

POR QUE NÃO BAIXA TECNOLOGIA?

MORCEIRO, Paulo*

FARIA, Lourenço*

FORNARI, Vinícius*

GOMES, Rogério**

Texto Submetido ao XXXIX Encontro Nacional de Economia

Área 8 – Economia Industrial e da Tecnologia

RESUMO: Tradicionalmente, indústrias de alta tecnologia, baseadas em ciência ou intensivas em P&D são consideradas como produtoras (ou fornecedoras) de inovações para o restante do tecido industrial. Este ponto de vista é defendido pelas classificações do tipo OCDE, que consideram que os gastos em P&D formal são a única *proxy* para os esforços inovativos. De acordo com essa visão, as indústrias de “baixa tecnologia” são usuárias passivas das tecnologias desenvolvidas em outros setores. Entretanto, ela simplifica a complexidade da atividade inovativa. O presente artigo tem como objetivo apresentar uma metodologia alternativa para análise da intensidade tecnológica das indústrias de baixa tecnologia. Para isso, analisamos as formas com as quais estas indústrias inovam além da P&D formal, dada que esta atividade é apenas uma etapa dos processos inovativos. Uma das principais conclusões do artigo é que a dinâmica inovativa das indústrias tradicionais é, por vezes, complexa, envolvendo assimilação, adaptação e criação de conhecimento em vários campos da ciência, interações entre diferentes atores, produtos sistêmicos e/ou processos produtivos sofisticados que não são levados em consideração pelas classificações convencionais.

Palavras chaves: processos de inovação; indústrias tradicionais; difusão de tecnologias.

Classificação JEL: O30; O32; O33.

ABSTRACT: Traditionally, high-tech, science-based or R&D-intensive industries are regarded as producers (or suppliers) of innovations for the rest of the industrial frame. This standpoint is held by OECD-type classifications that consider formal R&D expenditures as single proxy for innovative efforts. According with this view, “low-tech” industries have the role of passive users of the technologies developed abroad. However, it simplifies the complexity of innovative activity. The present article aims to present a new framework to measure the technological intensity of “low-tech” industries. For this, we analyses the ways they innovate beyond formal R&D, given that this activity is only one step in the innovation processes. One of the main conclusions is that the innovative dynamic of traditional industries’ is often complex, involving assimilation, adaptation and creation of knowledge in various fields of science, interactions between different actors and systemic products and/or sophisticated production processes that are not taken into account by conventional classifications.

Keywords: Innovation processes; traditional industries; technological diffusion.

JEL Classification: O30; O32; O33.

* Mestrandos do Programa de Pós-Graduação em Economia da Universidade Estadual Paulista (UNESP) e pesquisadores do Grupo de Estudos em Economia Industrial (GEEIN).

** Professor Assistente Doutor do Departamento de Economia da FCLAR/UNESP e coordenador do GEEIN.

POR QUE NÃO BAIXA TECNOLOGIA?

1. Introdução

Em geral, as indústrias de alta tecnologia, as indústrias baseadas em ciência e as indústrias intensivas em pesquisa e desenvolvimento (P&D) são consideradas como um mesmo grupo. Estas indústrias também são vistas como produtoras (ou fornecedoras) de inovações para o restante do tecido industrial. Nessa perspectiva, os gastos em P&D são considerados pela literatura econômica uma *proxy* dos esforços inovativos. Entretanto, ao fazer essa consideração, desprezam-se outras formas de inovação, de aprendizagem ou construção do conhecimento novo. Assim, os processos inovativos das indústrias tradicionais são frequentemente subestimados, pois esses eles são majoritariamente realizados através de formas alternativas à P&D formal.

Este artigo procura reafirmar que a dinâmica inovativa das indústrias tradicionais¹ é muito diferente daquelas de alta tecnologia. Para isso, analisamos como as formas de inovação das indústrias tradicionais não contemplam, em geral, a P&D formal, haja vista que essa atividade (quando necessária) é apenas uma das etapas do processo inovativo.

Na maioria das vezes, as firmas, em especial as tradicionais, inovam através de recombinações dos conhecimentos acumulados, inovações incrementais e complexas redes que envolvem fornecedores, concorrentes e usuários. Ademais, algumas mudanças do ponto de vista científico (fusão dos campos de conhecimentos), tecnológico (paradigma da microeletrônica) e econômico (elevação dos preços das commodities em decorrência do crescimento econômico acentuado das economias em desenvolvimento e devido escassez de recursos facilmente extraíveis) têm dinamizado esse processo inovativo. As evidências levantadas neste artigo sugerem uma reavaliação da forma usual de compreensão desse processo.

Além desta introdução, a seção 2 desse artigo analisa a dinâmica inovativa em indústrias de baixa tecnologia, ou seja, as formas pelas quais essas indústrias inovam. A seção 3 lança luz nas interdependências tecnológicas e as fusões dos campos dos conhecimentos e das fronteiras setoriais. A seção 4 aborda fatos empíricos que visam sustentar os argumentos apresentados nas seções anteriores. Por fim, tecemos as nossas principais conclusões.

2. Inovações em setores tradicionais

Convencionalmente, os gastos em P&D são considerados pela literatura econômica uma boa *proxy* dos esforços inovativos das firmas. As razões para isso incluem a ênfase nas inovações radicais, responsáveis pela “destruição-criadora” no sistema econômico (SCHUMPETER, 1942), que são levadas a cabo pelas empresas com grandes departamentos de pesquisa e desenvolvimento (SCHUMPETER, 1939), como também pela influência do “modelo linear de inovação” após a segunda guerra mundial (HIRSCH-KREINSEN *et al.*, 2003). A influente taxonomia setorial de inovação proposta por Pavitt (1984), na qual as indústrias mais nobres (baseadas em ciência e as de fornecedores especializados), de elevada intensidade em P&D medidas através de patentes, e a classificação industrial da OCDE por intensidade tecnológica, avaliadas pelo dispêndio em P&D formal como percentual do valor da produção, são os critérios usuais para ordenar os setores industriais segundo grupos tecnológicos. Essas classificações mostram a importância desse tipo de P&D como indicador quantitativo dos esforços inovativos das firmas. Não pretendemos questionar a contribuição de tais trabalhos. Ao contrário, o objetivo é enriquecer a discussão ao incorporar outras formas de inovar que não são captadas pelos indicadores quantitativos, especialmente as formas largamente utilizadas pelas indústrias tradicionais para conduzirem seus processos inovativos.

Além da P&D formal, existem atividades que interferem fortemente no esforço inovativo das firmas, como, por exemplo, os mecanismos para difundir inovações recebidas de outros setores, que ao

¹ Os setores tradicionais – foco deste artigo – são aqueles considerados como de menor intensidade tecnológica, por exemplo: agricultura, indústrias extrativas, manufaturas de baixa e media-baixa tecnologia classificadas pela OCDE e construção civil.

serem internalizadas geram ganhos de eficiência ou redução dos custos produtivos. O Manual de Oslo (OCDE, 2005a) defende que a inovação compreende atividades como etapas pré-produção, suporte, novos métodos organizacionais, aquisição de conhecimentos externos e bens de capital que não fazem parte da P&D formal. Além disso, muitos dos problemas que surgem nos processos inovativos são solucionados somente com conhecimento advindo de tarefas realizadas no passado, ou seja, com o *estoque de conhecimentos acumulado* pelas firmas (DOSI, 1988), podendo não estar diretamente relacionada à P&D formal.

Os dados da Tabela 1 mostram como a P&D formal tem uma importância relativa menor nas atividades inovativas² dos setores de baixa e média-baixa tecnologia (nos quais se incluem os setores tradicionais). Se o critério tradicional de intensidade tecnológica (P&D/Vendas) for aplicado, o resultado são intensidades inovativas muito baixas dos setores tradicionais em comparação com os de “alta tecnologia” – vide coluna C. Entretanto, a coluna “E” da tabela mostra que para a grande maioria dos setores tradicionais, as atividades de P&D formal não representam uma parcela expressiva dos dispêndios totais em atividades inovativas, ao contrário do que acontece com os setores de “alta tecnologia”. Se mudarmos a fórmula do cálculo considerando não só a P&D formal, mas *todas as outras atividades inovativas*, ou seja, tomando como indicador de intensidade tecnológica o quociente entre os gastos totais em atividades inovativas em relação às vendas, o valor encontrado para os setores tradicionais aumenta consideravelmente em relação ao cálculo convencional (P&D/vendas), alcançando níveis próximos aos dos setores de “alta tecnologia” – vide coluna F.

Portanto, para os setores tradicionais considerados como de “baixa tecnologia”, as atividades não-P&D são importantes etapas do processo inovativo. Nesse sentido, a presente seção discute a dinâmica inovativa nesses setores através de três argumentos: a difusão tecnológica como processo intensivo em conhecimento e tecnologia, o papel dos usuários como geradores de inovações e a importância das inovações incrementais.

De acordo com Pavitt (1984), os setores tradicionais são usuários de inovações que são produzidas em outros setores. Os dados da PINTEC (2010) corroboram essa percepção, pois mostram que a aquisição de máquinas e equipamentos nesses setores representa cerca de 60% do total de gastos em atividades inovativas. A difusão das inovações pelos setores usuários é considerada um processo pouco intensivo em conhecimento e tecnologia, já que se considera que apenas o inovador inicial (produtor de produtos e processos novos) é relevante. As firmas usuárias, que adquirem ou absorvem esses produtos/processos do mercado são pouco consideradas e examinadas. Entretanto, o presente artigo pretende mostrar que o usuário não é um ator passivo neste processo de difusão tecnológica, que requer recombinações de conhecimentos e tecnologias. Adicionalmente, muitas vezes, o usuário participa ativamente dos processos inovativos.

O Manual de Oslo (OCDE, 2005a) abrandou a segregação entre inovação *versus* difusão ou produtor *versus* usuário ao indicar que a inovação também deve ser mensurada do ponto de vista das firmas: para uma determinada firma, a adoção de um novo produto/processo pode ser considerada uma inovação *mesmo que tal produto/processo não seja novo para o mercado*, pois a firma usuária da inovação também colhe seus benefícios, como a elevação da produtividade. O mesmo raciocínio vale se analisarmos a difusão sob a ótica setorial ou nacional.

A difusão é tão importante quanto a inovação devido ao fato de o *retorno social da inovação* ser muito maior que o retorno privado da firma que introduziu a inovação no mercado. O processo de difusão pode promover um “efeito em cascata”, cujos benefícios da inovação original se alastram para uma população muito mais ampla de usuários. Assim, a divisão estrita entre “produtor” e “usuário” da inovação tem importância secundária quando o que interessa são os ganhos de produtividade e criação de riqueza para a economia.

² Segundo a PINTEC (2010), as atividades inovativas compreendem as atividades internas e externas de P&D, aquisição de outros conhecimentos externos, de *software*, de máquinas e equipamentos, treinamento, introdução das inovações tecnológicas no mercado e projeto industrial e outras preparações técnicas.

TABELA 1 – Dispendios em atividades inovativas – Brasil, setores selecionados (em RS 1.000)

	(A) Receita de Vendas	(B) P&D Interna	(C) P&D/ Vendas (B / A)	(D) Dispendios em atividades inovativas	(E) P&D/ Atividade: inovativas (B / D)	(F) Atividades Inovativas/ Vendas (D / A)
Setores de Baixa e Média-Baixa Intensidade Tecnológica						
<i>Fabricação de produtos alimentícios</i>	279 282 136	666 030	0,238%	5 823 511	11,44%	2,085%
<i>Fabricação de bebidas</i>	39 672 481	33 492	0,084%	894 340	3,74%	2,254%
<i>Fabricação de produtos do fumo</i>	10 884 538	78 452	0,721%	164 984	47,55%	1,516%
<i>Fabricação de produtos têxteis</i>	28 901 861	49 765	0,172%	730 823	6,81%	2,529%
<i>Confeção artigos do vestuário e acessórios</i>	23 510 698	27 092	0,115%	426 592	6,35%	1,814%
<i>Preparação de couros e fabricação de artefatos de couro, artigos para viagem e calçados</i>	23 960 568	97 427	0,407%	562 641	17,32%	2,348%
<i>Fabricação de produtos de madeira</i>	16 388 177	16 741	0,102%	485 540	3,45%	2,963%
<i>Fabricação de celulose, papel e produtos de papel</i>	48 654 239	139 390	0,286%	1 078 392	12,93%	2,216%
<i>Fabricação de celulose e outras pastas</i>	6 189 826	28 433	0,459%	147 660	19,26%	2,386%
<i>Fabricação de papel, embalagens e artefatos de papel</i>	42 464 413	110 957	0,261%	930 732	11,92%	2,192%
<i>Fabricação de móveis</i>	17 213 981	27 422	0,159%	451 168	6,08%	2,621%
<i>Indústrias Extrativas</i>	56 717 465	73 969	0,130%	496 399	14,90%	0,875%
Setores de Média-Alta e Alta Intensidade tecnológica						
<i>Fabricação de produtos farmoquímicos e farmacêuticos</i>	29 992 116	430 982	1,437%	1 467 316	29,37%	4,892%
<i>Fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos</i>	60 006 988	773 053	1,288%	1 984 210	38,96%	3,307%
<i>Fabricação de componentes eletrônicos</i>	5 942 475	112 897	1,900%	216 215	52,22%	3,638%
<i>Fabricação de produtos químicos</i>	170 839 326	1 006 426	0,589%	4 279 988	23,51%	2,505%
<i>Fabricação de automóveis, camionetas e utilitários, caminhões e ônibus</i>	123 667 299	2 487 631	2,012%	5 194 330	47,89%	4,200%

Fonte: Elaboração própria com base em dados da PINTEC (2010) relativos a 2008.

Adicionalmente, para o usuário a difusão de uma nova tecnologia implica em “um processo de aprendizagem, modificação da organização existente da produção e, frequentemente, uma modificação dos produtos” (DOSI, PAVITT E SOETE, 1990, p. 119). Este não é um processo trivial que pode ser levado a cabo sem esforços por qualquer firma. Da mesma forma que nem todas as firmas possuem as capacitações necessárias para gerar novos produtos/processos, nem todos os usuários/adotantes assimilam tecnologias por não possuírem as habilidades necessárias, como, por exemplo, a capacidade de

monitoramento (o que precisam, onde encontrar) além das capacitações tecnológicas, organizacionais, de processo e gestão do trabalho, necessárias para “absorver” a tecnologia³ (COHEN e LEVINTHAL, 1990).

Em segundo lugar, é preciso discutir o papel do usuário como gerador de inovações *para o mercado*. Contrariamente ao modelo dominante de inovação “centrada no produtor”, Von Hippel (2005) afirma que muitas firmas usuárias participam ativamente no desenvolvimento de produtos, portanto podem existir “inovações guiadas pelos usuários”. Esse conceito explica como as empresas dos setores tradicionais geram inovações, mesmo quando se trata de um setor “dominado por fornecedores”, como definido por Pavitt (1984).

Estudos mostram que as inovações desenvolvidas por usuários não são, de forma alguma, triviais em relação àquelas desenvolvidas pelos “produtores”. De fato, grande parte das inovações tidas como as mais importantes num determinado campo científico - em termos de funcionalidades melhoradas e valor comercial - são na verdade desenvolvidas por usuários, não por produtores. Enos (1962) mostrou que quase todas as inovações importantes do setor de refino de petróleo foram desenvolvidas por usuários. Freeman (1968) concluiu que grande parte dos processos de produção da indústria química foi de fato desenvolvida por empresas usuárias. Von Hippel (1988) mostrou que os usuários foram responsáveis pelo desenvolvimento de cerca de 80% das mais importantes inovações em instrumentos científicos e 67% das maiores inovações em semicondutores (VON HIPPEL, 2009, p. 330) [Tradução nossa].

As interações usuários-produtores (LUNDVALL, 1988) ultrapassam a visão convencional que entende os clientes como importantes fontes da inovação apenas ao fornecer idéias e informações úteis (processos de *feedback*). No entanto, há uma diferença entre *demandar* produtos novos de acordo com as necessidades dos usuários e *fazer a concepção* do produto ou *desenvolvê-lo em uma escala piloto*. Nesse sentido, algumas firmas-usuárias com capacidades tecnológicas notáveis desenvolvem produtos internamente (ou em associação com empresas especializadas) que mais tarde serão produzidas pelos produtores de máquinas e equipamentos e disseminados comercialmente para o restante da população usuária. Segundo Von Hippel (2009, p. 331), quando usuários procuram fornecedores para desenvolver algum produto ou processo, as suas perguntas vão desde “Eu tenho um problema, você pode desenvolver uma solução?” até “Eu desenvolvi uma nova máquina. Aqui estão os projetos. Você pode fabricar mais 50?”.

A terceira dimensão “invisível” dos processos inovativos diz respeito à importância das inovações incrementais. É relativamente raro os setores tradicionais gerarem inovações radicais ou disruptivas, uma vez que seus regimes tecnológicos giram em função da redução de custos e/ou pequenos incrementos nos produtos via inovações incrementais. Nem por isso, ao longo do tempo sua importância deve ser considerada irrelevante ou reduzida. Segundo Rosenberg (1975) os pequenos aprimoramentos nas técnicas produtivas que ocorrem no dia a dia, isto é, não chão de fábrica, são fontes importantes que explicam o aumento da produtividade das indústrias. Esses aprimoramentos (inovações incrementais) podem ser poucos significativos quando tomados individualmente. Entretanto, vários pequenos melhoramentos produtivos, quando somados provocam grande impacto econômico.

Assim, essas inovações incrementais são uma forma de entender o progresso técnico como um processo no qual *as continuidades tecnológicas são muito maiores que as discontinuidades* (ROSENBERG, 1976). Tal processo, entretanto, não é captado se a análise se limitar à contribuição individual de cada inovação (incremental e radical), pois, nesse caso, uma inovação radical produz mais efeitos visíveis do que uma inovação incremental.

³ Comumente, a firma usuária tem que fazer adaptações, modificações e aprimoramentos para que a tecnologia importada possa ser incorporada/adaptada de forma eficiente, um processo custoso e que requer conhecimentos avançados. Por vezes, a substituição de um equipamento requer alterações em toda a dinâmica organizacional da empresa, nos componentes e nos materiais requeridos no processo produtivo. Esses importantes aprimoramentos e adaptações, que contribuem para a inovação sobremaneira, não entram nas estatísticas de P&D formal (ROBERTSON, SMITH & TUNZELMANN, 2009, p. 442; PATELY & PAVITT, 1994; ROSENBERG, 1963).

Os argumentos apresentados acima procuram mostrar que os setores classificados como de “baixo conteúdo tecnológico” são inovadores. No entanto, em geral, eles não inovam nos termos captados pelos indicadores usuais (patentes, proporção do faturamento gastos em P&D, etc). Porém, isso não significa que os processos de mudança tecnológica não sejam robustos e não tenham uma função crucial para a manutenção das vantagens competitivas das firmas desses setores, especialmente quando consideramos as mudanças na dinâmica de geração e difusão de inovações das duas últimas décadas. A próxima seção discutirá como algumas mudanças estruturais em andamento, que se manifestam em termos de geração e a utilização de conhecimentos e tecnologias, têm se mostrado fundamental para a criação e manutenção de vantagens competitivas *mesmo para setores tradicionais*.

3. Interdependências tecnológicas e econômicas: a fusão dos campos do conhecimento e das fronteiras setoriais

A história ensina que a dinâmica industrial e tecnológica faz com que os setores de alta tecnologia de hoje se tornem os de média ou de baixa tecnologia amanhã. Alta tecnologia é apenas um rótulo temporário para algumas indústrias. O segmento de eletrônicos, por exemplo, deve seguir padrão similar ao que os de automóveis e de químicos seguiram anteriormente. Isso acontece porque, após as primeiras ondas de inovação, as tecnologias vivem um momento de maior dinamismo, mas depois sedem lugar a outras (FREEMAN e LOUÇÃ, 2001). Ademais, os setores e o tecido industrial de um país convivem simultaneamente com várias safras tecnológicas e raramente um aglomerado de inovações substitui um paradigma tecnológico por outro (ROBERTSON, SMITH e TUNZELMANN, 2009; PATEL e PAVITT, 1994). Nesse sentido, a maioria das inovações é do tipo evolucionária e não radical (KLINE e ROSENBERG, 1986). Um fato que corrobora essa afirmação é que, em uma matriz insumo-produto, o número de linhas e colunas – *proxy* do número de atividades produtivas existentes nas economias nacionais - tende a aumentar com o tempo, e não o contrário.

Muitos dos incrementos gerados inicialmente nas firmas de baixa, média e até mesmo de alta tecnologia foram obtidos a partir de um núcleo de indústrias produtoras de bens de capital, componentes intermediários e tecnologias de interfaces (de integração, como, por exemplo, o *chip*). Ressalte-se que muitas indústrias de maior conteúdo tecnológico não produzem um produto final, como, por exemplo, a indústria farmacêutica, mas sim tecnologias utilizadas como insumos intermediários em outras indústrias. Nessa perspectiva, a saúde do tecido industrial depende das interdependências tecnológicas de muitas empresas em vários segmentos industriais. Nenhuma firma (ou indústria) produz tudo o que precisa e as interdependências entre elas são razões para sua própria existência. O sucesso das novas tecnologias depende, em grande medida, das suas aplicações nas indústrias tradicionais (ROBERTSON, SMITH E VON TUNZELMANN, 2009) e o desempenho das firmas de baixa, média e alta tecnologia depende das novas tecnologias geradas e vice-versa.

“O uso de tecnologias incorporadas é uma característica tanto de firmas de média-alta e alta tecnologia como também de firmas de média-baixa e baixa tecnologia” (ROBERTSON, SMITH e TUNZELMANN, 2009, p. 445). Assim, do ponto de vista econômico, o sucesso de determinada inovação não depende somente do setor onde ela foi gerada, mas também do seu mercado consumidor, do ritmo da adoção tecnológica e também das complementaridades tecno-econômicas (ROSENBERG, 1976, cap. 11 e 1982, cap. 3).

Atualmente, os produtos são progressivamente mais complexos: multitecnológicos, multinsumos e cujo conhecimento necessário advém de vários campos da ciência⁴ Nesse sentido, os próprios produtos são sistêmicos e dependem de atividades sinérgicas.⁵ Cada vez mais, as firmas utilizam em seus processos

⁴ A muda de cana de açúcar (batizada de “plene”) desenvolvida pela Syngenta no Brasil é um exemplo interessante de um produto tradicional que incorpora campos de conhecimentos de origem química-farmacêutica-biotecnológica. Embora a cana em si seja a mesma, ela possui características novas como o fato de ser mais resistente às pragas, simplificar o processo de plantio e colheita, dentre outras.

⁵ O automóvel e o avião são exemplos tradicionalmente eloqüentes de produtos sistêmicos, multitecnológicos, multinsumos e multicampos do conhecimento.

inovativos insumos e conhecimentos gerados em outros setores, que estimulam aumentos na produtividade e competitividade fora do seu setor de origem. Nesse caso, a maioria dos produtos inovadores não é inteira e radicalmente nova nem exhibe rupturas críveis com as bases de conhecimentos existentes, mas sim uma recombinação criativa de muitos elementos disponíveis no mercado (DAVID e FORAY, 1995). Às vezes, a essência do produto é a mesma, porém com novos usos e funcionalidades.

Em um passado recente, materiais, componentes, e equipamentos de maior sofisticação tecnológica eram incorporados majoritariamente em setores de alto conteúdo tecnológico. Todavia, hoje em dia, eles estão presentes também em setores considerados tradicionais ou de baixo conteúdo tecnológico. Por exemplo, a penetração de campos da ciência avançados – como, por exemplo, biotecnologia, microbiologia aplicada, farmacologia e farmacêutica – na indústria de alimentos processados criou um segmento de mercado muito lucrativo denominado de “alimentos funcionais” - tema abordado adiante.

Além disso, Perez (2010) destaca que alguns produtos antes tidos como intensivos em tecnologia tem adquirido cada vez mais características de produtos básicos (*commodities*) na medida em que a tecnologia vai adquirindo maturidade e os custos de produção vão se reduzindo. Muitas vezes, um produto “velho” (descoberto há muito tempo) ainda é classificado de acordo com seu conteúdo tecnológico da época em que foi descoberto. Por exemplo, alguns produtos e substâncias criados pela indústria farmacêutica como a Aspirina (1897), a Penicilina (comercializada desde os anos 1940), o Buscopan (1952), o Tylenol (1955), o Centrum (1978) e muitos outros são classificados como alta tecnologia. No entanto, esses bens possuem praticamente as mesmas características - com raras exceções - das que tinham quando surgiram. Ou seja, eles não adicionam capacidade inovativa recente ou geram externalidades científicas/tecnológicas. Ainda segundo Perez (2010), muitos mercados de matérias-primas têm adquirido vantagens competitivas ao diferenciar seus produtos (via aumento de qualidade) e direcioná-los para mercados de nicho - como, por exemplo, os cafés *premium* e os aços especiais.

Atualmente é muito difícil definir um ramo industrial pelo conteúdo material (tecnológico) e, especialmente, imaterial (intangível; campos da ciência, por exemplo) envolvido no produto. Muitas vezes, a denominação baixa, média e alta tecnologia não considera o conhecimento real envolvido no processo produtivo, já que a forma como os setores industriais são classificados repousa em convenções realizadas há algumas décadas e com poucas atualizações aprofundadas. Houve pouco avanço para detectar o que existe da indústria química, papel e de plástico no setor têxtil (ou de eletrônicos, instrumentos de precisão, materiais da química e muitos outros envolvidos na indústria aeroespacial). Talvez o exemplo do automóvel seja o mais fértil, visto que ele é constituído de mais de 10.000 componentes dos mais variados setores.

A indústria aeronáutica realiza internamente bastante P&D, mas também consome intensivamente P&D realizada por outros setores. No conjunto, os gastos diretos e indiretos são extremamente elevados. Desse modo, os gastos em P&D (diretos e indiretos) presentes na aeronáutica tendem a ser sobreestimados, enquanto que na indústria eletrônica – uma fornecedora importante para a indústria aeronáutica, desde eletrônicos básicos até a aviônica – tendem a ser subestimados. Este exemplo, assim como tantos outros, instiga alguns questionamentos (OCDE, 2005b): classificamos as indústrias pelos gastos em P&D diretos, indiretos ou de ambos? Pelo setor produtor da tecnologia, usuário ou ambos? Além disso, como medimos o fluxo intersetorial de conhecimentos? Como detectar se a empresa inovou com base de conhecimento interna, externa ou ambas? Os gastos em P&D são realmente *proxys* da atividade inovativa? Como classificamos um setor que produz um produto tradicional ou até mesmo homogêneo, embora o processo produtivo seja extremamente complexo e intensivo em conhecimento?

A seguir discutiremos alguns pontos para iluminar essa discussão.

4. Como os setores de baixa intensidade tecnológica inovam e por que é tão difícil notar esse fenômeno: algumas evidências empíricas

A partir da discussão teórica precedente, formulamos nessa seção quatro argumentos que elucidam, através de exemplos empíricos, os processos inovativos em setores tradicionais. Os exemplos empíricos se concentram em alguns setores de baixa intensidade tecnológica (extração mineral, prospecção e extração de petróleo, alimentos e agricultura) de relevante importância para a economia brasileira, entretanto, acreditamos que tais argumentos podem se estender para outros setores tradicionais.

4.1. As inovações incrementais são tão – ou mais – importantes quanto as radicais, especialmente para alguns setores tradicionais

Em setores intensivos em escala e cujo produto é homogêneo, como é o caso da extração mineral e de petróleo, o fato das inovações geradas serem basicamente incrementais e de processo não significa que estas desempenhem um papel secundário ou que o setor é pouco dinâmico do ponto de vista inovativo. Esse ponto de vista é limitado, pois considera que apenas as inovações radicais geram aumentos significativos de produtividade e não leva em conta a importância que as inovações incrementais têm nesses setores, nos quais as empresas trabalham com escalas produtivas extremamente elevadas e são tomadoras de preços e as inovações incrementais - que proporcionam economias de centavos por tonelada - têm efeitos positivos significativos sobre sua lucratividade, tanto quanto as inovações radicais em outros setores menos intensivos em escala.

Nesse caso, um dos principais papéis da inovação nesses setores tem sido o de auxiliar as grandes firmas a manter sua competitividade através das reduções incrementais de custos: o aumento gradativo na capacidade de carga dos caminhões de transporte do setor extrativo mineral - de 35 para 380 toneladas ou mais de 1000% - gerou uma redução nos custos unitários de transporte de 72% (de US\$ 0,90 para US\$ 0,23) de 1960 a 2000 (BARTOS, 2007; RENDU *et al.*, 2006). Quando é levada em conta a escala de produção sob a qual esses 72% de redução de custos de transporte são aplicados, percebe-se o quanto essas inovações incrementais reduziram significativamente os custos totais, aumentando a lucratividade e mantendo a competitividade das firmas. O desenvolvimento de um novo método de beneficiamento do minério de ferro pela Vale que dispensa totalmente o uso de água, permitiu economizar cerca de 19.7 milhões de m³ anuais de água - o equivalente ao consumo anual de uma cidade de 430 mil habitantes - e 18 mil Megawatts de energia, além de evitar a construção de barragens de rejeitos e eliminar equipamentos e estruturas, como bombas, ciclones, peneiras, tubulações, tanques e classificadores. Todos esses efeitos positivos são gerados por uma pequena mudança no modo como o minério de ferro é beneficiado, ou seja, por uma inovação incremental.

As inovações incrementais, quando tomadas em conjunto, permitem ainda superar grandes barreiras tecnológicas e expandir as fronteiras de produção das firmas desses setores: diversas inovações incrementais têm tornado mais viável a exploração de petróleo e gás no Ártico, um ambiente extremamente hostil que oferece desafios técnicos, logísticos e ambientais. Dentre essas inovações, pode-se destacar (AAPG, 2011): detecção de vazamentos, monitoramento e análise, modelagem de reservatório inteligente, monitoramento sísmico passivo, *geokinematics* e modelagem geodinâmica, operações de controle remoto e robótica, sísmica durante a perfuração, tubulação expansível e ferramentas e operações integradas e campos inteligentes. O mesmo raciocínio vale para a exploração de petróleo em águas ultra profundas no pré-sal brasileiro, que necessita de pequenas inovações incrementais em grande parte dos equipamentos utilizados na perfuração e produção para se adequarem à profundidade, pressão, características das camadas geológicas e da rocha reservatório, entre outras exigências técnicas. Sem esse conjunto de pequenas inovações, a produção de petróleo e gás nesse local é inviável.

Na indústria de alimentos processados, as inovações radicais são exceções e as incrementais a regra, fato que permite as empresas agregar valor praticamente no mesmo produto através de aprimoramentos que os diferenciem por qualidade, desempenho ou eficiência. Por exemplo, uma empresa que produz café tradicional e passa a produzi-lo também na versão tipo exportação, com grãos mais

rigorosamente selecionados. Outro exemplo é a agregação de valor pela empresa de carne *in natura*, que passa a produzi-la também na versão “orgânica”, derivada de rebanhos bovinos alimentados com pastos adubados organicamente e manejado com técnicas específicas (por exemplo, gado rastreado com procedência garantida por instituições certificadoras). Novos cortes de carnes e os alimentos enriquecidos também se encaixam no exemplo. A customização de produtos – isto é, versões de um produto adaptadas a nichos específicos, os quais podem se estender até o cliente individual – também é um caso de diferenciação por qualidade. Recentemente, as empresas alimentícias têm embalado o mesmo produto em vários tamanhos de embalagens, ampliando sua família de produtos. Nesses casos, a diferenciação pode captar consumidores dispostos a pagar mais pela qualidade, podendo até criar um mercado novo. Além disso, as inovações incrementais podem desencadear diversificação de produtos, pois a partir das pequenas adaptações na base produtiva atual, a empresa pode criar plataformas para novos produtos⁶.

4.2. “Indústria baseada em conhecimento” não é sinônimo de “indústria de alta tecnologia”

Uma indústria tradicional pode envolver processos produtivos sofisticados, que adicionam muito valor e solucionam incertezas tecnológicas. Mesmo os produtos mais simples ou homogêneos por vezes envolvem um processo produtivo extremamente complexo e geram adensamento tecnológico e externalidades positivas: a tecnologia envolvida, a qualificação da mão-de-obra bem como as bases de conhecimentos utilizadas são evidências da complexidade de uma atividade intensiva em conhecimento (SMITH, 2000). No entanto, não se trata apenas de um produto intensivo em alta tecnologia.⁷ Uma indústria baseada em conhecimento não necessariamente é de alta tecnologia (JOHNSON e LUNDVALL, 2003, p. 86). “No caso das indústrias baseadas em conhecimento, a coisa mais importante é **o uso das tecnologias**, e, portanto, ter as habilidades necessárias para utilizá-las” (OCDE, 2005, p. 171, grifo nosso). Sendo assim, algumas firmas dos setores tradicionais, especialmente os usuários-líderes, apresentam capacitações notáveis no uso, aplicação, adaptações, modificações e aprimoramentos de tecnologias complexas de diversos setores. Tal capacidade confere a essas firmas curvas ascendentes de produtividade e maior competitividade.

O caso da extração e prospecção de petróleo em ambientes hostis como o Ártico e o pré-sal brasileiro é eloqüente. O petróleo *offshore* (extraído em alto mar) exige grandes investimentos em pesquisa prospectiva e a utilização de equipamentos de alta tecnologia, sendo muito mais caro extraí-lo em relação ao petróleo *onshore* (extraído em terra firme, que exige uma complexidade tecnológica menor), como o encontrado no Oriente Médio⁸.

Por exemplo, as dificuldades em explorar o petróleo no Ártico, ligadas ao ambiente extremamente hostil, fazem com que o processo produtivo nesse ambiente seja complexo e envolva a necessidade de inovações em várias áreas: cada região tem o seu próprio tipo de gelo, cujas características são distintas e requerem diferentes técnicas de construção de plataformas e de perfuração de poços. As correntes e o vento fazem com que a cobertura de gelo esteja sempre em movimento, ameaçando a estrutura das plataformas. A baixa temperatura e a visibilidade reduzida (ou nula no inverno), ventos fortes e tempestades são fatores que aumentam a probabilidade de acidentes. Além disso, esses fatores dificultam o transporte do petróleo e o fornecimento de energia para as plataformas. Outra dificuldade são os impactos ambientais: o Ártico não é um ambiente fácil de limpar, e vazamentos não são fáceis de conter.

Diferentemente da exploração no Ártico, o ambiente na área do pré-sal brasileiro é estável e as maiores dificuldades dos empreendimentos nessa região são de natureza logística e técnica: as reservas estão a 300 quilômetros da costa, a 2.000 metros de profundidade no mar, mais 5.000 metros solo abaixo e ainda é preciso ultrapassar uma camada de sal de 2.000 a 5.000 metros, o que prejudica a estabilidade

⁶ Por exemplo, uma empresa que produz carne e passa a produzir hambúrgueres e linguças.

⁷ “A indústria de refino de petróleo, por exemplo, é muito intensiva em capital e utiliza tecnologias sofisticadas e um grande número de pessoas altamente qualificadas (engenheiros), e, portanto, é uma indústria intensiva em conhecimento” (OCDE, 2005b, p. 171).

⁸ O petróleo *onshore* apresenta técnicas de extração e prospecção relativamente maduras, que evoluíram pouco nas últimas décadas - pois as barreiras e incertezas tecnológicas não são elevadas - e exigem poucos gastos em pesquisa prospectiva.

do poço. É preciso lidar com o risco de corrosão dos equipamentos, provocada pela mistura de dióxido de carbono (extraído com o óleo) e a água, que formam o ácido carbônico, além de levar em conta as diferenças de pressão e temperatura que os equipamentos e o próprio petróleo serão submetidos nesses locais. Por último, são necessários estudos sobre a natureza da rocha reservatório - na qual se encontra o petróleo, cujas características (porosidade e permeabilidade, por exemplo) dificultam a utilização das tecnologias atuais de perfuração, oferecendo grande resistência à penetração das brocas tradicionais (Folha de São Paulo, 2009). Também nesse caso, é necessário o desenvolvimento de inovações tecnológicas e a utilização de conhecimentos de diversas áreas da ciência.⁹ Assim, *embora o produto e o setor sejam o mesmo, existem diferenças marcantes no processo de extração e nas capacitações tecnológicas exigidas às operações onshore e offshore.*

Em ambos os casos, o conhecimento, os investimentos e as capacitações tecnológicas necessárias à viabilização desses empreendimentos são imensos¹⁰. Em síntese, a indústria de extração de petróleo, classificada como baixa tecnologia, contribui ativamente para o aumento do estoque de conhecimento mundial (ACHA e TUNZELMANN, 2005, p. 410).

A soja brasileira é outro exemplo que reforça a perspectiva deste estudo. Apesar de ser uma *commodity*, possui mais tecnologia desenvolvida no Brasil que as exportações nacionais de telefones celulares, um bem manufaturado classificado como alta tecnologia. A produção de soja envolve conhecimentos em sementes, química fina, nanotecnologia, biotecnologia, máquinas e implementos agrícolas modernos gerenciados por *softwares* específicos, controle do solo e plantio monitorado por imagens de satélite, enquanto a produção de celulares praticamente limita-se a montagem de componentes importados. Portanto, mesmo que a semente de soja entre nas classificações como um produto agrícola, ela porta conhecimentos e criatividade frutos de pesquisas universitárias, institutos públicos de pesquisa e de empresas de origem química. Ademais, parcela significativa dos insumos (fertilizantes e agrotóxicos, por exemplo), equipamentos (tratores, plantadeiras e colheitadeiras ultramodernos, por exemplo) e serviços de apoio (transportes e *business*, por exemplo) utilizados na agricultura de precisão brasileira – mesmo que produzidos por empresas multinacionais no Brasil – são atividades que não apenas geram emprego, salário, lucros, investimentos, mas também realizam algumas atividades de P&D e promovem *spillovers* para o restante da economia do país.¹¹

4.3 – Em alguns setores os produtos são cada vez mais *sistêmicos*

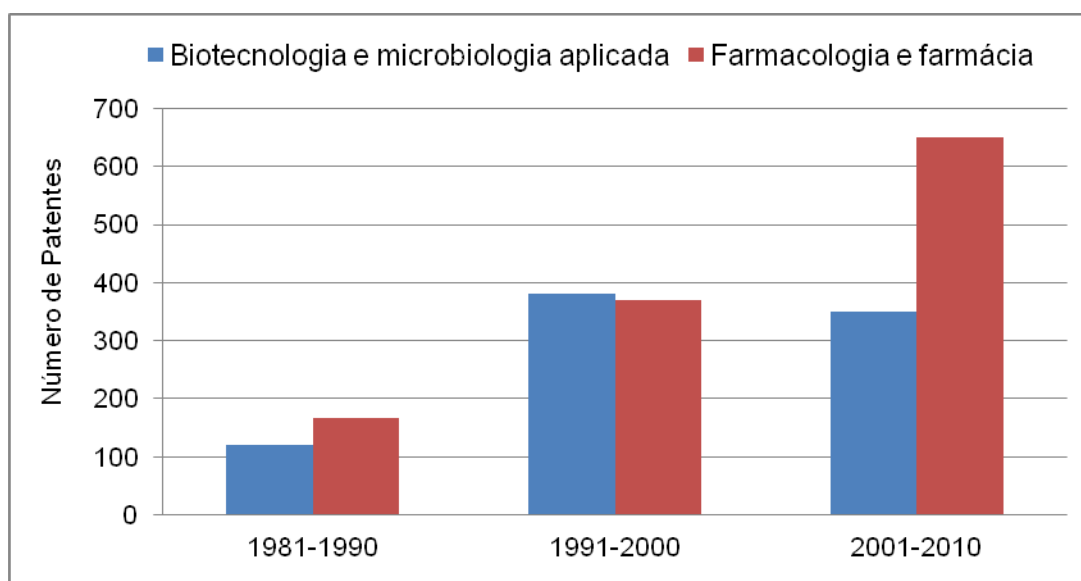
Antigamente havia dois exemplos claros de produtos *sistêmicos*: automóveis e aviões. Hoje em dia há vários e eles não se restringem a setores de maior conteúdo tecnológico. O exemplo precedente da soja brasileira é um caso de um produto que depende de sinergias com diversos agentes e indústrias atuantes no sistema de inovação. Como enfatizado na Seção 3 está havendo uma fusão dos campos dos conhecimentos e das fronteiras setoriais, fazendo com que os produtos e os processos produtivos dependam de um vasto mix de tecnologias simultaneamente de várias disciplinas para serem competitivos. O Gráfico 1 mostra que as indústrias de alimentos processados estão crescentemente patenteando, desde os anos 1980, nas áreas de biotecnologia e farmacêuticas, isto é, fora de seu *know-how* de origem, o que gera maiores possibilidades de novas combinações de produtos e processos produtivos. O caso dos alimentos funcionais exemplifica essa tendência.

⁹ Atualmente, o Centro de Pesquisas da Petrobras (CENPES) emprega 1.610 pessoas – sendo 800 pesquisadores (cerca de 70% são mestres e o restante doutores) além de 400 engenheiros de desenvolvimento – em seu quadro efetivo. Adicionalmente, a Petrobras é a empresa brasileira que mais possui parcerias com universidades e institutos de pesquisa nacionais. Conforme o gerente do CENPES para cada um desses 800 pesquisadores do CENPES, temos 10 pesquisadores nas universidades ou institutos de pesquisa trabalhando em temas associados à nossa carteira, em projetos contratados pela Petrobras” (INOVAÇÃO UNICAMP, 2010).

¹⁰ Este *know-how* levou a Nasa convidar algumas empresas do setor para lhe ajudar no desenvolvimento de tecnologias novas para perfuração em Marte.

¹¹ A agropecuária comprou 11,4% do total vendido pelos setores que constituem os segmentos de média-alta e alta tecnologia – informação colhida da matriz insumo-produto brasileira para o ano de 2005.

GRÁFICO 1 – Indústria de alimentos processados: ampliação das competências tecnológicas para áreas nobres do conhecimento



Nota: Somatório das patentes das cinco maiores firmas – Nestlé, Unilever, Krafts Foods, Archer Daniels e Danone, segundo o Rank Forbes 2011.

Fonte: Elaboração própria a partir de dados do Derwent World Patent Index.

Os alimentos funcionais ou nutracêuticos¹² são produtos “dois em um” (híbridos), pois além de suprirem as necessidades nutricionais básicas, proporcionam benefícios médicos e de saúde ao auxiliar na redução do risco e no combate de doenças crônico-degenerativas (doenças cardiovasculares, problemas intestinais, hipertensão, osteoporose, câncer e outras), corrigindo pequenas disfunções do organismo humano.¹³ Existem também os alimentos “nutricosméticos” que proporcionam benefícios à pele e são nutritivos. Em alguns casos, a eficácia e a segurança desses produtos precisam ser cientificamente comprovados com rigor semelhante aos fármacos, embora ao contrário dos últimos os primeiros não necessitam de receituário médico para consumo.¹⁴

¹² O termo nutracêutico vem de “nutri”, nutriente e “cêutico”, de farmacêutico.

¹³ O mercado de “alimentos funcionais” movimentou cerca de 78 bilhões de dólares em 2007 (The Economist, 2009) e apresenta um ritmo de crescimento três vezes superior ao dos alimentícios convencionais (Exame, 2007). Em 2007, o diretor da Nestlé no Brasil, Carlos Faccina, afirmou que em uma década os alimentos funcionais representarão 40% do mercado de alimentos. Estes produtos agregam mais valor que os produtos tradicionais, e conseqüentemente, exibem maiores margens de lucro. Alguns desses produtos tornaram-se o carro-chefe de suas companhias, como, por exemplo, o Activia que respondeu por 30% das receitas da Danone em 2009.

¹⁴ Exemplificando: cada unidade do *snack* da Unilever, que estimula a atividade cerebral, contém micro-nutrientes (ferro, iodo, zinco, vitaminas B2, B6, B12, ácido fólico e Omega 3 e 6) que agem no desenvolvimento mental das crianças, assim esse produto contém a quantidade de ferro equivalente a 500 gramas de espinafre, Omega 6 proporcional a 12 amêndoas, vitamina C de 2 laranjas, vitamina A de 2 mangas, vitamina B2 de um ovo cozido, vitamina B6 de 4 tomates, vitamina B12 de 150 ml de leite integral, zinco de 28 nozes e ácido fólico de uma xícara de arroz. As prateleiras dos supermercados contêm diversos desses produtos, desde leite, arroz, pães, iogurtes, águas, chocolates e outros; a Tabela 1 apresenta alguns deles.

TABELA 2 – Alimentos funcionais e seus benefícios à saúde

Produto	Empresa	Funcionalidades
Activia e Actimel	Danone	Iogurtes compostos por microorganismos que estimulam o sistema digestivo (eliminação do desconforto abdominal). Ambos ajudam a manter a resistência do organismo por fortificar as defesas naturais e prevenir doenças ocasionadas por bactérias, vírus ou fungos
Becel	Unilever	Creme vegetal alternativa à manteiga de banha, com componentes nutricionais que reduzem o colesterol
Cardivia	Danone	Iogurte rico em ômega 3 que ajuda a prevenir doenças cardíacas
Chocolate da beleza	Ecco Bella	Chocolate nutricosmético que promete pele macia e mais protegida contra o sol
Água Vitalínea	Danone	Um litro de água mineral natural possui 30% de cálcio e 15% de magnésio, os quais têm função importante no desenvolvimento dos ossos (combate a osteoporose)
CocoaVia	Mars	Chocolate que une substâncias presentes no cacau e na soja para reduzir o colesterol ruim (LDL)
Densia	Danone	Iogurte supre metade das necessidades diárias de cálcio e 80% de vitamina D (que ajuda na absorção de cálcio) com apenas um potinho do produto. Auxilia no combate a osteoporose.
Evolus	Valio	Leite que ajuda a reduzir a pressão sanguínea e o colesterol
Enviga	Coca-Cola e Nestlé	Refrigerante que ajuda a queimar calorias
Pão Funcional Estarbem	Wickbold	Duas fatias de pão suprem 28% da necessidade diária de fibras, o que contribui para o "equilíbrio da flora intestinal". Apresenta também diversos nutrientes e vitaminas que auxiliam na absorção dos mesmos e na redução do colesterol ruim e da glicose, além de controlar a pressão arterial e combater a osteoporose
Essensis	Danone	Iogurte cosmético que nutre a pele uniformemente de “dentro para fora”, de modo que você ingere o produto e não precisa aplicá-lo na pele como os cosméticos convencionais
L'eau bronzante	Sun Water	Água com: aloe vera, vitamina C, betacaroteno e licopeno, que promete bronzear a pele sem exposição ao sol
Amaze Brainfood	Unilever	<i>Snack</i> que estimula a atividade cerebral e a concentração. O produto fornece 33% dos nutrientes-chave do cérebro que as crianças precisam ingerir diariamente para o desenvolvimento mental.
Água antiacne	Borba Skin	Água cosmética que remove toxinas que causam acne e clareiam a pele. Há também água para atenuar rugas.
Danacol	Danone	Leite fermentado magro que possui “esteróis vegetais”, os quais ajudam a reduzir os níveis de colesterol
Molico Totalcálcio	Nestlé	Linha de alimentos (leite em pó e líquido e iogurtes diversos) ricos em vitamina A e D e cálcio – ambos nutrientes importantes para a saúde dos ossos. Apenas 2 copos ou porções suprem 100% das recomendações diárias de cálcio.
POM	POM Wonderful	Suco de romã que tem substâncias capazes de deter o envelhecimento celular e evitar câncer de próstata e doenças cardíacas.
Yakult	Yakult	Bebida que estimula o funcionamento do intestino

Fonte: Elaboração própria a partir de fontes diversas.

Os alimentos nutracêuticos e nutricosméticos representam a fusão de campos de conhecimentos das indústrias de alimentos com a farmacêutica e de cosméticos. No caso dos nutracêuticos, Broring, Cloutier e Leker (2006) usaram o termo “convergência industrial” para enfatizar que as fronteiras setoriais das indústrias de alimentos e farmacêuticas estão “borradas”, assim como as estruturas de demanda, pois os consumidores procuram satisfazer necessidades diferentes em uma mesma transação. A rotina de desenvolvimento de alguns desses produtos assemelha-se àquela realizada na indústria farmacêutica. Segundo Souza (2008, p. 240) “para chegar a um novo funcional, a Danone leva até dez anos entre a pesquisa da substância bioativa e os testes clínicos com seres humanos”¹⁵.

A estratégia de inovação científica e tecnológica da Danone assemelha-se à das firmas farmacêuticas. Assim que os cientistas do Vitapol [centro de pesquisa Danone] acreditam ter uma cepa potencialmente lucrativa, a Danone realiza esforços exaustivos para testar a nova bactéria em seres humanos. A empresa já empreendeu mais de 20 testes clínicos, seguindo protocolos parecidos com os usados nos testes de remédios. Recentemente, por exemplo, pesquisadores acompanharam quatro mil pessoas que ingeriram diariamente, durante seis meses, em 150 lugares espalhados pelo mundo, o iogurte líquido Actimel, que promete reforçar o sistema imunológico. (RAUD, 2008, p. 94).

Os produtos nutracêuticos são desenvolvidos por empresas de origem farmacêutica (incluindo também a química e cosmética) e alimentícia ou via alianças/parcerias entre as duas indústrias. Como os gastos em P&D e competências tecnológicas para desenvolver produtos nutracêuticos são muito maiores do que para desenvolver alimentos convencionais, algumas empresas alimentícias estão direcionando seus esforços para estes fins através do aumento da intensidade de P&D interna¹⁶ (Tabela 3) e via fusões e aquisições (Tabela 4) que incorporem centros de pesquisas que possuam ativos estratégicos (conhecimentos acumulados).

TABELA 3: Esforços inovativos da Nestlé e Danone

Empresa	Investimentos em P&D	Investimentos em P&D/vendas	Estrutura de P&D
Danone	Aproximadamente US\$ 250 milhões	1,4% (2008)	30 centros de pesquisa, empregando aproximadamente 1.200 pessoas.
Nestlé	Aproximadamente US\$ 2 bilhões	2,1% (2007)	24 centros de pesquisa, empregando aproximadamente 3.700 pessoas.

Fonte: Elaboração própria a partir de BIS (2010) e sites das firmas.

As estratégias de marketing dos alimentos nutracêuticos se assemelham paulatinamente aquelas realizadas na indústria farmacêutica, pois abarcam o convencimento de médicos, dermatologistas, nutricionistas, a participação em eventos de saúde e a organização de seminários que abordam as funcionalidades do produto.

¹⁵ Exemplificando: o princípio ativo (probiótico L C Defensis) do produto Actimel da Danone consumiu mais de 10 anos de pesquisas.

¹⁶ Em 2011, entrou em operação o *Nestlé Institute of Health Sciences* e o *Nestlé Health Science S.A.*, cuja intenção é liderar uma nova indústria que alia alimentos e medicamentos.

TABELA 4: Fusões e aquisições recentes da Nestlé e Danone

Ano	Empresa Compradora	Empresa Adquirida	Especialidade da empresa adquirida	Valor da Negociação
2004	Danone	Stonyfield Farm	Iogurtes orgânicos	-
2007	Nestlé	Gerber	Divisão médica do laboratório farmacêutico da Novartis	US\$ 5,5 bi
2007	Danone	Numico	Nutrição infantil	US\$ 16,8 bi
2010	Nestlé	Vitaflo	Nutrição clínica	-
2011	Nestlé	Prometheus Laboratories	Laboratório farmacêutico	US\$ 1,13 bi
Anos 2000*	Danone	Yakult	Especialista em probióticos	-

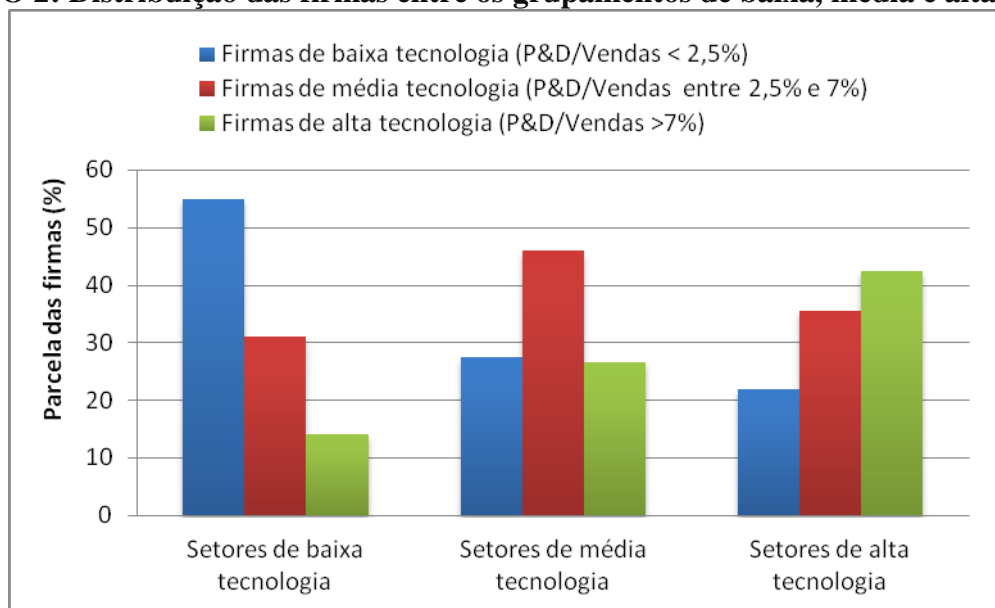
*Aquisição parcial via controle acionário.

Fonte: Elaboração própria a partir de informações coletadas na imprensa.

Portanto, fica evidente que, para algumas empresas – mesmo de setores tradicionais, os produtos são cada vez mais sistêmicos e envolvem conhecimentos de diversos campos da ciência. Essas empresas possuem centros de P&D espalhados pelo mundo que estão articulados com diversos agentes (universidades, fornecedores, parceiros-chave, concorrentes, *spin-offs*, fundos de investimentos e empresas de capital de risco) dos sistemas nacionais de inovação dessas localidades. A tendência é que esse fenômeno se agrave à medida que novos nichos de mercado se abram e as firmas (como as da indústria de alimentos) enxerguem oportunidades na recombinação/criação de conhecimentos em diversas áreas (como a farmacêutica).

4.4. Contradizendo o “senso comum” sem quebrar as “regras do jogo”: empresas de baixa tecnologia investindo muito em P&D formal e empresas de alta tecnologia investindo pouco

Mesmo se considerarmos a P&D formal como proxy da intensidade tecnológica – como fazem as classificações tradicionais, as evidências empíricas sugerem que a divisão tradicional entre os setores de baixa, média e alta é inadequada: existem vários exemplos de firmas de baixa tecnologia que investem muito em P&D e firmas de alta tecnologia que investem pouco, o que contraria o “senso comum”. O Gráfico 2, baseado em um *survey* aplicado à indústria de transformação alemã, mostra claramente que existem empresas de setores considerados como baixa tecnologia que apresentam intensidade em P&D suficiente para serem classificadas como “alta tecnologia”. Da mesma forma, nota-se que algumas empresas de setores considerados como alta tecnologia investem relativamente pouco em P&D.

GRÁFICO 2: Distribuição das firmas entre os grupamentos de baixa, média e alta tecnologia

Fonte: Kirner, Kinkel e Jaeger, 2009, p. 449.

Tal afirmação também se verifica ao compararmos duas das maiores empresas brasileiras e *players* mundiais em seus respectivos setores: Vale e Embraer. A primeira pertence ao setor de extração mineral, considerado de baixa intensidade tecnológica, enquanto a segunda pertence ao setor aeroespacial, de alta intensidade tecnológica. Entretanto, ao se analisar a Tabela 5, percebe-se que *os investimentos em P&D da Vale correspondem a 7 vezes os investimentos em P&D da Embraer*. Pode-se contra-argumentar que essa diferença se deve às escalas produtivas de ambas, porém mesmo quando se compara a razão P&D/vendas – medida tradicional de intensidade tecnológica independentemente da escala produtiva, o valor obtido para a Vale (4,208%) é muito superior ao da Embraer (2,634%). Esse valor colocaria a Vale como uma empresa de média-alta tecnologia, de acordo com a classificação da OCDE¹⁷.

TABELA 5 – Investimentos em P&D da Vale e da Embraer em 2010

Empresa	Gastos em P&D*	Vendas (US\$)*	P&D/Vendas
Vale	938.61	22304	4.208%
Embraer	137.78	5230	2.634%

*Considerando a taxa de câmbio (£/US\$) de 0,6472.

Fonte: Elaboração própria a partir de dados de BIS (2010).

Dos US\$ 1,2 bilhão em P&D que a Vale investiu em 2009, US\$ 621 milhões foram para programas de exploração mineral, US\$ 488 milhões para estudos conceituais e de viabilidade econômica e US\$ 119 milhões para novos processos, inovações e adaptações tecnológicas (VALE, 2009; BRASIL MINERAL, 2010). Dado que os dois primeiros envolvem majoritariamente processos de pesquisa, pode-se dizer que a empresa investiu cerca de dez vezes mais em “P” do que em “D”, característica incomum à maioria das empresas manufactureiras. Por outro lado, grande parte do conteúdo tecnológico dos aviões produzidos pela Embraer tem origem nos seus fornecedores estrangeiros (na forma de P&D incorporada em partes e sistemas)¹⁸. Essa dinâmica é tradicionalmente associada aos setores de baixa tecnologia e intensivos em escala.

¹⁷ Aproveitando o exemplo da indústria aeroespacial, o valor da intensidade tecnológica (P&D/vendas) da Bombardier – concorrente direta da Embraer, é de 0,728%, o que a classificaria como uma empresa de baixa tecnologia.

¹⁸ Apenas uma pequena parte da P&D incorporada é de fornecedores locais. Segundo Marques & Oliveira (2006, p. 3) “there are few Brazilian firms supplying to Embraer and to some of the foreign first tier suppliers of Embraer. In fact, the import

É razoável considerar os esforços inovativos da Vale e Embraer como *proxys* dos esforços inovativos de seus respectivos setores no Brasil - a primeira foi responsável por 64,95% do produto mineral brasileiro em 2009 (BRASIL MINERAL, 2010; DE PAULA, 2011) enquanto a segunda “corresponde a aproximadamente 80% do setor aeronático brasileiro” (MARQUES e OLIVEIRA, 2006, p. 12), o que sugere que, pelos critérios adotados pelas classificações tradicionais, *o setor de extração mineral possui uma intensidade tecnológica maior do que o setor aeroespacial no Brasil*, contrariando o “senso comum”.

Um segundo ponto diz respeito à natureza da P&D realizada em alguns setores de baixa tecnologia. Segundo Weiss (2001 *apud* De Paula, 2011), as fases de pesquisa no setor extrativo mineral podem se estender por até uma década e compreendem as atividades de identificação dos “alvos”, pesquisas geológicas, estimativas de potencial de recursos e sondagem exploratória, definição das técnicas de extração e processamento, dos custos e das receitas potenciais, entre outras, nas quais existe a aplicação de grande quantidade de tecnologia e conhecimentos de diversas áreas. No fim do processo, apenas cerca de 1% dos alvos definidos inicialmente entra em fase de produção – o que evidencia a incerteza referente à atividade inovativa. Pela quantidade de recursos, tempo e grande incerteza envolvida, é possível afirmar que *cada empreendimento mineral bem sucedido pode ser considerado uma inovação importante*¹⁹.

De forma similar, o processo de desenvolvimento de novos produtos farmacêuticos também pode se estender por até uma década, consumir grande quantidade de recursos, conhecimento e tecnologia, além de possuir elevada incerteza quanto aos seus resultados (mais uma vez, aproximadamente 1% dos alvos definidos inicialmente entram em fase de produção) (JARUZELSKI & DEHOFF, 2010). Portanto, uma breve análise da dinâmica dos processos de pesquisa que antecedem a produção mineral da Vale no Brasil sugere que o processo é bastante semelhante ao ciclo de desenvolvimento de novos produtos de algumas indústrias consideradas intensivas em tecnologia, como a farmacêutica.

5. Considerações Finais

Este estudo procurou mostrar que a inovação tecnológica mensurada exclusivamente a partir dos indicadores tradicionais (seja por patentes ou gastos em P&D) é insuficiente para captar a dinâmica inovativa de varias das indústrias de uma economia, especialmente as mais tradicionais. Esses indicadores são relevantes, mas captam prioritariamente os esforços endógenos e “formais” de inovação levadas a cabo especialmente pelos seus laboratórios internos de P&D. Por isso, desconsideram o papel fundamental de outras formas usuais, cotidianas e difundidas de aprendizado interno (associados à rotina diária da firma) e externo (realizado através de cooperação), que resultam em inovação tecnológica incremental e/ou via relações usuário-produtor, como *learning by doing*, *learning by interacting*, *learning by using*, entre outras. Nessa perspectiva, a mudança tecnológica (inovação e difusão) realizadas no âmbito das indústrias tradicionais ocorre via inúmeras inovações incrementais contínuas, por vezes perceptíveis apenas às firmas inovadoras, que em conjunto explicam parte substancial do progresso tecnológico global. Embora algumas características dos produtos das indústrias tradicionais permaneçam aparentemente inalteradas, há fortes evidências de que os processos produtivos são mais complexos e sofisticados do que é usualmente considerado.

content increased from approximately 68% in the 1980s (Dagnino and Proença, 1989) to approximately 95% in the 1990s (Bernardes, 2000a)”.

¹⁹ Ressalte-se que, de acordo com De Paula (2011), existem cerca de 80 minerais com potencial para serem explorados economicamente, dentre os quais se destacam ferro, cobre, ouro, prata, bauxita, zinco, níquel, lítio, etc. Adicionalmente, cada região produtora apresenta diferentes características geológicas, topográficas, ambientais, climáticas e sócio-econômicas. Portanto, para cada jazida são necessárias diferentes técnicas de pesquisa, prospecção, extração, processamento e transporte (Sabedot, 2005), o que dificulta e valoriza ainda mais os gastos em P&D neste setor, uma vez que eles não podem ser feitos em uma região e replicados em áreas diferentes.

Uma das características marcantes das empresas das indústrias tradicionais é a baixa introdução de novos produtos no mercado quando comparados com as de alta tecnologia (eletrônicos, por exemplo), seja pelas diferentes dinâmicas competitivas, seja pelas especificidades dos produtos. As indústrias tradicionais concentram-se mais nas inovações que aperfeiçoam os processos de produção e de gestão do trabalho (redução de custos) - e na pesquisa prospectiva (no caso das indústrias extrativas) - do que no desenvolvimento de novos produtos. Esta é uma das razões pelas quais os esforços inovativos são mais difíceis de serem detectados nestes setores.

A partir desta percepção, o estudo apresenta evidências de que as classificações dos setores em alta, média e baixa tecnologia – como, por exemplo, as da OCDE – são cada vez menos reveladoras do contexto inovativo das empresas. Em parte isso ocorre pelo fato de que as fronteiras do conhecimento estão crescentemente entrelaçadas, exigindo das empresas o domínio e/ou a capacidade de acessar e aplicar conhecimentos de vários campos da ciência simultaneamente nos processos produtivos e de desenvolvimento de produtos. As classificações relativas ao esforço ou a densidade das atividades tecnológicas ainda estão muito centradas na indústria produtora (fonte) de tecnologias, desconsiderando a capacidade que as empresas têm de usar e incrementar tecnologias para gerar valor econômico. Conforme a OCDE (2005b, p. 171) o traço mais importante, ou a mola propulsora do paradigma vigente, das indústrias intensivas em conhecimentos é a habilidade de usar tecnologias. No entanto, os indicadores empregados nas classificações tradicionais não captam nem essas importantes atividades rotineiras de inovação, nem as interdependências tecnológicas e impactos diretos e indiretos de algumas indústrias sobre as demais.

Mesmo quando os critérios de classificação são os adotados pela OCDE, há evidências de empresas líderes de indústrias tradicionais com um esforço tecnológico muito acima da média, sendo possível classificá-las em outro nível tecnológico. Um exemplo marcante é o caso da Vale, empresa mineradora brasileira, com intensidade tecnológica (P&D sobre vendas) grande o suficiente para classificá-las em estratos de maior intensidade tecnológica. Ademais, se a fórmula para o cálculo do esforço de inovação da firma considerar *todas as outras atividades inovativas*, como sugerido nas recomendações da OCDE (em parte incorporadas na metodologia da PINTEC), ou seja, tomando como indicador de intensidade tecnológica o quociente entre os gastos totais em atividades inovativas em relação às vendas, o valor encontrado para os setores tradicionais aumenta consideravelmente em relação ao cálculo convencional (P&D/vendas), alcançando níveis próximos aos dos setores de “alta tecnologia”.

Tendo em vista que as indústrias tradicionais representam cerca de 50% em termos de emprego e do valor adicionado de um país, este estudo tem o intuito principal de colocar na agenda de pesquisa um reexame dos processos de inovação e difusão nas diferentes indústrias. Nesse sentido, entendemos que é primordial deslocar o foco da P&D formal e avançar no entendimento da dinâmica dos processos inovativos incrementais que reduzem custos, poupam tempo e economizam recursos. Para isso, acreditamos ser necessário avançar na discussão dos quatro pontos da seção 4, brevemente tratados nesse artigo, além de aprofundar e ampliar a avaliação para outras indústrias de “baixa tecnologia”, como, por exemplo, a indústria de papel e celulose, o complexo agropecuário, a indústria de construção civil e o etanol brasileiro.

Referências

- ACHA, V.; TUNZELMANN VON, N.; (2005). “Innovation in ‘low-tech’ industries.” *In*: J. FAGERBERG, D. MOWERY e R. R. NELSON (Eds): *The Oxford Handbook of Innovation*, pp. 407–432. Oxford: Oxford University Press.
- AAPG, *American Association of Petroleum Geologists*. <http://www.aapg.org/>
- BARTOS, J. P. (2007). “Is mining a high-tech industry? Investigations into innovation and productivity advance.” *Resources Policy* 32, pp. 149–158.

- BIS - Department for Business Innovation & Skills., (2010). *The 2009 R&D Scoreboard the top 1,000 UK and 1,000 Global Companies by R&D Investment Company Data*.
- BIS - Department for Business Innovation & Skills., (2011). *The 2010 R&D Scoreboard the top 1,000 UK and 1,000 Global Companies by R&D Investment Company Data*.
- BRASIL MINERAL (2010). “As 100 maiores empresas brasileiras de mineração”. *Brasil Mineral*, v. 27, n. 296, pp. 40-47.
- BRÖRING, S.; CLOUTIER, L.M.; LEKER, J.; (2006). “The front end of innovation in an era of industry convergence: evidence from nutraceuticals and functional foods.” *R&D Management* 36, 5.
- COHEN, W. M.; LEVINTHAL, A.D., (1990). “Absorptive Capacity: A New Perspective on Learning and Innovation”. *Administrative Science Quarterly*, Vol. 35, No. 1, Special Issue: Technology, Organizations, and Innovation, pp. 128-152.
- DAVID, P.A.; FORAY, D., (1995). *STI. Science Technology Industry: Special Issue on Innovation and Standards*, Review N° 16. OECD, Paris.
- De PAULA, G.M., (2011). “Fundo Setorial Mineral.” Projeto Metodologia de Avaliação dos Fundos Setoriais (C,T&I), Secretaria Execultiva – MCT, Comissão de Avaliação dos Fundos Setoriais. Convênio MCT-FINEP/ IPEA /UFMG.
- DOSI, G., (1982). “Technological paradigms and technological trajectories: A suggested interpretation of the determinants and directions of technical change.” *Research Policy* 11(3), pp. 147-162.
- DOSI, G., (1988). “Sources, procedures and microeconomic effects of innovation.” *Journal of Economic Literature*, v. 27, pp. 126-1171.
- DOSI, G.; PAVITT, K.; SOETE, L., (1990). *The Economic of Technical Change and International Trade*. Harvester/Wheatsheaf Press.
- EXAME, vários números. <http://www.exame.abril.com.br/>.
- FORBES, vários números. <http://www.forbes.com/>
- FREEMAN, C., (1987). *Technology Policy and Economic Performance: Lessons from Japan*. London: Frances Pinter.
- FREEMAN, C.; LOUÇÃ, F., (2001). *As time goes by: from the industrial revolutions and to the information revolution*. Oxford: Oxford University.
- HIRSCH-KREINSEN, H.; JACOBSON, D.; LAESTADIUS, S. e SMITH, K. (2003). “Low-tech Industries and the Knowledge Economy: State of the Art and Research Challenges”. Online: www.pilot-project.org/publications/sota2.pdf.
- JARUZELSKI, B.; DEHOFF, K., (2010). “The Global Innovation 1000: How the Top Innovators Keep Winning”. Booz & co., *Strategy + business*, Issues 61 Winter 2010.
- JOHNSON, B.; LUNDVALL, B.A., (2005). “Promovendo sistemas de inovação como resposta à economia do aprendizado crescentemente globalizada”. In *Conhecimento, sistemas de inovação e desenvolvimento* / Organização Helena M. M. Lastres, José E. Cassiolato e Ana Arroio. - Rio de Janeiro: Editora UFRJ; Contraponto.
- KLINE, S. J.; ROSENBERG, N., (1986). “An overview of innovation.” In: LANDAU, R.; ROSENBERG, N. (eds.), *The Positive Sum Strategy - Harnessing Technology for Economic Growth*, Washington, pp. 275-305.
- LUNDVALL, B. A. (1988). “Innovation as an interactive process: from user-producer interaction to the national system of innovation”. In: Dosi, G. et al., *Technical change and economic theory*. London: Pinter Publishers, 1988

- KIRNER, E.; KINKEL, S.; JAEGER, A., (2009). “Innovation paths and the innovation performance of low-technology firms — An empirical analysis of German industry.” *Research Policy* 38, pp. 447–458.
- MARQUES, R. A.; OLIVEIRA, L.G., (2006). “Sectoral System of Innovation in Brazil: Reflections about linkages and the accumulation of technological capabilities experienced by SME suppliers to the aeronautic industry.” Paper presented on GLOBELICS India 2006.
- OCDE, (2005a). *Oslo Manual—Guidelines for Collecting and Interpreting Innovation Data*. 3rd ed. OECD, Paris.
- OCDE, (2005b). *Measuring Globalisation OECD: Handbook on Economic Globalisation Indicators*. OECD, Paris.
- PATEL, P.; PAVITT, K., (1994). “The continuing, widespread (and neglected) importance of improvements in mechanical technologies.” *Research Policy* 23, pp. 533–545.
- PAVITT, K., (1984). “Sectoral patterns of technical change: towards a taxonomy and a theory.” *Research Policy* 13, pp. 343–373.
- PEREZ, C. (2010). “The financial crisis and the future of innovation: A view of technical change with the aid of history”. Paper provided by TUT Institute of Public Administration in its series The Other Canon Foundation and Tallinn University of Technology Working Papers in Technology Governance and Economic Dynamics with number 28.
- PINTEC (2010). Pesquisa de Inovação Tecnológica, IBGE. Ano base: 2008.
- RAUD, C., (2008). “Os Alimentos Funcionais: A Nova Fronteira da Indústria Alimentar Análise das Estratégias da Danone e da Nestlé no Mercado Brasileiro de Iogurtes.” *Revista Sociologia e Política*, Curitiba, v. 16, n. 31, pp. 85-100.
- RENDU, J.; SANTITI, S.; HANSEN, P.; WHITE, D., (2006). “Mine design and costs, and their impact on exploration targets.” In: DOGGETT, M.D.; PARRY, J.R. (Eds.), *Wealth Creation in the Minerals Industry: Integrating Science, Business and Education*. Society of Economic Geologists Special Publication No. 12, pp. 263–272.
- ROBERTSON, P. L.; PATEL, P. R., (2007). “New wine in old bottles—technological diffusion in developed economies.” *Research Policy*, 36(5), pp. 708–721.
- ROBERTSON, P.; SMITH, K.H.; TUNZELMANN VON, N., (2009). “Innovation in low- and medium-technology industries.” *Research Policy*, 38, (3), pp. 441-446.
- ROSENBERG, N., (1963). “Technological change in the machine tool industry, 1840–1910.” *Journal of Economic History*, 23, pp. 414–443.
- ROSENBERG, N., (1975). “Problems in the economist’s conceptualization of technological innovation.” *HOPE, History of Political Economy*, 7(4), pp. 456-48.
- ROSENBERG, N., (1976). “Factors affecting the diffusion of technology”. In: ROSENBERG, N. (Ed.), *Perspectives on Technology*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 189–210.
- ROSENBERG, N., (1982). *Por Dentro da Caixa Preta: tecnologia e economia*. Campinas: Editora da Unicamp.
- SCHUMPETER, J. A., (1939). *Business Cycles: A Theoretical, Historical and Statistical Analysis of the Capitalist Process*. New York Toronto London: McGraw-Hill Book Company.
- SCHUMPETER, J. A., (1942). *Capitalism, Socialism, and Democracy*. New York: Harper and Brothers.
- SOUZA, M. A. F., (2008). *Dos Laboratórios aos Pontos de Venda: Uma Análise da Trajetória dos Alimentos Funcionais e Nutracêuticos e sua repercussão sobre a questão Agroalimentar*. PhD thesis, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

SMITH, K., (2000). “What is the ‘knowledge economy’? Knowledge-intensive industries and distributed knowledge bases.” Paper presented to DRUID Summer Conference on The Learning Economy - Firms, Regions and Nation Specific Institutions.

THE ECONOMIST, vários números. <http://www.economist.com/>

VALE, site institucional. <http://www.inovacaovale.com.br/>

VALOR, vários números. <http://www.valoronline.com.br/>

VON HIPPEL, E., (1988). *The Sources of Innovation*. Oxford University Press. New York.

VON HIPPEL, E., (2005). *Democratizing Innovation*. MIT Press, Cambridge, MA.

VON HIPPEL, E., (2009). “Adapting policy to user-centered innovation”. In: Foray, D. (Ed.). *The New Economics Of Technology Policy*. UK, Cheltenham: Edward Elgar, pp. 327-357.