— & Winter, S. *An evolutionary theory of economic change*. Cambridge, Harvard University Press, 1982.

Nonaka, I. A dynamic theory of organisational knowledge creation. *Organisational Science*, *5*(1):15-37, 1994.

——— & Takeuchi, H. *The knowledge creating company: how Japanese companies create the dynamics of innovation*. New York, Oxford University Press, 1995.

Pack, H. *Productivity, technology and industrial development. A case study in textiles*. New York, Oxford University Press, 1987.

Patel, P. & Pavitt, K. *Technological competencies in the world's largest firms: characteristics, constraints and scope for managerial choice*. Brighton, Spru, 1994. (Steep Discussion Paper, 13.)

Pavitt, K. *Strategic management in the innovating firm*. Spru, University of Sussex, 1988. (DRC Discussion Paper, 61.)

———. Key characteristics of the large innovating firm. *British Journal of Management*, *2*:41-50, 1991.

Penrose, E. T. *The theory of the growth of the firm*. Oxford, Basil Blackwell, 1959.

Pérez, L. & Pérez y Peniche, J. A summary of the principal findings of the case-study on the technological behaviour of the Mexican steel firm Altos Hornos de Mexico. In: Katz, J. (ed.). *Technology generation in Latin American manufacturing industry*. New York, St. Martin's Press, 1987.

Piccinini, M. Technical change and energy efficiency: a case study in the iron and steel industry in Brazil. Spru, University of Sussex, 1993. (DPhil. Thesis.)

Pisano, G. *The development factory: unlocking the potential of process innovation*. Boston, Harvard Business School Press, 1997.

Prahalad, C. & Hamel, G. The core competence of the corporation. *Harvard Business Review*, *90*(3)79-91, 1990.

Rosenberg, N. *Inside the black-box*. Cambridge, Cambridge University Press, 1982.

——— & Frischtak, C. *International technology transfer: concepts, measures, and comparisons*. New York, Praeger, 1985.

Schroeder, D. & Robinson, A. America's most successful export to Japan: continuous improvements programs. *Sloan Management Review*, *32*(3):67-81, 1991.

Scott-Kemmis, D. *Learning and the accumulation of technological capacity in Brazilian pulp and paper firms*. World Employment Programme Research (2-22), 1988. (Working Paper, 187.)

Senge, P. *The fifth discipline: the art and practice of the learning organisation*. London, Century Business, 1990.

Sercovich, *F. Ingeniería de diseño y cambio técnico endógeno. Un enfoque microeconómico basado en la experiencia de las industrias química y petroquímica argentinas*. Buenos Aires, Programa BID/Cepal sobre Investigación en Temas de Ciencia y Tecnología, 1978. (Monografía de Trabajo, 19.)

Shin, J. S. *The economics of the latecomers. Catching-up, technology transfer and institutions in Germany, Japan and South Korea*. London, Routledge, 1996.

Simon, H. Bounded rationality and organizational learning. In: Cohen, M. D. & Sproull, L. S. (eds.). *Organizational learning*. London, Sage, 1996.

Spender, J. C. Competitive advantage from tacit knowledge? Unpacking the concept and its strategic implications. In: Mosigngeon, B. & Edmondson, A. (eds.). *Organisational learning and competitive advantage*. London, Sage, 1996.

Stalk, G.; Evans, P. & Shulman, L. Competing on capabilities: the new rules of corporate strategy. *Harvard Business Review*, *70*(2):57-81, 1992.

Stewart, F. & James, J. Introduction. In: ——— (eds.). *The economics of new technology in developing countries*. London, Frances Pinter, 1982.

Teece, D. Technological change and the nature of the firm. In: Dosi, G.; Freeman, C.; Nelson, R.; Silverberg, G. & Soete, L. (eds.). *Technical change and economic theory*. London, Pinter, 1988.

——— & Pisano, G. The dynamic capabilities of firms: an introduction. *Industrial and Corporate Change*, *3*(3):537-56, 1994.

——— & Shuen, A. *Firm capabilities, resources, and the concept of strategy: four paradigms of strategic management*. University of California at Berkeley, 1990. (CCC Working Paper, 94-9.)

Tidd, J.; Bessant, J. & Pavitt, K. *Managing innovation: integrating technological market and organisational change*. Chichester, Wiley, 1997.

Tiralap, A. The economics of the process of technical change of the firm: the case of the electronics industry in Thailand. Spru, University of Sussex, 1990. (DPhil. Thesis.)

Tremblay, P. Comparative analysis of technological capability and productivity growth in the pulp and paper industry in industrialised and industrialising countries. Spru, University of Sussex, 1994. (DPhil. Thesis.)

Tsekouras, G. Integration, organisation and management: investigating capability building. Spru, University of Sussex, 1998. (DPhil. Thesis.)

Viana, H. A. P. International technology transfer, technological learning and the assimilation of imported technology in a State-owned enterprise: the case of Sidor steel plant in Venezuela. Spru, University of Sussex, 1984. (DPhil. Thesis.)

Voss, C. Implementation: a key issue in manufacturing technology: the need for a field of study. *Research Policy*, *17*(2):55-63, 1988.

Westphal, L. E.; Kim, L. & Dahlman, C. J. *Reflections of Korea's acquisition of technological capability*. Washington, The World Bank Research Department Economics and Research Staff, 1984. (Report DRD77.)

Womack, J.; Jones, D. & Roos, D. *The machine that changed the world*. New York, Rawson Associates, 1990.

World Development. *12*(5/6), May/June 1984. Special issue.

Wortzel, L. H. & Wortzel, H. V. Export marketing strategies for NIC and LDC-based firms. *Columbia Journal of World Business*, Spring 1981. p. 51-60.