Acumulação de capacidades tecnológicas e aprimoramento de *performance* operacional: evidências de um estudo de caso em nível de empresa

*Marcelio Fonseca**

*Paulo Negreiros Figueiredo***

Recebido: 04/03/2013 Versão Revisada (entregue): 03/09/2013 Aprovado: 24/09/2013

Resumo

Este artigo examina o processo de acumulação de capacidades tecnológicas e suas implicações para o aprimoramento de *performance* operacional em uma empresa da indústria química no Brasil (1980-2007). As evidências indicam que os esforços para acumulação de capacidades tecnológicas inovadoras permitiram à empresa aprimorar sua *performance* operacional em termos de indicadores técnicos e, ainda que indiretamente, em termos de indicadores comerciais. Este estudo contribui para avançar no entendimento sobre o relacionamento entre a acumulação de capacidades tecnológicas e o aprimoramento de *performance* operacional em nível de empresa. O estudo ainda chama a atenção de gestores para a importância da gestão e medição de uma multiplicidade de capacidades tecnológicas na empresa, bem como alerta para a importância das atividades inovadoras em nível de empresa, à base de engenharia, que são normalmente negligenciadas nas políticas públicas.

* Consultor de empresas, Rio de Janeiro (RJ), Brasil. E-mail: marceliosouza@uol.com.br

** Professor da Escola Brasileira de Administração Pública e de Empresas (EBAPE), Fundação Getúlio Vargas (FGV), Rio de Janeiro (RJ), Brasil. E-mail: pnf@fgv.br

Palavras-chave | Capacidades Tecnológicas; *Performance* Competitiva; Indústria Química

Códigos JEL | O12; O32; O33; M10

Accumulation of technological capabilities and operational performance improvement: evidence from a firm-level case study

Abstract

Drawing on a single case study based on first-hand and long-term evidence gathered through extensive fieldwork, this article examines the process of technological capability accumulation and its implications for operational performance improvement in a chemical firm in Brazil (1980-2007). The evidence indicates that the efforts on technological capability accumulation, especially for innovative activities, permitted the case-study firm to improve its operational performance, notably in terms of technical and, to some extent, in terms of commercial indicators. This study contributes to advancing our understanding of relationship between the firm-level accumulation of technological capabilities and operational performance improvement. The study draws managers' attention to the importance of managing and measuring a multiplicity of technological capabilities within firms and to the relevance of firm-level engineering-based innovative activities, normally neglected by policy makers.

Keywords | Technological Capabilities; Competitive Performance; Chemical Industry

JEL-Codes | O12; O32; O33; M10

1. Introdução

Durante a década de 1960, estudos concernidos com a relativa importância econômica dos vários tipos de inovação demonstraram a relevância das capacidades tecnológicas para as atividades inovadoras de natureza incremental para o aprimoramento consistente de *performance* operacional em nível de indústrias e empresas (ver, por exemplo, ENOS, 1962; HOLLANDER, 1965). Também foram geradas importantes contribuições sobre os impactos positivos das capacidades tecnológicas no alcance de desempenho competitivo, incluindo o crescimento empresarial (CHANDLER JR., 1962; PENROSE, 1959).

Tais estudos contribuíram para influenciar a emergência do programa de pesquisa liderado por Jorge Katz, na América Latina, que investigou a acumulação de capacidades tecnológicas em nível de empresas em vários países latino-americanos (ver resultados em DAHLMAN; WESTPHAL, 1982; KATZ, 1987) e na Ásia (BELL; SCOTT-KEMMIS; SATYARAKWIT, 1982; LALL, 1987). De um lado, esse conjunto de estudos revelou evidências importantes, tais como a dinâmica da acumulação tecnológica em nível de empresas, o papel dos mecanismos de aprendizagem subjacentes à de acumulação tecnológica e algumas das implicações da acumulação tecnológica para o aprimoramento da performance operacional de empresas (BELL, 2006). De outro lado, esses trabalhos colaboraram para a emergência de um campo de investigação do processo de acumulação de capacidades tecnológicas, suas causas e consequências, em empresas de economias em desenvolvimento e emergentes. Assim, ao longo das últimas duas décadas, vários estudos empíricos têm explorado a natureza da acumulação de capacidades tecnológicas e suas diferentes sequências (HOBDAY, 1995; KIM, 1998; FIGUEIREDO, 2002, 2010; HOBDAY; RUSH; BESSANT, 2004; DIJK; BELL, 2007) e, inclusive, sua velocidade (ARIFFIN, 2010; TACLA; FIGUEIREDO, 2006) em nível de empresas nesses contextos. Em paralelo, tem havido grande avanço no entendimento sobre as fontes para acumulação dessas capacidades, particularmente o papel dos mecanismos subjacentes de aprendizagem tecnológica.

A despeito da significativa quantidade de estudos sobre o processo de acumulação de capacidades tecnológicas inovadoras e suas fontes, menos atenção tem sido dedicada às consequências da acumulação dessas capacidades tecnológicas. Quando examinam tais consequências, os trabalhos enfocam o estreitamento do hiato entre as capacidades tecnológicas das empresas de economias em desenvolvimento e suas congêneres em economias avançadas, ou seja, abordam o *catch-up* tecnológico como

consequência imediata da acumulação de capacidades tecnológicas. No entanto, há algumas exceções. Por exemplo, Mlawa (1983), Piccinini (1993), Tremblay (1998) e Jonker, Romijn e Szirmai (2006) indicam uma associação positiva entre capacidades tecnológicas *correntes* e o aprimoramento de indicadores específicos de *performance* operacional. Avançando em relação a esses estudos, Figueiredo (2002) sugere que a maneira como empresas acumulam suas capacidades tecnológicas influencia o modo como aprimoram uma ampla variedade de indicadores relacionados ao desempenho competitivo de empresas.

Porém, durante os últimos anos, têm sido escassos os estudos que examinam as implicações da acumulação de tipos e níveis de capacidades tecnológicas para o aprimoramento de uma ampla variedade de indicadores de *performance* operacional, em âmbito de empresas no contexto de economias em desenvolvimento e emergentes. Por isso, o objetivo deste artigo é contribuir para reduzir essa lacuna na literatura, examinando a seguinte questão de pesquisa: qual é o papel da acumulação de capacidades tecnológicas no aprimoramento da *performance* operacional em nível de empresa? Para responder a essa pergunta, o presente estudo baseia-se em evidências empíricas de primeira mão, colhidas a partir de extensivos trabalhos de campo na empresa química Clariant no Brasil, durante o período de 1980 a 2007.

A seguir é apresentada a base conceitual do artigo. Posteriormente são descritos o contexto empírico e o método do estudo, bem como mostradas as evidências do artigo. Finalmente, têm-se as discussões e conclusões da análise e algumas recomendações do estudo.

2. Acumulação de capacidades tecnológicas e aprimoramento de *performance* operacional

As subseções seguintes trazem uma abordagem conceitual sobre a acumulação de capacidades tecnológicas em empresas de economias em desenvolvimento e emergentes, e seus potenciais impactos sobre a performance operacional, bem como a descrição da operacionalização dos constructos do estudo.

2.1. Abordagem conceitual

Empresas que operam em economias em desenvolvimento e emergentes (*latecomers*) podem ser caracterizadas, em sua maioria, como "inicialmente imitativas", independentemente de quão deslocadas elas se encontram de mercados e de fontes de

tecnologia (BELL; FIGUEIREDO, 2012). Essas empresas precisam, primeiramente, familiarizar-se com os vários modos de aquisição de conhecimento para aprender como implementar atividades de produção e também como engajar-se em atividades inovadoras, por meio da acumulação de capacidades tecnológicas (BELL; PAVITT, 1993; KIM, 1998).

De acordo com Bell e Pavitt (1993; 1995), capacidades tecnológicas de empresas envolvem um estoque de recursos que permitem a tais empresas implementar atividades de *produção* e diferentes graus de atividades de *inovação,* ou seja, para *mudar* tecnologias existentes. Estas capacidades envolvem a natureza do capital humano (por exemplo, profissionais especialistas, bases de conhecimento e talentos, que são formal e informalmente alocados dentro de unidades organizacionais específicas, projetos e times de trabalho) e aspectos organizacionais (arranjos internos e externos da empresa, tais como suas rotinas e unidades organizacionais e sistemas gerenciais).

Assim, alinhando-se a estudos anteriores (BELL; PAVITT, 1993, 1995; CHOUNG; HWANG; YANG, 2006), este artigo distingue dois tipos de capacidades tecnológicas: as de *produção* e as *inovadoras*. As primeiras são aquelas que permitem às empresas usar tecnologias e sistemas de produção existentes, ou seja, são os recursos necessários para realizar atividades de produção de bens ou serviços com dado grau de eficiência. Já as capacidades tecnológicas inovadoras possibilitam às empresas implementar diferentes tipos e graus de atividades inovadoras, estando relacionadas aos recursos necessários para gerar e gerir mudanças tecnológicas, em termos de inovações em processos, produtos, sistemas técnico-físicos, serviços e na organização.

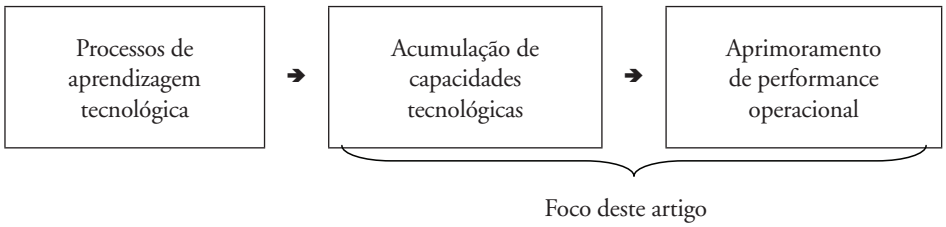
No que diz respeito à inovação, a perspectiva adotada neste artigo alinha-se àquela desenvolvida por Schumpeter (1942) e aos estudos neoschumpeterianos (DOSI, 1988; KLINE; ROSENBERG, 1986; NELSON; WINTER, 1982), que envolvem a recombinação de conhecimentos existentes e, mais especificamente: a introdução de um novo bem ou serviço ou uma nova característica em um produto; a introdução de um novo método de produção; a abertura de um novo mercado, ainda inédito para a empresa; e a conquista de uma nova fonte de matéria-prima ou produtos semimanufaturados, independentemente se essa fonte já existe ou foi recentemente criada. Finalmente, a inovação é entendida como um *processo* e não como evento isolado (PAVITT, 1991). Logo, a ideia de classificar empresas segundo uma perspectiva "binária" de "empresa inovadora" ou "não inovadora" é limitada e equivocada. Aliás, esse entendimento de inovação como um contínuo de atividades com crescentes *graus de novidade* é particularmente importante para compreendermos

o processo de inovação em empresas que operam em economias em desenvolvimento e emergentes (BELL; FIGUEIREDO, 2012).

Assim, este artigo apoia-se em uma ampla ideia de inovação, que abrange a implementação de mudanças em produtos/serviços, processos e sistemas organizacionais e gerenciais – da iniciação à adaptação menor para a avançada –, que podem ser novos no contexto local e não necessariamente novos para o mundo, bem como o desenho e o desenvolvimento de novos sistemas globais. Desse modo, e reiterando, a inovação consiste em um processo e não em simples episódios. Tal processo envolve a resolução de problemas em torno de tipos diferentes de atividade, os quais contam com o estoque de capacidades das organizações (DOSI, 1988; NELSON; WINTER, 1982).

A maneira como as empresas acumulam suas capacidades tecnológicas impacta na sua *performance* competitiva (BELL; PAVITT, 1993; HOLLANDER, 1965; PENROSE, 1959) e, especificamente, o alcance de desempenho distintivo está associado aos tipos e níveis de capacidades tecnológicas que as firmas acumulam, os quais permitem a elas implementar atividades de produção e, principalmente, de inovação (DOSI, 1988; BELL; PAVITT, 1993; LALL, 1992; PAVITT, 1991). Em suma, a acumulação de capacidades tecnológicas de produção e, especialmente, de inovação parece jogar um papel fundamental na *performance* competitiva de empresas. Assim, apoiando-se nas abordagens apresentadas e em relação à questão de pesquisa previamente mencionada, este artigo argumenta que, conforme a empresa acumula níveis progressivamente mais inovadores de capacidades tecnológicas, geram-se impactos positivos em termos de aprimoramento de sua *performance* operacional. Esse relacionamento, que constitui a base conceitual do artigo, está representado na Figura 1.

FIGURA 1
Base conceitual do artigo



Fonte: Adaptado de Figueiredo (2002).

Entretanto, reconhece-se que, além das capacidades tecnológicas, outros fatores podem contribuir, ainda que indiretamente, para a maneira como as empresas aprimoram ou não a sua *performance* operacional, como, por exemplo, os

processos de aprendizagem tecnológica, o estilo da gestão, a estratégia empresarial e o comportamento da liderança, bem como fatores externos, tais como políticas governamentais para desenvolvimento industrial, qualidade das infraestruturas para apoio à inovação tecnológica e condições macroeconômicas (BELL; PAVITT, 1995; BELL; FIGUEIREDO, 2012; LALL, 1992). Esses fatores externos e internos estão, porém, fora do escopo deste trabalho. O fato de este artigo não examinar a influência de fatores outros que não a capacidade tecnológica constitui uma de suas principais limitações.

2.2. Operacionalização dos constructos

2.2.1. Capacidades tecnológicas

É utilizada a definição de capacidades tecnológicas de Bell e Pavitt (1993, 1995) e, para a operacionalização desse constructo, emprega-se a taxonomia compreensiva, que se baseia em uma escala de níveis de capacidades tecnológicas (LALL, 1992; BELL; PAVITT, 1995; FIGUEIREDO, 2001). Essa taxonomia expressa os níveis de capacidades com base na natureza das *atividades* que a empresa é capaz de realizar tecnologicamente e sugere que a acumulação das capacidades tecnológicas ocorre em *estágios* que evoluem de básicos para intermediários a avançados. Para avaliar os níveis de acumulação de capacidades em cada uma das principais funções tecnológicas da empresa, a taxonomia baseia-se em uma estrutura matricial que diferencia as capacidades de produção das capacidades inovadoras, sendo que as colunas identificam as funções tecnológicas e as linhas mostram os níveis de novidade e dificuldade (LALL, 1992; FIGUEIREDO, 2001). A taxonomia capta atividades tecnológicas de nível mais básico (produção), níveis intermediários a avançados de inovação, tais como aquelas baseadas em atividades de engenharia, que são de grande relevância, porém tendem a ser negligenciadas pela literatura ou mesmo pelas políticas públicas (PATEL; PAVITT, 1994), até as atividades de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) com grau de novidade mundial.

O Quadro 1 apresenta a taxonomia para aplicação empírica na empresa estudada neste artigo. O modelo empregado é constituído de quatro colunas, que mostram as capacidades tecnológicas por função tecnológica, e sete linhas, que apresentam os níveis de dificuldade e de novidade, medidos pelo tipo de atividade que a empresa é capaz de realizar por si mesma em diferentes intervalos de tempo (FIGUEIREDO, 2009). A fim de evitar avaliações de natureza "subjetiva" acerca

dos níveis de capacidades tecnológicas alcançados pela empresa em estudo, tal avaliação precisa ser substanciada por evidências concretas (fatos) que comprovem que a empresa é capaz de realizar certa atividade tecnológica, com determinado grau de novidade e complexidade. A adaptação e validação dessa taxonomia para descrição de capacidades tecnológicas (Quadro 1) baseou-se em intensivas interações com especialistas da indústria química.

Com relação a essa taxonomia para medição de capacidades tecnológicas, é relevante esclarecer que:

- a taxonomia não pressupõe que todas as unidades de uma mesma empresa necessariamente se capacitem em uma sequência linear;
- a taxonomia não pressupõe que as capacidades sejam acumuladas e sustentadas (ou debilitadas) ao mesmo tempo e à mesma velocidade para as diferentes funções tecnológicas;
- para certa função tecnológica, pode-se alcançar uma profundidade de capacidade tecnológica, enquanto, em outra função, pode-se acumular um nível mais superficial;
- é possível uma empresa acumular partes de certas capacidades inovadoras sem que a acumulação de suas capacidades operacionais esteja consolidada, o que é denominado acumulação *incompleta.*

Ainda com respeito à operacionalização da métrica para aferição de capacidades tecnológicas, dois atributos adicionais foram incluídos neste estudo: o cálculo de índices agregados de capacidade tecnológica; e a mensuração de velocidade (ou *timing*) de acumulação de níveis específicos de capacidades tecnológicas. Para examinar de forma quantitativa os níveis de capacidades tecnológicas acumulados pela empresa para as diferentes funções tecnológicas e em relação ao aprimoramento de *performance* operacional, foi adotado o cálculo de índices de capacidade tecnológica, tal como realizado em Figueiredo (2010), conseguindo-se, assim, avaliar a evolução apresentada pela empresa estudada ao longo do período examinado.

Esses índices representam uma importância relativa de cada função tecnológica e foram desenvolvidos especificamente para aplicação no presente estudo. Eles definem um valor para cada função tecnológica, sendo dado um maior valor àquelas funções fortemente relacionadas com o processo produtivo, por se tratar de uma indústria intensiva em processo e capital. Além disso, existe uma equivalência entre os índices de capacidade tecnológica e os respectivos níveis de capacidade tecnológica apresentados no Quadro 1. A Tabela 1 traz os índices correspondentes às capacidades tecnológicas por função tecnológica para a empresa em estudo. Visando um maior refinamento

QUADRO 1

Métrica ilustrativa para aferição de acumulação de capacidades tecnológicas em empresas relacionadas à indústria química

Níveis de capacidades tecnológicas	Funções tecnológicas e atividades relacionadas			
	Engenharia de projetos	**Processos e organização da produção**	**Atividades centradas em produtos**	**Atividades relacionadas a equipamentos**
Capacidades tecnológicas inovadoras				
Nível 7: inovador avançado	Engenharia de classe mundial. Novos desenhos de processos e P&D relacionados. Desenvolvimento de novos sistemas de produção via P&D.	Projeto e desenvolvimento de novos processos baseados em E e P&D.	Desenho e desenvolvimento de produtos em classe mundial. Desenho original via E e P&D.	Desenho e manufatura de equipamentos de classe mundial. P&D para novos equipamentos e componentes.
Nível 6: inovador intermediário superior	Engenharia básica da planta inteira. Provisão sistemática de assistência técnica em engenharia de projetos.	Engajamento em processos de inovação baseados em P&D e E.	Adição de valor a produtos desenvolvidos internamente. Desenho e desenvolvimento de PQs extracomplexos e de alto valor agregado.	Contínua engenharia básica e detalhe de equipamento para planta inteira de PQs e/ou componentes para outras indústrias. Assistência técnica para outras empresas.
Nível 5: inovador intermediário	Engenharia básica de plantas individuais. Expansão da planta sem assistência técnica. Provisão intermitente de assistência técnica.	Aprimoramento contínuo de processo. Desenho de sistemas automatizados estáticos. Integração de sistemas automatizados de processo e PCP.	Aprimoramento contínuo em especificações próprias. Desenho, desenvolvimento, produção e comercialização de PQs complexos e de alto valor sem assistência técnica.	Contínua engenharia básica e de detalhe e construção de plantas individuais. Manutenção preventiva.
Nível 4: inovador pré-intermediário	Engenharia de instalações. Expansões tecnicamente assistidas. Engenharia de detalhamento.	Alongamentos sistemáticos de capacidade. Manipulação de parâmetros-chave de processo. Novas técnicas organizacionais.	Aprimoramentos sistemáticos em especificações dadas. "Engenharia reversa" sistemática. Desenho e desenvolvimento de processos tecnicamente assistidos.	Reforma de equipamentos-chave sem assistência técnica. Engenharia reversa de detalhe e básica de equipamentos-chave.
Nível 3: inovador básico	Planejamento de projeto. Estudos de viabilidade tecnicamente assistidos para grandes expansões.	Pequenas e intermitentes adaptações em processos. Eliminação de gargalos. Alongamento de capacidade.	Pequenas adaptações em especificações dadas. Criação de especificações próprias para PQs.	Adaptações pequenas em equipamentos para ajustá-los às matérias-primas locais. Manutenção corretiva.
Capacidades tecnológicas de produção				
Nível 2: operacional renovado	Serviços rotineiros de engenharia na planta nova e/ou existente.	Estabilidade dos processos. Coordenação aprimorada da planta. Obtenção de certificação (ex.: ISO 9002).	Replicação aprimorada de especificações de PQs dados ou próprios. Obtenção de certificação internacional para CQ de rotina.	Manufatura e reposição de componentes (ex.: reatores) sob certificação internacional (ISO 9002).
Nível 1: operacional básico	Preparação inicial de projeto. Sincronização de trabalhos de construção civil e instalações.	Coordenação de rotina na planta. Absorção da capacidade da planta. PCP e CQ básicos.	Replicação de PQs seguindo especificações nacionais e internacionais. CQ de rotina. Fornecimento a mercados de exportação.	Reposição de rotina de componentes de equipamentos. Participação em instalações e testes de performance.

Fonte: Adaptado de Figueiredo (2002) e Tacla e Figueiredo (2006).
Nota: E = Engenharia; PCP = Planejamento e Controle da Produção; CQ = Controle de Qualidade; PQ = Produto Químico.

acerca dos níveis de capacidade tecnológica alcançados pela empresa estudada, foram também considerados níveis incompletos, uma vez que uma empresa pode acumular apenas parcialmente certos níveis de capacidade descritos no Quadro 1.

TABELA 1
Índices agregados de capacidade tecnológica

Níveis de capacidade tecnológica	Engenharia de projetos	Processos e organização da produção	Atividades centradas em produtos	Atividades relacionadas a equipamentos	Índice agregado de capacidade tecnológica
Nível 7: inovador avançado	1,40	2,10	2,10	1,40	7,0
Nível 6: inovador intermediário superior	1,20	1,80	1,80	1,20	6,0
Nível 5: inovador intermediário	1,00	1,50	1,50	1,00	5,0
Nível 4: inovador pré-intermediário	0,80	1,20	1,20	0,80	4,0
Nível 3: inovador básico	0,60	0,90	0,90	0,60	3,0
Nível 2: operacional renovado	0,40	0,60	0,60	0,40	2,0
Nível 1: operacional básico	0,20	0,30	0,30	0,20	1,0

Fonte: Adaptado de Andrade e Figueiredo (2008).
Nota: As células representam níveis inovadores de capacidade tecnológica.

Posteriormente, para realização do processo de mensuração quantitativa e de agregação da capacidade tecnológica da empresa estudada, as evidências relativas a cada uma das funções tecnológicas foram transformadas nos valores definidos na Tabela 1, ao longo do período de tempo examinado (1980-2007). Essa transformação permitiu gerar um índice que expressa o nível de capacidade tecnológica na empresa pesquisada de forma agregada, ou seja, envolvendo as quatro funções tecnológicas examinadas.

Com base nos valores do índice agregado de capacidades tecnológicas ano a ano, foi possível construir sua trajetória e proceder a uma comparação com os níveis atingidos por cada função tecnológica, independentemente do período. O exame dessas trajetórias permitiu o estudo do comportamento de acumulação de

capacidades ao longo do tempo e a associação com indicadores de *performance* considerados no estudo.

Seguindo estudos anteriores (ARIFFIN, 2010; FIGUEIREDO, 2002; TACLA; FIGUEIREDO, 2006), a taxa ou velocidade de acumulação dessas capacidades é medida pelo número de anos que a empresa leva para alcançar certo nível de capacidade. Especificamente, a velocidade para alcançar um nível de capacidade tecnológica mais alto a partir de um nível inferior é medida em anos. Por exemplo, a empresa inicia, no ano X, uma atividade correspondente ao nível 1 de determinada função tecnológica; no ano Y, essa mesma empresa inicia outra atividade do nível 3 daquela mesma função tecnológica. Logo, a velocidade com que a empresa avançou do nível 1 para o 3 foi de Y - X anos.

2.2.2. *Performance* operacional

Durante o trabalho de campo realizado na empresa em estudo, emergiram as informações descritas no Quadro 2, que se mostraram relevantes para a operacionalização do constructo "*performance* operacional". Tais informações são utilizadas para a construção de indicadores que auxiliam no processo de tomada de decisão no campo estratégico e, em alguns casos, podem ser utilizados para a definição do local (unidade) onde será produzido determinado produto, em substituição a outra unidade que não apresente *performance* competitiva adequada.

QUADRO 2
Informações usadas para a construção dos indicadores de performance operacional

Descrição	Unidade	Período de disponibilidade
Número médio de colaboradores no ano	Homem	1982 a 2007
Produção anual	Toneladas	1980 a 2007
Consumo de água	m³/ano	1995 a 2007
Consumo de energia elétrica	GJ/ano	1995 a 2007
Índice de qualidade	kg rejeitado/kg vendido (%)	2000 a 2007
Exportações	Toneladas/mês	2001 a 2007

Fonte: Derivado do estudo empírico.

A partir dos dados disponibilizados, foram construídos os indicadores apresentados no Quadro 3 e, com base na natureza do dado de origem do indicador construído, foi possível agrupar os indicadores em termos de natureza técnica e comercial.

QUADRO 3
Indicadores de performance operacional usados neste estudo

Tipo de indicador	Descrição do indicador	Unidade	Período de cobertura
Técnicos	Consumo específico de água	m³/tonelada ano	1995 a 2007
	Consumo específico de energia elétrica	GJ/tonelada ano	1995 a 2007
	Produtividade do trabalho	Toneladas/homem	1982 a 2007
Comerciais	Índice de qualidade	kg rejeitado/kg vendido (%)	2000 a 2007
	Percentual da produção exportada	t exportada/t produzida (%)	2001 a 2007

Fonte: Derivado do estudo empírico.

3. Contexto empírico e método do estudo

O estudo subjacente a este artigo centra-se na empresa Clariant S.A. – Unidade Industrial Duque de Caxias (conhecida como Rioquima), Rio de Janeiro, Brasil, na qual foram realizadas entrevistas entre dezembro de 2007 e janeiro de 2008. As atividades da unidade Rioquima começaram em 1912, com a fundação da empresa Naegeli & Cia. – a primeira indústria de anilinas na América Latina. Nos anos 1950, a produção já atingia níveis recordes no Brasil, embora concentrada ainda em corantes azoicos solúveis e preto ao enxofre em pó, todos direcionados ao mercado têxtil. Em 1983, a empresa foi adquirida pelo grupo Sandoz, um grande grupo multinacional de origem Suíça, que objetivava assumir a liderança mundial na fabricação de corantes à base de enxofre. Hoje integra o grupo Clariant S.A., uma das maiores corporações internacionais no campo da química. Sua linha de produção continua sendo a do corante têxtil, à base de enxofre, e exporta para vários países do mercado europeu, os Estados Unidos e a Oceania.

Para examinar a questão de pesquisa subjacente ao artigo, a abordagem metodológica baseou-se no método do estudo de caso individual (YIN, 2005), a partir da escolha deliberada de uma organização que fornece evidências suficientes para substanciar as questões de pesquisa (PATTON, 1990). Ao adotar o estudo de caso individual, este artigo demonstra, obviamente, sua preocupação em não gerar generalizações estatísticas sobre seus resultados, mas uma generalização analítica (YIN, 2005), ou seja, aquela voltada para o entendimento da relação entre as variáveis examinadas nas questões da pesquisa. Assim, foi necessária a coleta de evidências, principalmente qualitativas, sobre as atividades tecnológicas e os vários indicadores de performance operacional da empresa em diferentes pontos no tempo. Foram realizadas 26 entrevistas semiestruturadas com ex-diretores, diretores, gerentes e supervisores da empresa, tendo sido a maioria gravada e posteriormente transcrita, e um resumo foi submetido aos entrevistados para aprovação. Evidências secundárias foram obtidas por meio de consulta a arquivos e documentos e/ou publicações das empresas e de associações industriais.

4. Evidências do estudo

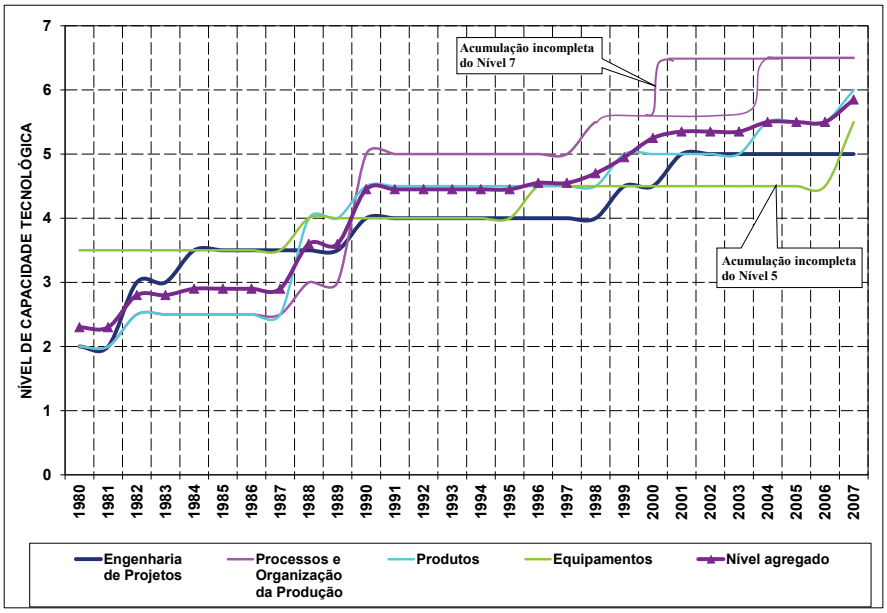
4.1. Acumulação de capacidades tecnológicas na empresa estudada

As evidências encontradas sugerem que a empresa acumulou plenamente as capacidades tecnológicas de produção, bem como atingiu níveis avançados das capacidades tecnológicas inovadoras nas seguintes funções: *engenharia de projetos* – nível 5 (inovador intermediário); *processos e organização da produção* – nível 7 (inovador avançado) de maneira incompleta; e *atividades centradas em produtos* – nível 6 (inovador intermediário superior). Já para a função *atividades relacionadas a equipamentos*, os níveis 5 e 6 foram atingidos de forma incompleta. O Gráfico 1 apresenta a evolução da acumulação de níveis de capacidades tecnológicas da Rioquima, pela perspectiva de cada função específica e pela perspectiva do agregado das funções, calculado com base nos índices definidos na seção 2 (Tabela 1).

Observa-se, na trajetória de acumulação de capacidades tecnológicas da Rioquima, a existência de períodos de grandes alterações (saltos de níveis de capacidades tecnológicas), seguidos por outros de pouca ou nenhuma movimentação (patamares). Tomando por base a curva correspondente ao nível agregado, as fases podem ser agrupadas em três: 1980-1990; 1990-2001; e 2001-2007. Essa segmentação coincide com marcos

importantes na trajetória da empresa, especialmente em 1990 e 2001: no primeiro ano, a Sandoz (hoje Clariant) assumiu a gestão completa da empresa e o governo Collor introduziu as reformas que representaram a mudança no regime industrial brasileiro, do protecionismo à liberalização comercial; e, no segundo, a Rioquima iniciou o projeto de *upgrade* do G-17, que é sua principal unidade produtiva, na qual se efetua a etapa final de produção dos corantes, sendo uma das principais responsáveis pelo aumento da competitividade da empresa nos mercados interno e externo.

GRÁFICO 1
Níveis de acumulação de capacidade tecnológica, com base em índices, para funções específicas e para o agregado das funções na Rioquima 1980-2007



Fonte: Derivado do estudo empírico.

Também se verifica, no Gráfico 1, a direção priorizada pela empresa, especialmente após 1988, quando os níveis de capacidade tecnológica das funções *atividades centradas em produtos* e *processos e organização da produção* superaram o nível agregado. O Quadro 4 apresenta o ano em que a Rioquima desempenhou atividades que refletem níveis específicos de capacidade tecnológica para cada uma das funções analisadas, durante todo o período examinado (1980-2007), segundo a métrica aqui adotada. Observa-se que, em 1980, já tinham sido atingidos os ní-

veis 1 e 2 de todas as funções tecnológicas. Não se pode, contudo, afirmar quanto tempo foi necessário para que a empresa acumulasse por completo tais capacidades, diferentemente de outros estudos (ANDRADE; FIGUEIREDO, 2008; TACLA; FIGUEIREDO, 2006), que examinaram a acumulação tecnológica desde a fundação da empresa. A ausência desse dado, no presente estudo, justifica-se pela dificuldade de obtenção das evidências empíricas anteriores a 1980. Na função *atividades relacionadas a equipamentos*, a Rioquima já desempenhava atividades inovadoras e não se investigou, pelas mesmas razões, quando tais atividades foram de fato iniciadas. As evidências também sugerem a acumulação incompleta de certos níveis de capacidades tecnológicas; por exemplo, na função *processos e organização da produção*, em 2000, a empresa ainda não havia completado a acumulação no nível 6 e já desenvolvia algumas atividades do nível 7. O mesmo fenômeno ocorreu na função *atividades relacionadas a equipamentos*, durante 2007, quando o nível 5 não havia sido completamente acumulado e a empresa já desenvolvia algumas atividades relacionadas com o nível 6 de capacidade tecnológica.

QUADRO 4
Acumulação de capacidades tecnológicas para funções específicas na Rioquima 1980-2007

Níveis de capacidade tecnológica	Engenharia de projetos	Processos e organização da produção	Atividades centradas em produtos	Atividades relacionadas a equipamentos
Capacidades inovadoras				
Nível 7: avançado	Não atingido	Incompleto (2000)	Não atingido	Não atingido
Nível 6: intermediário superior (1)	Não atingiu	2004	2007	Incompleto (2007)
Nível 5: intermediário (1)	2001	1990	1999	Incompleto (1996)
Nível 4: pré-intermediário (1)	1990	1990	1988	1988
Nível 3: básico (1)	1982	1988	1988	1980
Capacidades operacionais				
Nível 2: operacional renovado (1)	1980	1980	1980	1980
Nível 1: operacional básico (1)	1980	1980	1980	1980

Fonte: Derivado do estudo empírico.
(1) Nível incompleto.

As funções *processos e organização da produção* e *atividades centradas em produtos* iniciaram suas atividades inovadoras no mesmo ano (1982) e seguiram uma trajetória similar até 1990, quando houve um leve descolamento. Além disso, ambas atingiram o nível 6 de capacidade tecnológica com pequena diferença na velocidade (três anos, em um total de 27 anos), sendo que a primeira foi um pouco mais além, alcançando o nível 7 de maneira incompleta. O mesmo não se pode afirmar para as duas outras funções tecnológicas (*engenharia de projetos* e *atividades relacionadas a equipamentos*), que se encontram estacionadas no entorno do nível 5. Os tempos necessários para a Rioquima chegar a níveis elevados de capacidade tecnológica (nível 6 – inovador intermediário superior) em ambas as funções, *processos e organização da produção* e *atividades centradas em produtos* (24 e 27 anos, respectivamente), devem ser analisados com cautela, dado que o ponto de partida para a contagem não coincide com o ano de fundação da empresa.

Já o nível 4 de capacidade tecnológica na função *engenharia de projetos*, iniciado em 1984 e completado em 1990, permitiu que a Rioquima desenvolvesse projetos voltados para o aumento da produtividade e da segurança operacional (por exemplo, implantação de uma nova unidade de produção de polissulfeto de sódio e *upgrade* da unidade de produção de dinitroclorobenzeno – DNCB), assim como para a implantação de uma estação de tratamento de efluentes, necessária à manutenção das atividades da empresa. Por fim, o longo tempo de permanência da função *atividades centradas em produtos* no nível 5 pode estar associado à estratégia defensiva adotada pela empresa logo após o processo de abertura econômica brasileira em 1990. Contudo, esse nível contribuiu para o desenvolvimento de produtos de menor custo (*preto RDT*, em 1995) e de maior valor agregado (*preto VSL 200*, em 1998, e *preto 4G EV*, em 2000). Esses dois últimos foram de grande relevância para o aumento da produtividade dos clientes têxteis e contribuíram para o acúmulo de margens necessárias para a modernização da fábrica em 2001/2002.

4.2. Implicações da acumulação de capacidades tecnológicas para o aprimoramento da *performance* operacional na empresa em estudo

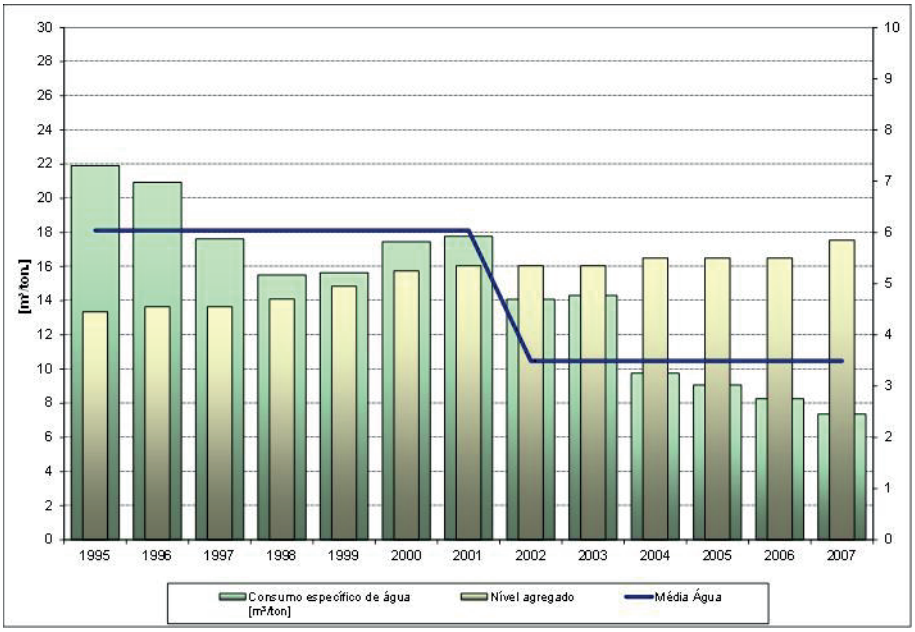
Esta subseção examina o aprimoramento em *performance* operacional na empresa em estudo como consequência da acumulação de suas capacidades tecnológicas. A *performance* operacional é examinada com base em indicadores organizados em duas categorias (Quadro 3).

4.2.1. Indicadores de natureza técnica

4.2.1.1. Consumo específico de água

O consumo específico de água é definido como a razão entre o consumo anual de água em metros cúbicos (m^3) e a produção anual em toneladas (t). Sua avaliação pode permitir a associação com alterações no processo produtivo, redução das perdas com reprocessamentos, assim como alterações em padrões comportamentais, evitando desperdícios (Gráfico 2).

GRÁFICO 2
Evolução do consumo específico de água *versus* nível agregado de capacidades tecnológicas acumulado pela Rioquima
1995-2007



Fonte: Derivado do estudo empírico.

Em outras palavras, o consumo específico de água guarda uma relação com os produtos cuja produção foi priorizada a partir de 1999 – o *preto VSL 200* (produto mais concentrado), em detrimento do *preto RDT* –, o que explicaria uma queda no consumo específico de água. Já a partir de 2000, o *preto 4G EV* foi priorizado

em função do apelo ecológico e do ganho de produtividade para o cliente. Esse corante apresenta um maior consumo específico de água, dado o seu processo de fabricação, o que explica uma pequena elevação do indicador em 2000 e 2001, sendo que esse consumo voltou a cair quando o *preto VSL 200* teve a sua comercialização priorizada novamente.

Outro fator relevante para a redução do indicador, especialmente depois de 2002, foi o projeto de *upgrade* do G-17, que promoveu importantes modernizações das instalações de utilidades. O sistema de refrigeração foi substituído, reduzindo o consumo de água nas torres de resfriamento, e o sistema de distribuição de vapor e retorno de condensado também foi aprimorado, permitindo um uso mais racional do vapor e, consequentemente, da água. Adicionalmente, foram implantados pela Rioquima programas institucionais de caráter educativo-comportamental, com o propósito de conservação de energia, muito em função da crise energética iniciada em 2001.

É importante destacar que, nesse período, a Rioquima acumulou elevados níveis de capacidades inovadoras (foram completados o nível 5, na função *engenharia de projetos*, e o nível 6, nas funções *processos e organização da produção* e *atividades centradas em produtos*, e atingiu-se o nível 6 incompleto, em *atividades relacionadas a equipamentos*). Logo, a redução de mais de 44% no valor médio do indicador, quando comparado o período de 1995 a 2001 com o de 2002 a 2007, conforme apresentado no Gráfico 2, permite sugerir que existe uma estreita relação entre o acúmulo de capacidades tecnológicas e o aprimoramento do indicador em estudo.

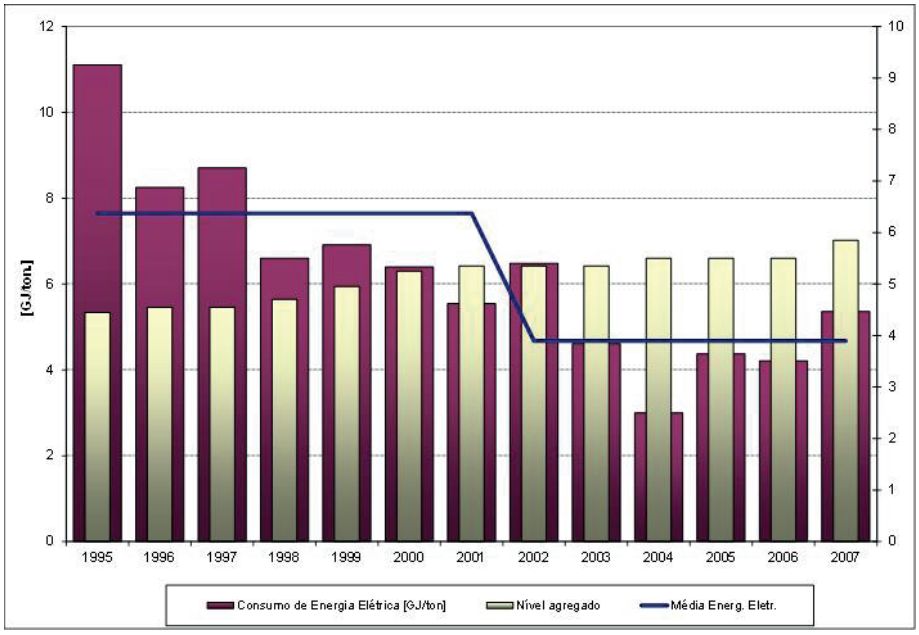
Uma análise mais apurada da variação do *consumo específico de água* requer dados relacionados com os tipos e volumes de produtos fabricados ao longo do período de análise, o que permitiria uma conclusão consistente por meio da relação entre o tipo de produto, o teor de água no produto final (concentração) e o consumo específico de água no processo produtivo. No entanto, os dados disponibilizados não permitem uma conclusão definitiva, mas sim uma indicação de tendência.

4.2.1.2. Consumo específico de energia elétrica

Este indicador é definido como a razão entre a quantidade de energia elétrica consumida no ano, medida em gigajoules (GJ), e a produção em toneladas de produto final por ano, estando diretamente associado ao aspecto operacional de toda a unidade. Sua avaliação pode permitir a associação com melhorias em processos

produtivos e gerenciais, reduções de perdas de processo e alterações em padrões comportamentais (Gráfico 3).

GRÁFICO 3
Evolução do consumo específico de energia elétrica *versus* nível agregado de capacidades tecnológicas acumulado pela Rioquima
1995-2007



Fonte: Derivado do estudo empírico.

Conforme já mencionado, no período de 1995-2007, a Rioquima atingiu elevados níveis de capacidades tecnológicas em todas as funções analisadas e o indicador em questão guarda relação, em maior ou menor grau, com todas essas funções que compõem o presente estudo. Em outras palavras, o consumo específico de energia elétrica pode ser influenciado pelo aprimoramento nos equipamentos consumidores, pela utilização de processos mais eficientes, pelo aumento da escala de produção, pela implementação de novos padrões comportamentais, pela simples eliminação ou redução de desperdícios, pela conservação adequada dos equipamentos, entre outras tantas possíveis medidas.

Nesse período (1995-2007), um dos principais fatores de redução desse indicador estava associado aos programas de economia de energia elétrica estimulados pela anunciada crise energética, em 2001. Os investimentos em modernização das

utilidades (sistemas de vapor, água gelada, etc.), o nível de acumulação de capacidades tecnológicas – especialmente na função *atividades relacionadas a equipamentos*, com a introdução da manutenção preditiva – e os projetos de modernização das instalações do G-17 (2002) contribuíram para uma substancial redução na média de consumo específico de energia elétrica, correspondente a quase 40%, quando comparado o período de 1995 a 2001 com o de 2002 a 2007. Dessa forma, é razoável afirmar que esse indicador não teria sido aprimorado se a empresa não tivesse acumulado os níveis inovadores de capacidade tecnológica, especialmente nas funções *processos* e *equipamentos*.

4.2.1.3. Produtividade do trabalho

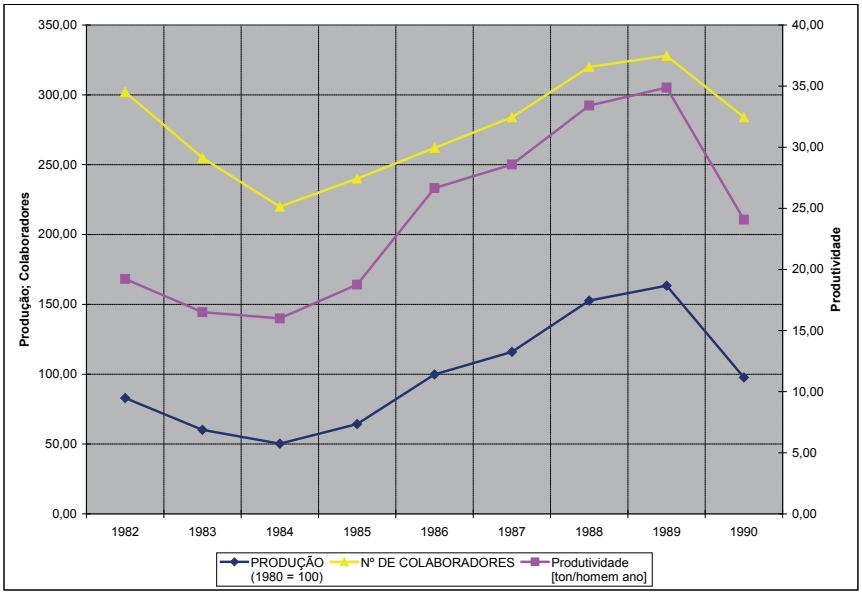
Para um melhor exame das implicações da acumulação de capacidades tecnológicas no indicador *produtividade do trabalho*, julgou-se necessário identificar a principal fonte causadora da sua variação, em dois períodos distintos (1982-1990 e 1990-2007), conforme os Gráficos 4 e 5: a variação da quantidade produzida ou a variação do número de colaboradores. Identificando o principal agente causador da variação desse indicador, foi possível avaliar qual função tecnológica teve maior influência no período em análise.

Para interpretar o comportamento desse indicador, devem ser considerados alguns fatores: (i) no período analisado, houve uma forte crise econômica que provocou o pior nível de produção (1983-1985) desde 1980, seguida de um período de forte reaquecimento das vendas (1988-1989), que resultou, respectivamente, no quarto e no terceiro melhores volumes de produção desde 1980, superados somente em 2006 e 2007, acarretando forte flutuação da mão de obra alocada; (ii) não houve investimento em aumento de capacidade produtiva, mas sim na verticalização da produção, com os projetos de implantação de produtos intermediários; (iii) a produção da Rioquima era pouco (ou quase nada) automatizada, significando grande dependência do fator humano; (iv) os processos produtivos dos corantes fabricados na empresa não eram contínuos (e, sim, em bateladas),[1] propiciando a supressão ou implementação, conforme a necessidade, de um ou mais turnos (jornadas) de trabalho, assim como de jornadas de trabalho nos fins de semana; e (v) as instalações eram fixas e estavam disponíveis para a produção a qualquer momento, ou seja,

1 Processo em batelada (ou descontínuo) ocorre quando o produto final é obtido em uma quantidade determinada após todo o ciclo de produção.

um incremento no número de colaboradores (ou no número de horas trabalhadas) podia significar um substancial incremento no volume de produção.

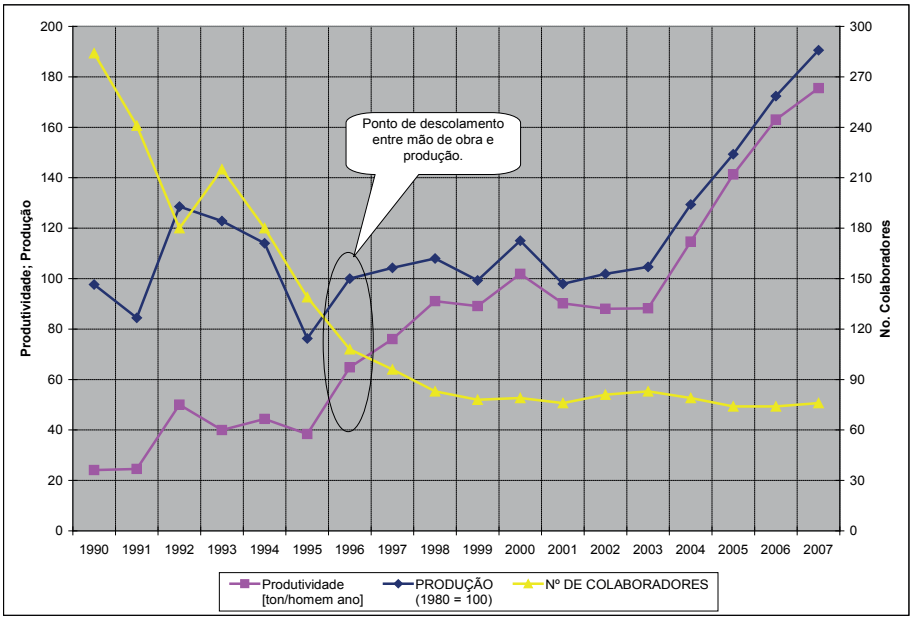
GRÁFICO 4
Evolução da produtividade do trabalho, produção e colaboradores na Rioquima 1982-1990



Fonte: Derivado do estudo empírico.

Logo, parece razoável que o indicador *produtividade do trabalho* varie positivamente com a variação positiva da mão de obra, da mesma forma que varia positivamente com a variação positiva do volume de produção, nesse período de análise. Os grandes saltos de níveis de capacidades tecnológicas concentraram-se entre 1988 e 1990, estando relacionados com o acúmulo de níveis nas funções *processos e organização da produção* e *atividades centradas em produtos*, com o Programa Informações Técnicas, que consistiu no levantamento detalhado da influência de cada uma das variáveis de processo nas características e na qualidade dos produtos finais. Por sua vez, a função *engenharia de projetos* contribuiu no início do período (1982 a 1984), com a implantação dos projetos de verticalização da produção, o que normalmente colabora de forma negativa para a produtividade do trabalho. Já a função *atividades relacionadas a equipamentos* manteve-se estável e, portanto, não teve influência no indicador em questão.

GRÁFICO 5
Evolução da produtividade do trabalho, produção e colaboradores na Rioquima 1990-2007



Fonte: Derivado do estudo empírico.

A Rioquima iniciou esse período sob uma nova gestão, desenvolvendo atividades inovadoras em quase todas as funções tecnológicas. A exceção ficou por conta da função *engenharia de projetos*, que somente atingiu um nível de capacidade tecnológica inovadora (nível 4 incompleto) em 1999, com a implantação de um projeto para absorção e recuperação de gases como insumo de produção. Os níveis de capacidades tecnológicas atingidos permitiram à empresa executar atividades relacionadas com o princípio JIT, gestão pela qualidade total (TQM/C), normas ISO 9000 e 14000, aprimoramento contínuo, gestão matricial, utilização de sistemas corporativos (*Enterprise Resource Plannings* – ERPs), normas e procedimentos relacionados com a segurança operacional, desenvolvimento e aprimoramento de produtos e processos, manutenção preventiva e preditiva, entre outras atividades. Contudo, os ganhos na produtividade do trabalho parecem também estar relacionados com outras medidas implementadas pela gestão da Sandoz (posteriormente, Clariant). A partir de 1990, o grupo Clariant adotou uma estratégia defensiva para a unidade Rioquima, com a redução da variedade de produtos, transferência da produção de alguns

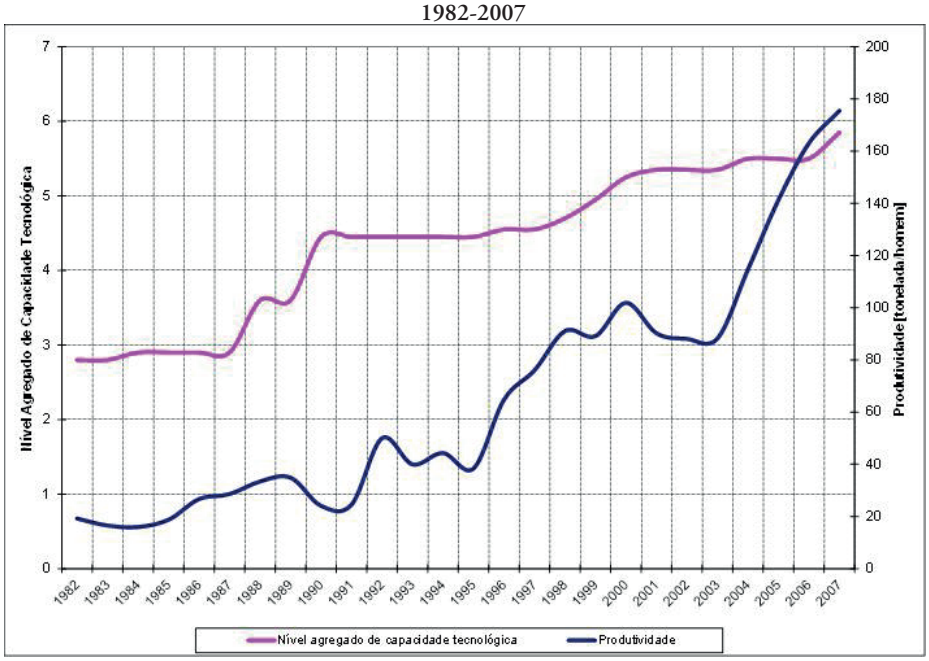
produtos para outras unidades do grupo (Espanha), desverticalização da produção de intermediários (aquisição no mercado externo e/ou produção em outra unidade fabril – Resende) e externalização de parte das atividades da manutenção e projetos.

Embora a Rioquima tenha acumulado elevados níveis de capacidades tecnológicas inovadoras ao longo do período 1990-2007 (nível 5 em *engenharia de projetos,* nível 7 incompleto e complemento do nível 6 em *processos e organização da produção,* nível 6 em *atividades centradas em produtos* e, finalmente, nível 6 incompleto em *atividades relacionadas a equipamentos*), outro grande contribuinte para o aumento da produtividade do trabalho foi o projeto de *upgrade* do G-17, que representou um grande avanço tecnológico para a empresa e, reduzindo o *gap* tecnológico entre ela e as empresas de economias avançadas, colocou-a em condições de igualdade para competir no mercado internacional, com estabilidade e reprodutibilidade nos processos produtivos e substanciais ganhos de produtividade. Nesse sentido, a Rioquima atingiu um índice correspondente a 75% dos valores de produtividade do trabalho praticados por outra empresa do grupo Clariant na Espanha.

Já a partir de 2001, a empresa apresentou um substancial crescimento na produção (praticamente dobrou, em seis anos), acompanhado de um considerável aumento no volume das exportações. Esse crescimento pode, por um lado, estar associado ao aquecimento da economia brasileira e ao encerramento das atividades de outra unidade de produção de corantes de enxofre do grupo (Mount Holly/Estados Unidos), o que pode ter favorecido a participação dos seus produtos no continente americano. Por outro lado, é possível afirmar que o nível de competitividade internacional foi alcançado em decorrência de um substancial esforço no acúmulo de capacidades tecnológicas, especialmente nas funções *atividades centradas em produtos* e *processos e organização da produção* e, em menor grau, na função *engenharia de projetos*, o que proporcionou a melhoria da *performance* da empresa como um todo.

À medida que foram introduzidas novas tecnologias de produção, tanto em termos de sistemas físicos quanto organizacionais, a variação da produção tornou-se cada vez mais independente da variação da mão de obra. Em outras palavras, conforme foram acumuladas capacidades tecnológicas inovadoras, nas diversas funções, a produtividade do trabalho passou a depender quase exclusivamente do volume de produção. Embora se admita a influência de outros fatores externos à empresa, como o desempenho do setor têxtil, impactando no volume de produção da Rioquima, as evidências sugerem uma associação entre o aprimoramento da variável *produtividade da mão de obra* e a acumulação de capacidades tecnológicas da empresa representada pelo nível agregado. O Gráfico 6 mostra a evolução de ambas as variáveis.

GRÁFICO 6
Evolução da produtividade do trabalho versus nível agregado de capacidades tecnológicas da Rioquima 1982-2007



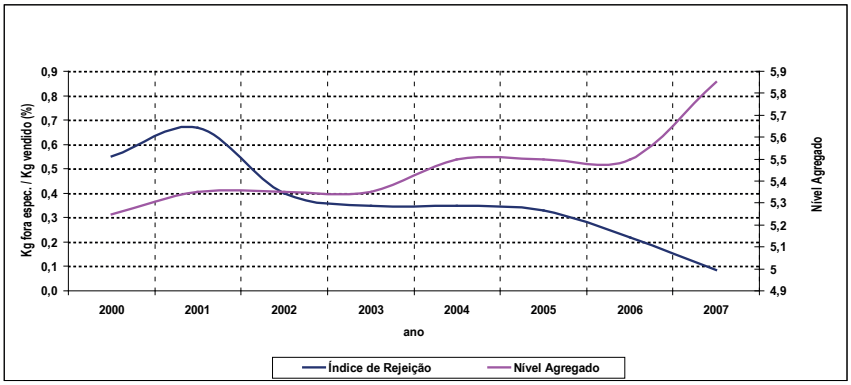
Fonte: Derivado do estudo empírico.

4.2.2. Indicadores comerciais

4.2.2.1. Índice de qualidade

Este indicador é definido como a razão entre a quantidade de produto rejeitado e a quantidade de produto comercializado, em percentual. Tal medida tende a refletir os níveis de capacidades tecnológicas alcançados em termos de qualidade do produto final e de melhorias nos controles de processos. É importante ressaltar que, em 2004, a Rioquima estreitou suas faixas de controle para produtos que não atendem aos padrões de produção e de comercialização (expresso no índice de rejeição), em virtude da padronização a partir de outras empresas do grupo Clariant, especialmente do centro tecnológico na Espanha. Isso ressalta ainda mais a importância do nível de acumulação de capacidades tecnológicas, visto que o índice de rejeição apresenta-se em queda (Gráfico 7).

GRÁFICO 7
Evolução do índice de qualidade na Rioquima
2000-2007



Fonte: Derivado do estudo empírico.

Esses resultados sugerem que as atividades relacionadas com a função *processos e organização da produção*, no que diz respeito à implantação de sistemas de qualidade, podem ter contribuído para um substancial avanço nos valores desse indicador. Em 1999, a Rioquima foi certificada com a ISO 9001; posteriormente, em 2003, foi recertificada na versão 2000; e recentemente, em 2007, foi certificada no sistema integrado de gestão que compreende as normas ISO 9000, ISO 14000 e OHSAS 18000. Desse modo, é possível sugerir que a evolução reflete uma associação com a acumulação de capacidades tecnológicas na empresa, no período examinado, como pode ser observado no Gráfico 7.

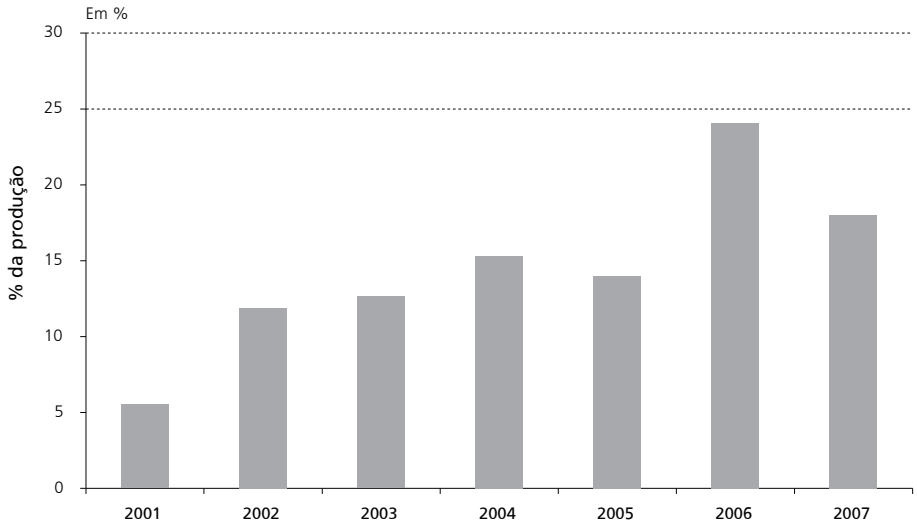
4.2.2.2. Percentual da produção exportada

Este indicador é definido como a razão entre a quantidade anual de produtos exportados (em toneladas) e a produção anual da Rioquima, também em toneladas, ou seja, o crescimento relativo dos volumes exportados, permitindo avaliar a evolução da capacidade competitiva da empresa no mercado internacional, além de servir de termômetro da orientação da sua produção, isto é, se a empresa está voltada para o mercado externo ou para o interno. A evolução desse indicador está representada no Gráfico 8.

Com base nos dados do Gráfico 8, observa-se que a empresa redirecionou parte substancial da sua produção para atendimento ao mercado externo. Esse

direcionamento atingiu um valor próximo de 25% em 2006, o que representa um crescimento de cinco vezes em apenas cinco anos. Ainda, visando a não só reforçar seu posicionamento, como também a ampliar suas fronteiras, a empresa desenhou uma trajetória de acumulação de capacidades tecnológicas voltada para as funções *processos e organização da produção* e *atividades centradas em produtos*, sem, contudo, desconsiderar a importância das demais funções (*engenharia de projetos* e *atividades relacionadas a equipamentos*).

GRÁFICO 8
Evolução do percentual da produção exportada na Rioquima
2001-2007



Fonte: Derivado do estudo empírico.

O mercado explorado é composto por países da América Latina, Indonésia e Austrália, e foi disponibilizado, em parte, pelo encerramento das atividades produtivas da unidade de Mount Holly (Estados Unidos). Para atendê-lo, a Rioquima modernizou suas instalações físicas, adquiriu novos equipamentos de análise e equipamento piloto de desenvolvimento, uniformizou seus procedimentos de padronização de produtos com a unidade Castellbisbal (Espanha), obteve a certificação internacional nas três normas (ISO 9000 versão 2000, ISO 14000 e OHSAS 18000) que compõem o Sistema Integrado de Gestão (SIG) e investiu em automação de processos produtivos e, também, na informatização dos processos administrativos. Tais investimentos possibilitaram a produção de produtos de classe mundial e até o atendimento ao

mercado europeu, quando da interrupção da produção de Castellbisbal, em 2006, o que pode justificar a elevação desse indicador no referido ano.

Em suma, os indicadores relacionados com o volume das exportações e a qualidade dos produtos finais foram avaliados a partir de 2000 e mostraram significativos avanços à medida que foram introduzidas novas técnicas de gestão pela qualidade, via obtenção de certificações em sistemas reconhecidos internacionalmente (ISO 9000 e 14000). Também há evidências de que tais avanços tenham decorrido dos investimentos na modernização física dos laboratórios, incluindo o reator piloto, nas instalações produtivas do G-17 e nas instalações de infraestrutura de utilidades. As evidências sugerem uma forte associação entre o aprimoramento desses indicadores e a acumulação de capacidades tecnológicas na empresa.

5. Discussões e conclusões

Este estudo explorou algumas das implicações da acumulação de capacidades tecnológicas para o aprimoramento de *performance* operacional em nível de empresa. Esse relacionamento foi examinado com base em um estudo de caso individual substanciado por evidências empíricas primárias e de longo prazo, que foram coletadas por meio de um extensivo trabalho de campo. Este estudo examinou as capacidades tecnológicas da empresa com base em uma taxonomia que identifica tipos e níveis de capacidades para funções tecnológicas específicas. As evidências do estudo sugerem que o elevado grau de acumulação de capacidades inovadoras, incorporado tanto nos sistemas físicos quanto no tecido organizacional da empresa, contribuiu substancialmente para os aprimoramentos observados nos indicadores de natureza técnica, especialmente na redução dos valores médios dos consumos específicos de, aproximadamente, 40%.

No caso dos indicadores de natureza comercial (*índice de qualidade* e *percentual da produção exportada*), este estudo obteve os dados somente a partir de 2000. dopara o indicador de qualidade, a falta de dados de períodos anteriores impede que tenhamos afirmações mais conclusivas. Não obstante, as evidências sugerem que, principalmente após o projeto de modernização de suas instalações, em 2001/2002, a empresa tem concentrado seu foco comercial no mercado externo. Essa atuação é sustentada pelo alto desempenho em suas atividades técnicas, que, por sua vez, depende dos elevados níveis de acumulação de capacidades tecnológicas, que permitem aumento da sua *performance* exportadora (40% ao ano, em média), mesmo

em ambientes macroeconômicos desfavoráveis, como foi o caso da sobrevalorização do real. Nesse sentido, é possível afirmar que somente uma empresa capacitada em termos tecnológicos é capaz de apresentar elevados níveis de crescimento nesses indicadores.

Assim, as evidências sugerem que a acumulação de capacidades tecnológicas exerceu papel importante no aprimoramento dos indicadores de *performance* operacional da Rioquima. Especificamente, o estudo sugere que uma grande parte dos aprimoramentos obtidos na performance operacional da empresa não teria sido alcançada se a empresa não tivesse acumulado os níveis inovadores de capacidades tecnológicas. Como afirmado anteriormente, este estudo não teve o propósito de gerar generalizações estatísticas. Ou seja, obviamente que o artigo não sugere que os resultados encontrados possam ser generalizados estatisticamente para outras empresas dessa indústria no Brasil. Ao contrário, como dito anteriormente, o estudo foi desenhado para a obtenção de uma generalização analítica, isto é, no intuito de avançar no entendimento do relacionamento entre a acumulação de capacidades tecnológicas e o aprimoramento da *performance* operacional em nível de empresa. Nesse sentido, as evidências aqui examinadas corroboram os resultados obtidos em estudos anteriores (MLAWA, 1983; PICCININI, 1993; TREMBLAY, 1998; JONKER; ROMINJN; SZIRMAI, 2006) e, especialmente, os argumentos de Figueiredo (2002) sobre os efeitos positivos da acumulação de capacidades tecnológicas inovadoras para o aprimoramento de indicadores de performance operacional.

Assim como em Figueiredo (2002), mas com base em evidências de uma empresa de outra indústria, os aprimoramentos em *performance* operacional aqui reportados foram obtidos a partir da acumulação de uma *ampla variedade de níveis e tipos de capacidade para funções tecnológicas* diversas. Várias dessas capacidades referem-se muito mais a atividades à base de engenharia e menos de P&D e/ou patentárias. Isso não significa que o artigo sugere que apenas capacidades tecnológicas em nível intermediário sejam relevantes para a competitividade industrial. Pelo contrário, espera-se que as empresas acumulem capacidades tecnológicas à base de P&D para que gerem inovações bem-sucedidas e com grau de novidade mundial, a fim de que sejam gerados os correspondentes benefícios que tais inovações trazem para a empresa e sua economia. Não obstante, o estudo alinha-se aos argumentos de Patel e Pavitt (1994) e Figueiredo (2002) sobre a importância das (comumente negligenciadas) capacidades tecnológicas baseadas em atividades de engenharia, que residem em outras áreas da empresa que não o tradicional centro de P&D, mas que jogam um papel importantíssimo na performance competitiva

das empresas e podem ser uma precondição para a acumulação de capacidades à base de P&D e patentes.

Assim, as evidências indicam que os esforços para acumulação de capacidades tecnológicas, especialmente para atividades inovadoras, permitiram à empresa estudada aprimorar sua *performance* competitiva. Um comentário relativo à mudança do regime industrial parece ser relevante neste estágio. Muito embora o escopo deste trabalho não tenha contemplado o estudo das mudanças nos regimes industriais, tal como realizado em Garcia e Figueiredo (2009), suas evidências parecem sugerir que as mudanças para o regime de liberalização comercial e de desregulamentação da economia, que se iniciou em 1990, podem ter funcionado como uma "política industrial implícita" orientada ao estímulo à acumulação de capacidades tecnológicas inovadoras, no intuito de enfrentar a competição internacional. Essa mudança no regime industrial parece ter impactado positivamente nos esforços em inovação que foram implementados na empresa em estudo, ainda que essa questão não tenha sido incluída no escopo deste artigo, mas que pode ser examinada em estudos futuros.

6. Recomendações para gestores

O estudo permite a elaboração de dois tipos de recomendação: um voltado para gestores de empresas e outro para gestores de políticas públicas. No que diz respeito ao primeiro, o estudo aponta a importância da acumulação de capacidades tecnológicas inovadoras como *ativo estratégico* capaz de contribuir para um aprimoramento consistente na *performance* operacional de empresas. É certo que fatores externos, tais como taxas de câmbio, por exemplo, podem afetar o desempenho competitivo da empresa. Mas é a capacidade tecnológica que garante à empresa melhoramento em seus processos, produtos, sistemas físicos e organização, que têm impactos perenes na melhoria de indicadores de *performance*. A capacidade tecnológica pode também contribuir para amortecer os impactos negativos de fatores externos à empresa e abrir caminho para a conquista de novos mercados, à base de novos produtos. Portanto, esforços para acumulação de níveis progressivos de capacidades tecnológicas, apoiados por mensurações sistemáticas de seu progresso ao longo do tempo, deveriam ocupar lugar central na agenda estratégica de empresas. O estudo também aponta que o aprimoramento consistente de *performance* operacional (e competitiva) depende da capacidade de gerir uma *multiplicidade* de tipos e níveis de capacidades para funções tecnológicas diversas.

No que diz respeito ao segundo tipo de recomendação, para gestores de políticas públicas, como sabemos, a partir da década de 1990, diversas economias em desenvolvimento e emergentes criaram e/ou reorganizaram programas governamentais de suporte e financiamento a atividades tecnológicas inovadoras em nível de empresas industriais. Trata-se, indubitavelmente, de esforços meritórios de estímulo e financiamento à inovação industrial. A despeito da variada oferta de programas de apoio e financiamento, observam-se escassos esforços no sentido de avaliar até que ponto tais mecanismos de fato contribuem para aumentar o grau de capacidade tecnológica inovadora em nível de empresas e de setores industriais e, em última análise, de sua *performance* competitiva. Portanto, esforços de avaliação e acompanhamento contínuo da intensidade, qualidade e direção das atividades inovadoras, que ocorrem no lado da demanda dos programas governamentais de incentivo, são tão importantes quanto os esforços de desenho e oferta desses programas governamentais.

Por isso, este estudo, assim como aqueles anteriores desenvolvidos à luz dessa abordagem metodológica, mostra as potencialidades das metodologias e taxonomias existentes, que podem possibilitar uma avaliação mais compreensiva dos impactos dos esforços de estímulos à inovação em nível da indústria. Afinal, como um dos princípios básicos de gestão afirma que somente é possível gerir bem aquilo que se pode medir bem, o uso de métricas para aferir a qualidade e a velocidade do progresso de acumulação de capacidades tecnológicas, especialmente as inovadoras, torna-se de grande importância para as atividades de gestão empresarial e de política pública, no que diz respeito à inovação e desenvolvimento industrial. Este estudo oferece uma contribuição no que se refere à medição de capacidades tecnológicas.

Finalmente, o estudo mostra a importância das capacidades inovadoras acumuladas dentro de empresas, várias delas à base de atividades de engenharia, para o aprimoramento de *performance* operacional (e competitiva) em nível de empresa que, em última instância, é a microfundação da competitividade da economia. Isso deveria chamar a atenção de gestores governamentais, especialmente daqueles de economias em desenvolvimento e emergentes, que se mostram fascinados por "inovações radicais" e canalizam grande parte dos investimentos públicos para laboratórios de pesquisa, em sua maioria em universidades e institutos de pesquisa, e negligenciam as atividades inovadoras, baseadas em diversos tipos de engenharia, em nível de empresas.

Referências bibliográficas

ANDRADE, R. F.; FIGUEIREDO, P. N. Dinâmica da acumulação de capacidade tecnológica em subsidiárias de empresas transnacionais (ETNs) em economias emergentes: a trajetória da Motorola Brasil. *Revista de Administração e Inovação*, v. 5, n. 3, p. 74-94, 2008.

ARIFFIN, N. Internationalisation of technological innovative capabilities: levels, types and speed (learning rates) in the electronics industry in Malaysia. *International Journal of Technological Learning, Innovation and Development*, v. 3, n.4, p. 347-391, 2010.

BELL, M. Time and technological learning in industrializing countries: how long does it take? How fast is it moving (if at all)? *Int. Journal of Technology Management,* v. 36, n. 1-3, p. 25-42, 2006.

BELL, M.; FIGUEIREDO, P. N. Building innovative capabilities in latecomer emerging market firms: some key issues. In: CANTWELL, J.; AMANN, E. (Eds.). *Innovative firms in emerging market countries*. Oxford: Oxford University Press, 2012.

BELL, M.; PAVITT, K. Technological accumulation and industrial growth: contrasts between developed and developing countries. *Industrial and Corporate Change*, v. 2, n. 2, p. 157-211, 1993.

_____. The development of technological capabilities. In: HAQUE, I. U. (Ed.). *Trade, technology and international competitiveness*. Washington: The World Bank, 1995, p. 69-101.

BELL, M.; SCOTT-KEMMIS, D.; SATYARAKWIT, W. Limited learning in infant industry: a case study. In: STEWART, F.; JAMES, F. (Eds.). *The economics of new technology in developing countries.* London: Frances Pinter, 1982, p. 138-156.

CHANDLER JR., A. D. *Strategy and structure*: chapters in the history of the American industrial enterprise. Cambridge: MIT Press, 1962.

CHOUNG, J-Y.; HWANG, H-R.; YANG, H. The co-evolution of technology and institution in the Korean information and communications industry. *Int. J. of Technology Management*, v. 36, n. 1-3, p. 249-266, 2006.

DAHLMAN, C.; WESTPHAL, L. Technological effort industrial development – an interpretative survey of research. In: STEWART, F.; JAMES, J. (Eds.). *The economics of new technology in development countries*. London: Frances Printer, 1982, p. 105-137.

DIJK, M. V.; BELL, M. Rapid growth with limited learning: industrial policy and Indonesia's pulp and paper industry. *Oxford Development Studies*, v. 35, n. 2, p. 149-169, 2007.

DOSI, G. Sources, procedures and microeconomic effects of innovation. *Journal of Economic Literature*, v. 26, n. 3, p. 1120-1171, 1988.

ENOS, J. L., Invention and innovation in the refining industry. In: NELSON, R. R. (Ed.). *The rate and direction of inventive activity*: economic and social factors. Princeton: Princeton University Press, 1962.

FIGUEIREDO, P. N**.** Does technological learning pay off? Inter-firm differences in technological capability-accumulation paths and operational performance improvement. *Research Policy*, v. 31, n. 1, p. 73-94, 2002.

_____. Discontinuous innovation capability accumulation in latecomer natural resource--processing firms. *Technological Forecasting and Social Change*, v. 77, n. 7, p. 1090-1108, 2010.

_____. *Technological learning and competitive performance*. Aldershot: Edward Elgar. 2001.

_____. Gestão da Inovação: Conceitos, Métricas e Experiências de Empresas no Brasil. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

GARCIA, C. T. C.; FIGUEIREDO, P. N. Mudanças em regimes industriais e acumulação de capacidades tecnológicas: evidências de empresas de celulose e papel no Brasil. *Revista de Economia Contemporânea*, v. 13, p. 489-510, 2009.

HOBDAY, M. East Asian latecomer firms: learning the technology of electronics. *World Development*, v. 23, n. 7, p. 1171-l 193, 1995.

HOBDAY, M.; RUSH, H.; BESSANT, J. Approaching the innovation frontier in Korea: the transition phase to leadership. *Research Policy*, v. 33, n. 10, p. 1433-1457, 2004.

HOLLANDER, S. *The sources of increased efficiency*: a study of DuPont Rayon Plants. Cambridge: MIT Press, 1965.

JONKER, M.; ROMIJN, H.; SZIRMAI. E. Building technological capabilities to improve performance: a case study of the paper industry in West Java, Indonesia. *Technovation*, v. 26, n. 1, p. 121-134, 2006.

KATZ, J. M. *Desarrollo y crisis de neoclassical capacidad tecnológica latinoamericana*. Buenos Aires: BID/Cepal, 1987.

KIM, L. Crisis construction and organizational learning: capability building in catching-up at Hyundai Motor. *Organization Science*, v. 9, n. 4, p. 506-521, 1998.

KLINE, S. J.; ROSENBERG, N. An overview of innovation. In: LANDAU, R.; ROSENBERG, N. (Eds.). *The positive sum strategy*: harnessing technology for economic growth. Washington: National Academy Press, 1986, p. 275-306.

LALL, S. *Learning to industrialize*: the acquisition of technological capability by India. London: Macmillan, 1987.

_____. Technological capabilities and industrialization. *World Development*, v. 20, n. 2, p. 165-186, 1992.

MLAWA, H. *The acquisition of technology, technological capability and technical change*: a study of the textile industry in Tanzania. 1983. Thesis (PhD) – University of Sussex, East Sussex, 1983.

NELSON, R. R.; WINTER, S. G. *An evolutionary theory of economic change*. Cambridge, Mass: Belknap Press of Harvard University Press, 1982.

PATEL, P.; PAVITT, K. The continuing, widespread (and neglected) importance of improvements in mechanical technologies. *Research Policy*, v. 23, p. 533-545, 1994.

PATTON, M. Q. *Qualitative evaluation and research methods*. 2nd ed. California: Sage, 1990.

PAVITT, K. Key characteristics of the large innovating firm. *British Journal of Management*, v. 2, n. 1, p. 41-50, 1991.

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

PICCININI, M. *Technical change and energy efficiency*: a case study in the iron and steel industry in Brazil. 1993. Thesis (PhD) – University of Sussex, East Sussex, 1993.

SCHUMPETER, J. A. *Capitalism, socialism and democracy*. New York: Harper & Row, 1942.

TACLA, C. L.; FIGUEIREDO, P. N. The dynamics of technological learning inside the latecomer firm: evidence from capital goods industry in Brazil. *International Journal of Technology Management*, v. 36, n. 1/2/3, p. 62-90, 2006.

TREMBLAY, P. J. *Technological capability and productivity growth*: an industrialized/industrializing country comparison. Montreal: Cirano, 1998 (Scientific Series).

YIN, R. K. *Estudo de caso*: planejamento e métodos. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.