

Sobre a coevolução das estruturas comercial e tecnológica: teoria e evidência empírica

*Cecilia Menezes Barbosa de Carvalho**

*Ana Urraca Ruiz***

Recebido: 13 de agosto de 2017 Versão Revisada (entregue): 26 de março de 2018 Aprovado: 18 de abril de 2018

RESUMO

O objetivo deste artigo é analisar em que medida os padrões de especialização tecnológica coevoluem com os de especialização comercial. Para isso, o artigo assume que existe interdependência entre as estruturas produtiva, tecnológica e comercial e, portanto, os choques de demanda subjacentes aos processos de integração econômica gerarão impactos na estrutura tecnológica. A hipótese de coevolução é testada para 35 países e 38 setores no período de 1996 a 2013 por meio de estimações em dados em painel. Os resultados mostram que ambos os padrões (comercial e tecnológico) coevoluíram, especialmente nos setores mais intensivos em conhecimento, registrando-se um importante efeito *demand pull* nos setores mais internacionalizados. A ação das empresas multinacionais se revelou como um direcionador menor da evolução dos padrões de especialização tecnológica dos países hospedeiros. Entre os determinantes autônomos da especialização tecnológica, a cumulatividade parece jogar um papel crucial, enquanto a oportunidade tecnológica só se mostrou relevante nas indústrias intensivas em recursos naturais.

* Universidade Federal Fluminense (UFF), Niterói (RJ), Universidade de São Paulo (USP), São Paulo (SP), Brasil. E-mail: ceciliambc@gmail.com.

** Universidade Federal Fluminense (UFF), Niterói (RJ), Brasil. E-mail: anaurracarui@gmail.com.

PALAVRAS-CHAVE | Estrutura Tecnológica; Estrutura Comercial; Mudança Estrutural; Integração Econômica

CÓDIGOS-JEL | O10; O33; O50

**On the coevolution of commercial and technological structures:
theory and empirical evidence**

ABSTRACT

This paper aims to analyze how technological specialization patterns coevolve with the commercial specialization patterns. Given the interdependence between productive, technological and commercial structures, it is expected that demand shocks implicit to liberalization processes will generate impacts on the technological structure. The coevolution hypothesis will be tested by means of a panel data formed for 35 countries and 38 sectors from 1996 to 2013. The results confirm that commercial and technological patterns of specialization coevolved in all models and, mostly, in dynamic sectors. The demand-pull effect was also confirmed for the most internationalized and dynamic sectors. Multinational corporations emerged as a minor determinant of the technological specialization patterns in host countries. In relation to the autonomous determinants of technological specialization, cumulateness seems to play a central role, while technological opportunity was relevant only in industries intensive in natural resources.

KEYWORDS | Technological and Commercial Structures; Structural Change; Commercial Liberalization

JEL CODES | O10; O33; O50

1. Introdução

Uma das principais consequências dos processos de integração econômica é a realocação de recursos e a mudança estrutural em seu tripé produtivo, tecnológico e comercial. As relações entre as estruturas comercial e tecnológica na tradição neo-schumpeteriana se concentram na forma pela qual o progresso técnico altera as vantagens competitivas nacionais e, como consequência, a estrutura de exportações (DOSI; PAVITT; SOETE, 1990; MONTOBBIO; RAMPA, 2005; LAURSEN, 1999). No entanto, a integração dos mercados de produtos, serviços, capitais e conhecimento pode representar um estímulo para uma realocação interna dos recursos à inovação e conduzir a novas especializações tecnológicas, ou seja, a relação de causalidade seria bidirecional e, portanto, ambas as estruturas coevoluem pelas interações existentes entre elas.

Dada a ausência na literatura de exercícios empíricos acerca da observação deste efeito, o presente trabalho tem como objetivo contrastar a hipótese de coevolução, isto é, a existência de causalidade significativa da estrutura comercial na determinação da estrutura tecnológica. Para tanto, é realizada uma regressão em painel temporal em triênios entre 1996 e 2013, período de forte integração econômica em nível mundial, para um conjunto de 35 países e 38 indústrias agrupadas em cinco categorias industriais.

O trabalho se divide em quatro partes além desta introdução. A seguir são apresentadas as hipóteses sobre por que seria esperado haver coevolução de estruturas. Posteriormente expõem-se o modelo empírico, as bases de informação e os aspectos metodológicos relativos à definição de variáveis e categorias industriais. Por fim são discutidos os principais resultados e tecidas algumas conclusões deste estudo.

2. Especialização tecnológica e integração econômica internacional

A especialização tecnológica nacional (ETN) representa a distribuição de competências tecnológicas entre domínios de conhecimento tecnológico (ou tecnologias) de seus agentes (indivíduos, empresas e outras organizações) (MELICIANI, 2002). A ETN é resultado de processos específicos de criação, aquisição e acumulação de conhecimento (aprendizado), refletindo a base de conhecimento científico e tecnológico de um país (MALERBA; MONTOBBIO, 2003).

A evolução do padrão de especialização tecnológica é determinada por três conjuntos de forças (URRACA-RUIZ, 2013): *autônomas*, relativas à própria di-

nâmica da mudança técnica; *induzidas*, representadas pelas políticas tecnológicas enquadradas em específicos Sistemas Nacionais de Inovação (SNI); e *estruturais*, associadas às interações com as estruturas comercial e tecnológica.

As forças autônomas referem-se à evolução dos regimes tecnológicos relativos à oportunidade, cumulatividade e demanda. A oportunidade tecnológica representa a probabilidade de obter resultados por unidade de recurso (KLEVORICK et al., 1995). A teoria associa a oportunidade tecnológica à mobilidade, isto é, a uma alocação de recursos nas tecnologias em que a probabilidade de obter resultados é maior. Os limites à mobilidade vêm determinados pelas situações de *lock-in* tecnológico, nas quais podem se encontrar países avançados especializados em tecnologias cujo ciclo tecnológico se encontra em fases maduras (LEE; MALERBA, 2017). A literatura indica também que o efeito da oportunidade tecnológica sobre o padrão de especialização depende da especialização tecnológica inicial. Uma especialização inicial que permite a exploração de oportunidades tecnológicas nas mesmas tecnologias ou tecnologias relacionadas possibilitaria aproveitar os impactos da evolução de seu paradigma associado e facilitar, no longo prazo, a mobilidade e a modificação dos padrões de ETN (HUANG; MIOZZO, 2004; MELICIANI, 2002). Alternativamente, uma especialização em competências tecnológicas afastadas do conhecimento que permite explorar as tecnologias dinâmicas (de alta oportunidade) restringiria as possibilidades de exploração dos novos paradigmas tecnológicos e deixaria os países reclusos em um relativo atraso tecnológico. No entanto, a evidência empírica tem mostrado que países dotados de especializações tecnológicas em tecnologias pouco dinâmicas conseguiram apresentar dinamismo tecnológico e mobilidade mediante a realização de elevados esforços internos em capacidade de absorção (P&D e imitação), especialmente em países em desenvolvimento onde a possibilidade de *lock-in* em tecnologias maduras é menor (LAURSEN, 1999; MELICIANI, 2002; URRACA-RUIZ, 2013).

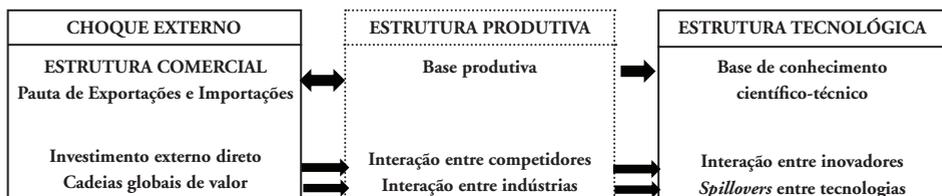
O efeito da cumulatividade envolve *path dependence* e estabilidade dos padrões de ETN. Uma vez que cada tecnologia possui uma base específica de conhecimento, a trajetória de evolução do progresso técnico dependerá da escolha tecnológica de cada país para adquirir e acumular novos conhecimentos relacionados com sua base tecno-científica. Dessa forma, a cumulatividade do conhecimento empurra a um certo *path dependence* na trajetória do progresso técnico, gerando persistência, estabilidade e *lock-in* tecnológico, com elevados custos de reversibilidade (CANTWELL; VERTOVA, 2004).

O terceiro fator autônomo relaciona-se com o estímulo da demanda. Em processos de integração econômica, a demanda atua em termos de elasticidade-renda dos produtos exportados, surgimento de nichos de mercado e possibilidade de diferenciação de produto, aumento de escala derivado da criação e expansão de novos mercados e destruição de setores pouco competitivos. A alteração da estrutura da demanda e a pressão competitiva externa poderiam levar a uma realocação ou a um aumento dos recursos tecnológicos, propiciando a criação de novas competências ou possibilitando um melhor aproveitamento de competências já existentes. Nesse sentido, os processos de integração econômica são capazes de alterar as expectativas de crescimento dos diferentes mercados, resultando numa realocação de recursos tecnológicos na direção de tecnologias em que a rentabilidade esperada das despesas em inovação é maior.

Um segundo conjunto de determinantes da ETN é de caráter estrutural, isto é, decorre das interseções entre as bases de conhecimento relativas às estruturas produtiva, tecnológica e comercial (Figura 1). A teoria neo-schumpeteriana centra a análise das relações entre comércio e tecnologia na determinação de vantagens comerciais (comparativas) a partir da capacitação tecnológica nacional. No entanto, a distribuição dessas capacitações também pode se ver afetada pela alteração da estrutura comercial, especialmente quando esta decorre de choques externos que não se relacionam com a evolução do progresso técnico em geral ou num determinado país em particular (definido pela sua escolha ou adoção tecnológica). Nesse sentido, o presente trabalho defende a ideia de que as estruturas tecnológica e comercial coevoluem, isto é, evoluem conjuntamente pela interação entre ambas, especialmente na presença de choques externos.

FIGURA 1

Relação entre as estruturas comercial e tecnológica com choque externo



Fonte: Elaboração dos autores.

De acordo com a Figura 1, as principais formas pelas quais a estrutura comercial coevolui com a estrutura tecnológica são as seguintes:

- o choque externo levaria a uma realocação interna de recursos produtivos, alterando as vantagens comparativas nacionais. Como as competências tecnológicas estão associadas às competências produtivas no nível microeconômico, as mudanças da estrutura produtiva deverão acarretar mudanças na base de conhecimento tecnológico associada à base produtiva;
- se a pauta de exportações revela as vantagens competitivas da produção interna, haverá então associação entre o direcionamento das exportações e o das tecnologias associadas aos produtos exportados. Normalmente, países grandes e com estruturas produtivas diversificadas apresentam uma associação positiva entre suas estruturas produtiva e comercial (Estados Unidos, Alemanha). Já países grandes, mas com uma forte especialização em atividades de extração e primeira transformação de recursos naturais, tendem a registrar uma estrutura comercial mais especializada do que sua estrutura produtiva (Rússia, Brasil) (GLAUBER et al., 2017);
- a abertura dos mercados barateia o custo de importação de tecnologias incorporadas em bens (conteúdo tecnológico médio-alto) e a transferência de tecnologias não incorporadas por meio da importação de serviços tecnológicos (*royalties* de patentes, *know-how*, formação técnica). Se as importações referem-se a produtos nos quais o país não tem competências, a integração permitiria algum tipo de diversificação tecnológica da base de conhecimento pelo *learning by using* em tecnologias incorporadas e não incorporadas. Mas, se a importação de bens e serviços acontece em tecnologias relacionadas, a integração econômica pode levar a uma concentração de esforços nas vantagens tecnológicas locais;
- o investimento externo direto (IED), expresso pela ação das empresas multinacionais (EMNs) nos países receptores, define uma nova relação de interação por concorrência ou por cooperação com agentes locais que determina novas relações entre inovadores que afetam a estrutura tecnológica nacional. O impacto esperado das EMNs nos países hospedeiros também é ambíguo. Por um lado, se as EMNs se inserem em indústrias nas quais o país tem capacitação produtiva e tecnológica e são tecnologicamente ativas no país hospedeiro (mesmo realizando atividades de P&D adaptativo local), elas utilizarão recursos tecnológicos nacionais onde já existe algum tipo de capacitação, o que levaria a um aumento da especialização em tecnologias onde o país já apresenta vantagens tecnológicas (BELL; PAVITT, 1993; MONTOBBIO; RAMPA, 2005). Paralelamente, se as EMNs se inserem

em atividades produtivas onde o país não detém capacitações produtivas nem tecnológicas, a atividade tecnológica dessas empresas no país hospedeiro contribuirá para a diversificação da sua base técnica, sendo este o caso mais comum na América Latina (URRACA-RUIZ, 2005). Uma terceira situação acontece quando as EMNs direcionam sua atividade produtiva no país hospedeiro à exportação ou à criação de cadeias de escasso valor agregado e pouco intensivas em conhecimento, não havendo efeitos na criação de competências tecnológicas internas e o efeito sobre a ETN do país receptor será nulo (ITO; WAKASUGUI, 2007; MELO; URRACA-RUIZ, 2015). Por fim, os casos mais dramáticos aconteceriam quando empresas nacionais cuja atividade tecnológica é realizada internamente acabam sendo banidas pela ação de EMNs (pela concorrência ou por processos de compra, F&A) que internacionalizam sua P&D;

- finalmente, o choque externo permite aos países se inserirem em cadeias globais de valor (CGV). As formas de inserção dos países nessas cadeias variam muito e dependem, sobretudo, dos objetivos das EMNs e da capacitação local. Embora seja difícil estabelecer qual será o resultado deste choque, a participação em cadeias globais de valor pode estabelecer novas relações produtivas ao longo das cadeias de produção internas. Nesse sentido, os *spillovers* entre indústrias e tecnologias ao longo da cadeia também podem ser alterados e, com isso, a especialização tecnológica nacional. Um exemplo desse efeito seria a recente especialização tecnológica do México em tecnologias da informação ou China em tecnologias audiovisuais como consequência de sua participação nas cadeias globais das empresas multinacionais dos Estados Unidos e Coreia do Sul, respectivamente.

3. Base de dados e metodologia

3.1. Classificações e bases de dados

A análise empírica da relação entre os padrões de ETN e especialização comercial nacional (ECN) passa por um trabalho prévio de compatibilização entre as classificações dos dados de comércio e patentes. Como a análise restringe-se às manufaturas, todos os dados foram traduzidos para a classificação Nace (*Statistical Classification of Economic Activities in the European Community / Revisão 1*). A ECN dos países selecionados foi elaborada a partir dos dados de exportações entre 1996 e 2013

extraídos da *World Integrated Trade Solutions* (WITS) no nível de agregação de cinco dígitos, seguindo a classificação padrão de comércio internacional (*Revisão 3* do SITC – *Standard International Trade Classification*) e, posteriormente, convertidos para a classificação Nace por meio da utilização da tabela de conversão de Diaz-Mora (2001). Após a conversão, os dados de exportação ficaram disponíveis em nível de agregação de 44 setores.

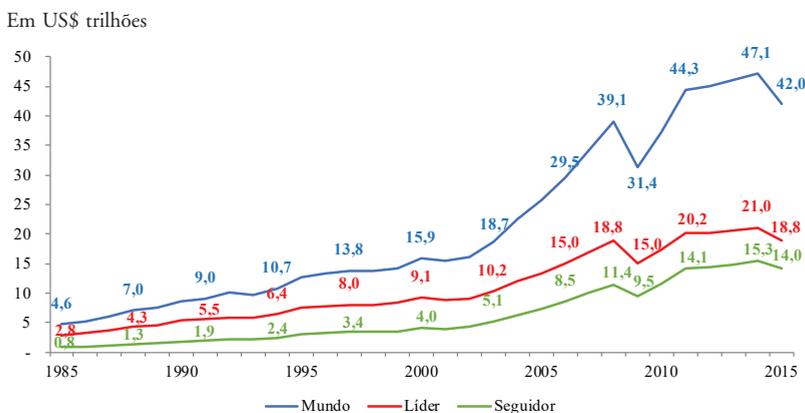
As ETNs foram calculadas a partir de agregação trienal dos fluxos de patentes depositadas junto ao *European Patent Office* (EPO) no *Patstat*, entre 1996 e 2013, o que resultou no total de seis períodos (1996-1998, 1999-2001, 2002-2004, 2005-2007, 2008-2010 e 2011-2013). Os dados foram coletados em um nível de agregação de 4 dígitos (620 campos técnicos) de acordo com a Classificação Internacional de Patentes (IPC). Cabe destacar algumas considerações metodológicas sobre o uso de patentes para medir ETN: a residência do inventor fornece a nacionalidade à patente; todas as patentes depositadas foram incluídas, independentemente da natureza do depositante (universidades, instituições públicas, pequenas e grandes empresas nacionais e internacionais e inovadores individuais); como algumas patentes envolvem mais de um depositante e/ou inventor, o registro do número de patentes foi realizado por meio do método de contagem fracionada, refletindo a participação proporcional de cada país e o grau de interação entre os agentes localizados em países diferentes (MIRANDA, 2014); e nem todas as patentes encontram uma correspondência setorial exata.

Não existe uma associação direta entre a classificação de indústrias e de tecnologias, dado que, normalmente, uma indústria tem uma base de conhecimento relativa a um conjunto de tecnologias e uma mesma tecnologia pode fazer parte da base de conhecimento de um conjunto de indústrias. Nesse sentido, para distribuir o número de patentes por indústria, foi multiplicado o vetor de patentes em cada ano para M tecnologias (agregando as informações da IPC 2014 a 4 dígitos para 44 campos técnicos) por uma matriz de pesos $M \times N$ (M tecnologias \times N indústrias) calculada por Schmoch et al. (2003) que distribui a importância de cada tecnologia para cada setor industrial a 44 atividades industriais (Nace-Revisão 1).

A base utilizada para o painel compreende dados de exportação e depósitos de patentes realizados entre 1996 e 2013, agregados para os mesmos triênios (1996-1998, 1999-2001, 2002-2004, 2005-2007, 2008-2010, 2011-2013). Esta periodificação foi escolhida porque permite analisar os possíveis efeitos da abertura comercial mundial realizada na década de 1990 (Gráfico 1). Essa década caracterizou-se pela multiplicação de acordos bilaterais e preferenciais de comércio em zonas – caráter regional – que envolviam reduções tarifárias e a harmonização de marcos regulató-

rios para a redução dos custos de comercialização, melhorando, assim, o acesso aos mercados e expandindo o comércio internacional (STURGEON et al., 2013). Em paralelo, surgiram novas formas de organização da produção expressas na disseminação das chamadas CGVs, caracterizadas pela fragmentação das diferentes etapas do ciclo produtivo de bens e serviços em diversos países. As CGVs provocaram um crescimento expressivo dos fluxos comerciais de produtos intermediários a partir dos anos 1990. Além do aumento do comércio, os processos de integração e liberalização econômica ampliaram os fluxos de IED liderados por EMNs. Como consequência, as estruturas produtivas nacionais também se globalizaram.

GRÁFICO 1
Corrente de comércio (1) de bens e serviços – 1985-2015



Fonte: Organização Mundial do Comércio – OMC. Elaboração dos autores.

(1) Somatório das exportações e importações do mundo (dupla contagem) e dos países da amostra, diferenciando entre líderes e seguidores

A amostra contemplada na análise empírica compreende 35 países¹ entre os principais líderes e seguidores, de acordo com dois critérios de seleção: países que participavam ou passaram a integrar blocos econômicos e/ou regionais ou participavam de acordos comerciais; e cujas economias nacionais registraram processos de abertura comercial ao longo dos anos 1990.

A base de dados final consistiu em informações sobre exportações e patentes para 35 países, em 44 atividades industriais Nace-Revisão 1 e em seis períodos

1 Os países que compõem a amostra são: Alemanha, Áustria, Dinamarca, Finlândia, França, Países Baixos, Reino Unido, Suécia, Estados Unidos, Canadá, Japão, Singapura, Austrália, Nova Zelândia, Israel, Noruega, Suíça, Espanha, Grécia, Irlanda, Itália, Polónia, Portugal, Argentina, Brasil, Chile, China, Coreia do Sul, Hong Kong, Índia, Malásia, Tailândia, África do Sul, Turquia e México.

trienais compreendidos entre 1996 e 2013. Para trabalhar com os dados mais recentes, a classificação teve de ser adaptada à Nace-Revisão 2, reduzindo os 44 setores para um total de 38. Por meio de uma taxinomia própria, tendo como objetivo detectar diferenças intersetoriais na coevolução entre as estruturas comercial e tecnológica, os 38 setores industriais foram agregados a cinco “categorias industriais”, combinando especificidades relativas aos seus processos de inovação no sentido de Pavitt (1984) e características estruturais de seus mercados, tais como: intensidade tecnológica e importância do conhecimento no valor agregado; proximidade com a ciência; sofisticação dos processos produtivos; grau de diferenciação de produto; importância para a difusão tecnológica; e similaridades tecnológicas em processos ou em produtos. As cinco categorias industriais são: indústrias intensivas em recursos naturais; indústrias tradicionais; indústrias de bens de capital e transporte; indústrias químicas; e indústrias baseadas na ciência (Quadro 1).

As categorias A e B (indústrias intensivas em recursos naturais e indústrias tradicionais, respectivamente) contêm indústrias que, teoricamente, caracterizam-se por serem mais usuárias de inovações do que produtoras; conseguem se apropriar menos de suas vantagens tecnológicas – que se localizam fundamentalmente em técnicas profissionais, *design*, marcas comerciais e publicidade – e suas trajetórias tecnológicas vêm determinadas pela redução de custos (PAVITT, 1984). No caso brasileiro, dois setores – coque e refino de petróleo e papel e celulose – seguem um comportamento fora desse padrão teórico, em termos não de “fontes de inovação”, mas sim de “aprendizado relevante para inovar”, “foco nas trajetórias tecnológicas” e “resultados de inovação” (CAMPOS; URRACA-RUIZ, 2009). No entanto, pela natureza de sua atividade, isto é, por se tratar de indústrias relacionadas com a extração e primeira transformação de recursos naturais, foram colocadas na classificação A.

A categoria C (indústrias de bens de capital e transporte) agrupa indústrias de intensidade tecnológica média, concretamente uma parte dos fornecedores especializados (maquinaria) e intensivos em escala (transporte); ou seja, são todas indústrias de produção intensiva (PAVITT, 1984). Sua principal característica tecno-produtiva é que a trajetória tecnológica se foca no aproveitamento da produção em larga escala e de montagem (*assembling*), sendo muito direcionada à redução de custos em processos contínuos. A produção de máquinas exige, ademais, uma contínua adaptação às necessidades dos usuários, maior complexidade dos insumos (metais) e sistemas de controle de qualidade. As indústrias da categoria C, principalmente as de bens capital, aproveitam o conhecimento incorporado em engenharias e ciências de transferência, servindo, assim, como uma categoria indutora de difusão de progresso técnico ao resto da matriz produtiva.

QUADRO 1
Categorias industriais de análise

Categorias industriais	Divisão dos setores por categorias
A. Indústrias intensivas em recursos naturais	Indústria de alimentos e bebidas Indústria do tabaco Indústria da madeira Papel e celulose Coque, produtos petrolíferos refinados e combustível nuclear Outros produtos minerais não metálicos Indústria metalúrgica de base
B. Indústrias tradicionais	Fabricação de têxteis Indústria do vestuário Couro e calçados Edição e impressão Artigos de borracha e de matérias plásticas Produtos metálicos, exceto máquinas e equipamentos Mobiliário; outras indústrias transformadoras
C. Indústrias de bens de capital e transporte	Máquinas e equipamentos (exc. motores para ind. de transportes) Outra maquinaria para uso específico Maquinaria agrícola Máquinas-ferramenta Outras máquinas de uso especial Armas e munição Equipamento elétrico, geradores e seus componentes; controle de processos industriais Outros equipamentos elétricos Automóveis, reboques e semirreboques Outro material de transporte
D. Produtos químicos	Produtos químicos de base Pesticidas e outros produtos agroquímicos Tintas, vernizes e revestimentos Sabões, detergentes, produtos de higiene pessoal Outros produtos químicos Fibras fabricadas à mão
E. Indústrias baseadas na ciência	Farmacêutica, químicos medicinais e botânicos Eletrodomésticos Máquinas de escritório e computadores Componentes eletrônicos Equipamentos de comunicação Equipamentos médicos Instrumentos para medição Instrumentos óticos e fotográficos

Fonte: Elaboração dos autores.

As categorias D e E (indústrias químicas e indústrias baseadas na ciência) correspondem, na taxonomia de Pavitt, às indústrias baseadas na ciência. Ambas as categorias caracterizam-se por terem como principal fonte de inovação a P&D, devido à necessidade de acompanhar o desenvolvimento científico – dada a maior proximidade de sua base de conhecimento à ciência em relação com outras indústrias – e orientarem sua trajetória tecnológica ao aperfeiçoamento de novos produtos e ao controle dos processos. A principal razão de separar a química de base da química fina deve-se ao fato de a intensidade tecnológica (em termos de gastos em P&D por unidade de produto) na química fina ser maior. Em termos gerais, na química de base, os produtos são mais estandardizados, tecnologicamente mais maduros e o controle dos processos produtivos é mais simples.

3.2. O modelo empírico

O teste de hipóteses acerca da dupla causalidade entre as estruturas comercial e tecnológica será realizado a partir de dois modelos: um estático, que mede a relação entre as estruturas; e um modelo dinâmico, que mede a relação entre as especializações em termos de crescimento dos fluxos entre triênios. O modelo estático permite observar como evolui a relação entre as composições das estruturas tecnológicas e comerciais. Para isso, as variáveis são medidas em termos de participações (de patentes e de exportações) das categorias industriais sobre o total, por país e período (ver Quadro 2). Ou seja, trata-se de uma análise de associação entre estruturas ao longo do tempo, testando se há ou não coevolução entre a ETN e a ECN.

A equação básica do modelo é:

$$PTEC_{its} = \alpha_i + \gamma_1 PTEC_{t-1}^{i,s} + \beta_1 PX_{its} + \varepsilon_{its} \quad (1)$$

$$(|\gamma_1| < 1) \quad i = 1, 2, \dots, 35; \quad t = 2, 3, \dots, 6; \quad s = 1, 2, \dots, 5$$

O subíndice (*i*) refere-se ao país; o (*t*) ao período e o (*s*) a cada uma das categorias industriais. A variável (PX_{its}) corresponde à estrutura tecnológica; ($PTEC_{t-1}^{i,s}$) à estrutura tecnológica do período anterior; ($PTEC_{its}$) à estrutura comercial; (α_i) são os efeitos individuais não observados; e (ε_{its}) é o termo de erro. A variável ($PTEC_{its}$) é calculada como a participação da categoria industrial (*s*) nas patentes nacionais do país (*i*) no período (*t*). A variável defasada ($PTEC_{t-1}^{i,s}$) representa a estrutura tecnológica do período anterior, de forma que seu coeficiente mede o efeito da cumulatividade (*path dependence*) ($\gamma_1 > 0$). A variável de estrutura comercial

(PX_{its}) é o vetor da participação das exportações realizadas por um país (i) em determinada categoria (s) no total de exportações desse país, no mesmo período (t) (Quadro 2). Se seu coeficiente associado (β_1) for positivo e significativo, confirmaria a hipótese de coevolução para as categorias industriais observadas.

Sobre a equação básica são agregadas duas variáveis bidimensionais: distribuição setorial da atividade patentadora (DSP_{st}); e o indicador de internacionalização ($TRANSF_{st}$) (equação 2). Ambas as variáveis são iguais para todos os países, pois destacam características setoriais.

$$PTEC_{its} = \alpha_i + \gamma_1 PTEC_{t-1}^{i,s} + \beta_1 PX_{its} + \beta_2 DSP_{st} + \beta_3 TRANSF_{st} + \varepsilon_{its} \quad (2)$$

A distribuição setorial da atividade patentadora (DSP_{st}) é calculada como a participação das patentes de uma determinada categoria industrial (s) no total de depósitos mundiais de patentes no mesmo período (t). A efetividade dos sistemas de patentes como mecanismos de proteção difere entre indústrias; portanto, a propensão a utilizar patentes em relação a outras formas de proteção também será diferente, o que já explicaria uma determinada distribuição da atividade patentadora entre indústrias. Nesse sentido, o estimador β_2 indicaria em que medida a distribuição das parcelas de patentes em cada país é determinada pela maior ou menor propensão a patentear em cada categoria industrial. Um (β_2) positivo e significativo indicaria uma maior importância das especificidades setoriais na determinação das estruturas tecnológicas (medidas a partir de patentes) quando comparadas com outras variáveis que mediriam o efeito das especificidades nacionais.

O indicador de internacionalização setorial ($TRANSF_{st}$) é calculado como o quociente do número total de patentes internacionais² da categoria industrial s sobre o total de patentes contidas na base para cada período de tempo. Esta variável mede o efeito da internacionalização tecnológica em determinadas categorias industriais sobre a estrutura tecnológica nacional. Se o coeficiente associado a esta variável (β_3) for positivo e significativo, haveria uma confirmação de que a internacionalização tecnológica é um mecanismo que afeta a evolução da ETN independentemente do país.

O modelo *dinâmico* expressa se a especialização tecnológica num determinado período t é o resultado da direção da especialização comercial e da direção do progresso técnico entre t e $t-1$. Nesse sentido, as variáveis exógenas são in-

2 Uma patente é considerada "Internacional" quando reporta mais de um país residência entre os depositantes e inventores (MIRANDA, 2014).

troduzidas no modelo em taxas de variação entre os triênios mediante a seguinte especificação básica:

$$VTRN_{its} = \alpha_i + \gamma_2 VTRN_{t-1}^{i,s} + \beta_4 VCRN_{tx_{its}} + \varepsilon_{its} \quad (3)$$

($|\gamma_2| < 1$)

Onde a especialização tecnológica ($VTRN_{its}$) é uma função da especialização tecnológica do período anterior ($VTRN_{t-1}^{i,s}$) e da variação da especialização comercial ($VCRN_{tx_{its}}$).

A especificação ampliada da equação (3) incorpora variáveis de caráter setorial em taxas de variação. Concretamente são estas: a taxa de variação da internacionalização tecnológica ($TRANSF_{tx_{st}}$); a taxa de variação da DSP_{st} que mede a direção da oportunidade tecnológica ($OPTEC_{st}$); e a taxa de variação de PX_{its} , que mede a direção da demanda por exportações mundiais por categoria industrial ou efeito *demand-pull* setorial ($DEMAND_{st}$) (equação 4):

$$VTRN_{its} = \alpha_i + \gamma_1 VTRN_{t-1}^{i,s} + \beta_4 VCRN_{tx_{its}} + \beta_5 OPTEC_{st} + \beta_6 TRANSF_{tx_{st}} + \beta_7 DEMAND_{st} + \varepsilon_{its} \quad (4)$$

As variáveis que representam a especialização comercial e tecnológica são, respectivamente, as vantagens comparativa e tecnológica reveladas. A primeira se define como $VCR_{si} = \frac{X_{si}/X_{Ti}}{X_{sm}/X_{Tm}}$ (BALASSA, 1965), onde X_{si} refere-se às exportações do país i nas categoria s ; X_{Ti} às exportações totais do país i ; X_{sm} às exportações mundiais das categoria s ; e X_{Tm} às exportações totais do mundo. A VCR_{si} apresenta valores superiores à unidade quando o país tem vantagem comparativa (especialização) na categoria s e valores inferiores à unidade quando o país registra desvantagens competitivas ou de-especializações.

De forma similar, a vantagem tecnológica revelada se define como $VTR_{si} = \frac{P_{si}/P_{Ti}}{P_{sm}/P_{Tm}}$ onde P_{si} corresponde ao número de patentes do país i na tecnologia s ; P_{Ti} às patentes totais do país i ; P_{sm} às patentes mundiais na tecnologia s ; e P_{Tm} às patentes totais do mundo. A VTR_{si} indica especialização tecnológica em relação ao mundo quando apresenta valores superiores à unidade e desespecialização

para valores inferiores à unidade. A VTR se mostrou como variável endógena mais apropriada na estimação do modelo dinâmico.³ Em termos de cálculo, a PTEC e a VTR estão relacionadas. Isto porque a VTR pode ser também definida como $VTR_{si} = \frac{PTEC_{si}}{DSP_s}$, ou seja, é a estrutura tecnológica ponderada pela diferente propensão a patentear entre indústrias.

Ambos os indicadores, VCR e VTR, tomam valores entre 0 e ∞ , o que envolve duas restrições estatísticas quando introduzidos em modelos econométricos: os resultados podem ocasionar erros de superestimação; e as variáveis não respeitam a hipótese de normalidade dos resíduos em análises de regressão. Uma solução proposta para resolver o problema de assimetria é a normalização dos indicadores, aplicando a seguinte transformação (LAURSEN; ENGENDAL, 1995):

$$VTRN_{si} = \frac{(VTR-1)}{(VTR+1)}; \quad VCRN_{si} = \frac{(VCR-1)}{(VCR+1)} \quad (6)$$

VTRN e VCRN são os indicadores normalizados de vantagens tecnológica e comercial reveladas, definidos entre o intervalo de (+1 e -1) com um valor médio centrado em zero (HOLLAND; XAVIER, 2005). A variável endógena do modelo dinâmico é a vantagem tecnológica revelada normalizada ($VTRN_{its}$). A defasagem da variável endógena ($VTRN_{t-1}^{is}$) captura o efeito da cumulatividade na inércia do dinamismo da mudança estrutural (Quadro 2).

A $VCRN_tx_{it}$ é a taxa de variação entre triênios da VCRN para cada categoria industrial. Se o seu coeficiente associado (β_4) for positivo, confirmar-se-ia a hipótese de coevolução em termos dinâmicos dos padrões de ECN e ETN, isto é, a especialização tecnológica vem determinada também pela direção do dinamismo da ECN.

A variável de oportunidade tecnológica ($OPTEC_{st}$) é calculada como a taxa de variação da parcela de patentes (DSP), entre triênios por categoria industrial (Quadro 2). Um coeficiente da variável $OPTEC$ (β_5) positivo e significativo indicaria que a especialização seguiu a direção do dinamismo tecnológico entre períodos, isto é, os países aumentaram/reduziram os seus esforços relativos em tecnologias dinâmicas/estagnadas, respectivamente (efeito *technology push*). Já o coeficiente positivo do crescimento da taxa de internacionalização (β_6) indicaria que os países aumentaram/reduziram sua especialização nas tecnologias que mais/menos se internacionaliza-

3 O modelo dinâmico foi também estimado utilizando como variável endógena a PTEC. Nesse caso, os resultados do modelo não reportaram relações significativas entre as variáveis.

ram respectivamente. Este resultado fortaleceria a hipótese de que a abertura dos mercados de capitais por meio de investimento externo direto afeta a alocação de recursos nacionais à inovação.

QUADRO 2
Definição de variáveis

Modelo estático		
Variável	Fonte	Definição da variável
PTEC: Indicador da composição da estrutura tecnológica	EPO/Patstat	Relação entre as patentes de cada categoria industrial e o total de patentes por país e período
PTEC (-1): <i>Path dependence</i> da estrutura tecnológica	EPO/Patstat	Primeira defasagem do indicador da composição da estrutura tecnológica
PX: Indicador da composição da estrutura comercial (exportação)	Comtrade	Relação entre as exportações de cada categoria industrial e o total de exportações por país e período
DSP: Distribuição setorial da atividade patentadora	EPO/Patstat	Relação entre as patentes de cada categoria industrial sob o total de patentes mundiais por período
TRANSF Indicador de internacionalização	EPO/Patstat	Relação entre as patentes internacionais em cada categoria industrial sob o total das patentes mundiais por período
Modelo dinâmico		
VTRN: Vantagem tecnológica revelada normalizada	EPO/Patstat	Indicador de especialização tecnológica – indicador de vantagem tecnológica revelada normalizada
VTRN (-1): <i>Path dependence</i> da especialização tecnológica	EPO/Patstat	Primeira defasagem do indicador de vantagem tecnológica revelada normalizada
VCRN_tx: Taxa de crescimento do indicador de vantagem comparativa revelada	Comtrade	Indicador de especialização comercial – taxa de crescimento entre triênios do indicador de vantagem comparativa revelada normalizado
OPTEC: Oportunidade tecnológica	EPO/Patstat	Taxa de crescimento entre triênios do DPS
TRANSFER_tx: Taxa de crescimento da internacionalização	EPO/Patstat	Taxa de crescimento entre os triênios do indicador de internacionalização
DEMAND: Taxa de crescimento das exportações	Comtrade	Taxa de crescimento entre triênios da PX

Fonte: Elaboração dos autores.

Por fim, a variável ($DEMAND_{st}$) representa o efeito *demand pull* expresso pelos choques de demanda que o processo de liberalização e abertura comercial ocasionou em cada uma das categorias industriais e que poderia ter orientado uma realocação dos recursos tecnológicos para aproveitar oportunidades de negócios ou melhorar a competitividade internacional (Quadro 2). A variável DEMAND é a taxa de variação das parcelas de exportações em cada categoria industrial entre triênios. Um coeficiente β_7 positivo e significativo confirmaria a existência de efeito *demand pull* na orientação dos recursos tecnológicos nacionais perante processos de liberalização econômica na direção das tecnologias associadas a produtos de maior crescimento ou dinamismo nos mercados internacionais e um menor direcionamento de recursos à inovação em produtos que mostram menor dinamismo nos mercados internacionais.

Ambos os modelos serão regressados em painel. O método de estimação por GMM (método generalizado dos momentos) corrige o viés de simultaneidade e permite introduzir a variável dependente defasada como variável explicativa. A literatura sugere três tipos de estimações: o estimador de efeito fixo (FE-OLS); o estimador GMM em diferenças de Arellano e Bond (1991); e o estimador GMM sistema de Arellano e Bover (1995) e Blundell e Bond (1998), desenvolvido com o objetivo de melhorar a eficiência do estimador GMM em diferenças. A heterogeneidade entre os países da amostra justifica o uso de efeitos fixos (FE) na estimação do modelo para controlar as especificidades nacionais invariáveis ao longo do período analisado. A partir daí, passa-se à estimação por GMM sistema (SYS-GMM), que permite a inclusão de condições de momento nas estimações. A ideia desse método consiste em combinar, por meio de um sistema de equações, condições de momento para o modelo em primeiras diferenças com condições de momento para o modelo em nível. Os níveis defasados são os instrumentos das primeiras diferenças e as primeiras diferenças defasadas instrumentalizam a equação em nível. A inclusão de novos instrumentos aumenta a eficiência em relação ao estimador em diferença, AB (ARELLANO; BOND, 1991), o que faz com que o SYS-GMM apresente melhores propriedades em amostras finitas. A abordagem de estimação SYS-GMM é considerada a mais apropriada para um pequeno número de períodos de tempo (t) e um grande número de indivíduos (i). No entanto, quando são utilizados muitos instrumentos, pequenas amostras tendem a sobreajustar as variáveis instrumentais, criando um viés nos resultados (ROODMAN, 2009). Com o objetivo de evitar o uso excessivo de instrumentos nas regressões e perder o poder de teste, o número de instrumentos é apresentado por meio da razão “número de instrumentos / número de *cross-sections*”, a qual deve ser menor do que 1 em cada uma das regressões (ROODMAN, 2009).

Além disso, como forma de confirmar a validade dos instrumentos nos modelos, será utilizado o teste de restrições de sobreidentificação (estatística J de Hansen),⁴ conforme sugerido por Arellano (2003), e serão realizados testes de primeira ordem (AR1) e de segunda ordem (AR2) para correlação serial.⁵

4. Análise de resultados

As Tabelas 1 e 2 apresentam os resultados das estimações do SYS-GMM para as cinco categorias industriais nos modelos estático e dinâmico, respectivamente. As estatísticas descritivas de ambos os modelos encontram-se no Anexo 1. No modelo estático, a variável que mede o efeito de *path dependence*, ($PTEC_{t-1}^{i,s}$) mostrou-se significativa e positiva para as categorias que representam maior intensidade tecnológica (produtos químicos e indústrias baseadas na ciência). Nas categorias relativas às indústrias de bens de capital e transporte, produtos químicos e indústrias baseadas na ciência, a variável de *path-dependence* foi significativa a 1%, enquanto para as demais categorias (indústrias intensivas em recursos naturais e indústrias tradicionais) a acumulação de conhecimento não foi significativa na determinação do padrão de ETN. Esse resultado indica que o efeito dos esforços passados é maior quanto maior for a intensidade tecnológica e quanto mais importante for o conhecimento na agregação de valor.

Nas indústrias químicas e baseadas na ciência, o sinal positivo e significativo da variável PX confirma a hipótese de coevolução positiva, isto é, um maior (menor) peso destes produtos na pauta de exportações corresponde a um maior (menor) peso dos esforços tecnológicos. Nas indústrias tradicionais, o coeficiente da variável é ainda significativo, mas com sinal negativo. Este resultado significa que os países dedicam menos recursos tecnológicos nestas indústrias em relação a outras. Apesar da significância da variável PX, este resultado não confirma a hipótese de coevolução. Finalmente, nas categorias das indústrias intensivas em recursos naturais e nas de bens capital e transporte, a variável não foi significativa.

4 Quando há mais instrumentos do que variáveis endógenas (sobreidentificação), é possível realizar testes cuja hipótese conjunta é de especificação correta (adequação) do modelo e de ortogonalidade. No caso do GMM, as restrições sobreidentificadoras podem ser testadas pela estatística J de Hansen. A rejeição da hipótese nula implica que os instrumentos não satisfazem as condições de ortogonalidade [$Cov(Z_i; \mu_i) = 0$; $E(Z_i; \mu_i) = 0$]. Isso pode ocorrer porque talvez eles não sejam realmente exógenos ou foram excluídos incorretamente da regressão (problema de especificação).

5 O teste de autocorreção nos resíduos da regressão é realizado, indicando que deveríamos aceitar a hipótese de que esses resíduos têm autocorreção de primeira ordem (A1), mas não de segunda ordem (A2).

TABELA 1
Resultado para o estimador System-GMM (modelo estático)

Regressores	Resultado setorial para o estimador System-GMM				
	A. Indústrias intensivas em recursos naturais	B. Indústrias tradicionais	C. Indústrias de bens de capital e transporte	D. Produtos químicos	E. Indústrias baseada na ciência
ptec(-1)	0,0939 (-0,0848)	0,0083 (-0,0246)	0,4033*** (-0,0570)	0,1099*** (-0,0379)	0,4537*** (-0,0658)
px	-0,0216* (-0,0119)	-0,1372*** (-0,0409)	0,1687* (-0,0954)	0,0564** (-0,0261)	0,1618** (0,0666)
dsp	0,9480* (-0,5473)	4,3477*** (-0,4620)	0,6860*** (-0,1585)	0,2734* (-0,1576)	0,9962*** (-0,2318)
transfer	-1,7744 (4,5503)	-8,9415*** (2,2839)	1,8990** (-0,9014)	2,8109** (1,1511)	-1,5807* (0,8442)
N,Obs	175	175	175	175	175
Adj,R ² (FE-OLS)	0,77	0,68	0,71	0,74	0,87
N.Inst/N.cross. sec.	0,3143	0,6571	0,6857	0,6857	0,5429
J-Stat	9,8342	23,6521	25,2380	19,2737	11,6279
p-value	0,1981	0,2098	0,1924	0,5041	0,7069
AR(1)	-0,3978	-0,4061	-0,6074	-0,6623	-0,5047
p-value	0,0000	0,0000	0,0824	0,0000	0,0000
AR(2)	-0,1152	0,1828	0,3808	0,0932	0,1144
p-value	0,3407	0,1090	0,0007	0,5281	0,2503

Fonte: Elaboração dos autores.

Nota: Nível de significância estatística: *** denota 0,01, ** denota 0,05 e * denota 0,1. Matriz de heterocedasticidade de White foi aplicada na regressão. Erro padrão entre parênteses. S-GMM utiliza Arellano e Bover (1995) sem efeitos de tempo. Testes AR(1) e AR(2) do S-GMM verificam a primeira e segunda ordem nos resíduos da regressão de primeira-diferença.

O coeficiente da distribuição setorial de patentes (DPS_{it}) assumiu valores positivos e significantes para todas as categorias, como era esperado, dado que há uma relação positiva entre propensão a patentear e o valor da variável DPS, isto é, quanto maior a propensão a patentear, maior será sua parcela de patentes. A taxa de internacionalização ($TRANSF_{st}$) não se mostrou significativa nas indústrias intensivas

em recursos naturais e pouco significante nas indústrias baseadas na ciência. Isto deve-se ao fato de a internacionalização tecnológica nessas indústrias ser baixa. No primeiro caso, porque muitas das indústrias relacionadas, como por exemplo as extrativas, são pouco internacionalizadas. No segundo caso, porque a maior parte das atividades de inovação é realizada nas próprias matrizes com recursos do próprio país, ou seja, os esforços em P&D são eminentemente nacionais. Já nas indústrias tradicionais, a internacionalização é significante, mas com sinal negativo, ou seja, apesar de ter um grau de internacionalização tecnológica relativamente maior, o peso dos recursos tecnológicos nas indústrias desta categoria é menor em relação a outras indústrias menos internacionalizadas. Já as categorias relativas às indústrias de bens capital e transporte, assim como na de produtos químicos, a variável se mostra positiva e significante, indicando que a internacionalização tecnológica nestas categorias tem um papel mais relevante em consonância com sua maior intensidade em inovação.

A categoria de indústrias de bens de capital e transporte apontou autocorrelação de segunda ordem AR(2) dos resíduos, impedindo que os resultados pudessem ser conclusivos. Para as demais categorias industriais, os testes AR(1) e AR(2) rejeitaram a hipótese de presença de autocorrelação serial. Para todas as outras categorias, o R2 ajustado, fornecido pelo estimador FE-OLS, obteve valores relativamente elevados, o que demonstra que as variáveis explicativas são escolhas, conjuntamente, pertinentes para determinar a variável explicada. Além disso, todas as regressões feitas por meio da estimação SYS-GMM aceitaram a hipótese nula conjunta do teste de Hansen (J-STAT) que aborda a especificação correta (adequação dos instrumentos) do modelo e as condições de ortogonalidade.

No modelo dinâmico, a variável que mede o efeito da acumulação tecnológica ou estabilidade do padrão de especialização ($VTRN_{t-1}^{L,S}$) alcançou resultados positivos e significantes a 1%. Este resultado confirma o papel da cumulatividade (habilidade e conhecimento acumulados historicamente) na configuração e estabilidade dos padrões de especialização nacional (CANTWELL; VERTOVA, 2004).

O coeficiente da variável que mede a direção da especialização das exportações ($VCRN_{tx_t}^{L,S}$) se mostrou positivo com significância para quatro das cinco categorias a 5% e a 1%, isto é, com a única exceção para a categoria das indústrias tradicionais. Confirma-se, novamente, que as relações entre as estruturas comercial e tecnológica são coevolutivas em termos dinâmicos. A significância da variável VCRN em taxas de variação denota que um aumento da especialização comercial entre períodos corresponde a maiores especializações tecnológicas no período corrente. Este resultado

aponta que a existência de dupla causalidade entre ambas as estruturas se acentua em contextos de liberalização e integração econômica.

TABELA 2
Resultado para o estimador System-GMM (modelo dinâmico)

Regressores	Resultado setorial para o estimador System-GMM				
	A. Indústrias intensivas em recursos naturais	B. Indústrias tradicionais	C. Indústrias de bens de capital e transporte	D. Produtos químicos	E. Indústrias baseada na ciência
vtrn(-1)	0,1939*** (-0,0240)	0,4452*** (-0,0828)	0,8321*** (-0,0506)	0,1411*** (-0,0413)	0,1331*** (-0,0379)
vcrrtx	0,0703*** (-0,0139)	0,1363 (-0,1199)	0,1365*** (-0,0361)	0,1807*** (-0,0496)	0,0410*** (-0,0074)
optec	0,0273** (-0,0135)	-0,0251 (-0,0291)	-0,0546*** (-0,0089)	0,021 (-0,0163)	-0,0076** (-0,0033)
transfertx	0,0185*** (-0,0035)	0,022 (-0,0436)	0,0521*** (-0,0163)	0,0191** (-0,0080)	0,0196*** (-0,0048)
demand	-0,0188 (-0,0172)	0,0620* (0,0337)	-0,0554*** (-0,0092)	0,0670*** (-0,0204)	0,0143*** (-0,0049)
N,Obs	140	140	140	140	140
Adj,R ² (FE-OLS)	0,75	0,66	0,68	0,71	0,59
N.Inst/N. cross. sec.	0,8571	0,6857	0,4571	0,7429	0,6286
J-Stat	25,7802	22,1569	12,4139	25,2261	22,207
p-value	0,4194	0,2765	0,3333	0,2375	0,1768
AR(1)	-0,2297	-0,3131	-0,5065	-0,5286	-0,5319
p-value	0,0611	0,0051	0,0000	0,0000	0,0000
AR(2)	0,1312	-0,0565	0,1090	0,1425	0,2002
p-value	0,4217	0,7224	0,3836	0,1545	0,2195

Fonte: Elaboração dos autores.

Nota: Nível de significância estatística: *** denota 0,01, ** denota 0,05 e * denota 0,1. Matriz de heterocedasticidade de White foi aplicada na regressão. Erro padrão entre parênteses. S-GMM utiliza Arellano e Bover (1995) sem efeitos de tempo. Testes AR(1) e AR(2) do S-GMM verificam a primeira e segunda ordem nos resíduos da regressão de primeira-diferença.

A oportunidade tecnológica ($OPTEC_{st}$) se mostrou positiva e significativa apenas para as indústrias intensivas em recursos naturais. Isto significa que o dinamismo das tecnologias associadas às indústrias baseadas em recursos naturais foi acompanhado de um aumento do valor da VTRN, mesmo o país estando ou não especializado neste tipo de tecnologias. Já nas indústrias de bens de capital e transporte e as baseadas na ciência, o sinal foi negativo e significativo. Isso deve-se ao fato de algumas das tecnologias relativas a estas categorias industriais registrarem queda da parcela de patentes. No entanto, devido ao *lock-in* tecnológico, os países que já mantinham uma certa especialização absoluta tendem a manter sua atividade no período presente. Como as respostas a estímulos da oportunidade tecnológica podem ocorrer com defasagens, o tempo necessário para sair da situação de *lock-in* deverá ser maior do que o observado no modelo. Já nas indústrias tradicionais e químicas, a oportunidade tecnológica não se mostrou significativa. Estes resultados se contrapõem, em certa medida, com algumas previsões teóricas acerca do papel (positivo) da oportunidade tecnológica como determinante da mobilidade entre diferentes especializações. Isso deve-se à dificuldade de os países seguirem os estímulos da oportunidade tecnológica em setores de elevado dinamismo tecnológico, o que significaria uma mudança de rumo sujeita a elevados custos derivados do *lock-in*. Os custos de mobilidade serão mais elevados quanto maiores forem a especialização passada e a complexidade tecnológica.

O crescimento da taxa de internacionalização ($TRANSF_{tx_{it}}$) alcançou resultados positivos e com significados expressivos (entre 1% a 5%) em quatro das categorias, com exceção nas indústrias tradicionais. Em termos estáticos, a internacionalização tecnológica tinha um papel limitado às indústrias mais internacionalizadas. Já em termos dinâmicos a variável mostra que o aumento da internacionalização relaciona-se com valores crescentes da especialização tecnológica independentemente de a categoria ser internacionalizada.

Por último, o coeficiente da variável ($DEMAND_{it}$) foi positivo com significância para quatro das categorias industriais, com a única exceção das indústrias intensivas em recursos naturais. Esse resultado destaca o papel da “demanda” como determinante do ritmo e direção dos esforços inovadores nacionais, cujo impacto deve se mostrar mais relevante do que a oportunidade tecnológica em processos de integração econômica. Os resultados mostram que os choques de demanda vinculados à integração comercial geram um efeito *demand pull*, induzindo a realocação ou reforço de recursos tecnológicos e determinando a trajetória da evolução dos padrões de ETN. As indústrias de bens capital e transporte, químicas e baseadas

na ciência foram as que apontaram os resultados com mais significância (a 1%), ou seja, nessas indústrias o estímulo do mercado internacional mostrou-se relevante no direcionamento dos recursos tecnológicos para a formação de competências nacionais.

Por fim, para todas as cinco categorias industriais do modelo dinâmico, o R² ajustado, fornecido pela estimação do OLS-FE, obteve valores relativamente elevados, mostrando que as variáveis explicativas são, em seu conjunto, escolhas pertinentes para determinar a variável explicada. Além disso, todas as regressões feitas por meio da estimação SYS-GMM aceitaram a hipótese nula conjunta do teste de Hansen (J-STAT) que aborda a especificação correta (adequação dos instrumentos) do modelo e as condições de ortogonalidade. Por sua vez, os testes AR(1) e AR(2) rejeitaram a hipótese de presença de correlação serial.

5. Conclusões

O objetivo do artigo foi analisar em que medida as mudanças dos padrões de ETN poderiam estar associadas a alterações dos padrões de ECN ao longo de processos de integração econômica dado que: há relações de interdependência entre as estruturas produtiva, tecnológica e comercial; e a integração econômica induz a mudança estrutural.

Para testar a hipótese de coevolução, foram estimados dois modelos empíricos: um estático e outro dinâmico. Ambas as estimações foram realizadas como metodologia GMM aplicada a dados em painel. O período observado abarcou os anos de 1996 a 2013 divididos em seis triênios para uma amostra de 35 países e 38 setores agrupados em cinco categorias industriais.

O trabalho empírico confirmou a importância da cumulatividade na evolução dos padrões de ETN. A trajetória do conhecimento está fortemente associada aos esforços passados em um certo grau de irreversibilidade que se traduz na estabilidade dos padrões, pelo menos durante certos períodos de tempo. Esse efeito foi confirmado nos dois modelos, com duas exceções: nas indústrias intensivas em recursos naturais e nas indústrias tradicionais (modelo estático).

Em segundo lugar, o artigo confirma a existência de correlação entre as estruturas tecnológica e comercial (coevolução) nas categorias industriais de maior intensidade tecnológica e complexidade de conhecimento. Em termos dinâmicos, a direção da pauta exportadora correlaciona-se também com a especialização tecnológica de forma positiva e significativa em quatro das categorias industriais estudadas, com exceção das indústrias tradicionais. Nesse sentido, o trabalho aponta

que a coevolução entre ambas as estruturas é maior nas categorias industriais mais intensivas em conhecimento.

Em terceiro lugar, e em certa forma como apontado em outros trabalhos empíricos, como os de Malerba e Montobbio (2003) e Urraca-Ruiz (2013), a oportunidade tecnológica não representou um determinante relevante na determinação dos padrões de ETN, salvo na categoria de indústrias intensivas em recursos naturais. Para o restante das indústrias, o efeito da oportunidade tecnológica foi negativo ou não significativo. As duas razões apontadas para explicar este efeito são, por um lado, o maior papel representado pela demanda em contextos de integração econômica e, por outro, o fato de as respostas aos estímulos da oportunidade tecnológica poderem ser lentas por causa dos elevados custos de uma mudança de rumo, de forma que a mobilidade não devida a esta variável não poderia ser observada sem levar em conta uma certa defasagem temporal.

A internacionalização tecnológica só se apresentou significativa no modelo estático e nas categorias industriais mais internacionalizadas. No entanto, no modelo dinâmico, o aumento da internacionalização tecnológica representou ter um efeito positivo e significativo para quatro das categorias industriais, com a única exceção das indústrias tradicionais.

Finalmente, o artigo mostra que há efeito *demand pull* na determinação dos padrões de especialização tecnológica para as categorias industriais de maior complexidade tecnológica (produtos químicos e indústrias baseadas na ciência), mas também para as indústrias intensivas em recursos naturais. Portanto, o papel da demanda como determinante dos padrões de ETN soma-se às forças autônomas do progresso técnico relacionadas com os regimes tecnológicos (cumulatividade e oportunidade tecnológica).

Em conjunto, o trabalho traz evidência empírica acerca da existência de dupla causalidade nas relações entre comércio e tecnologia, em que o progresso técnico é endogeneizado na análise da mudança estrutural. Todavia, é difícil estabelecer relações teóricas para analisar em profundidade o efeito de variáveis instrumentais agregadas, como a oportunidade tecnológica ou a demanda, pois não há evidência empírica na literatura acerca deste efeito. Nesse sentido, o presente estudo constata, sobretudo, que existe um efeito relevante determinado por variáveis de caráter setorial. Como ou por que isto acontece são questões ainda a serem exploradas no plano da teoria.

Referências bibliográficas

- ARELLANO, M. *Panel data econometrics*. Oxford: Oxford University Press, 2003.
- ARELLANO, M.; BOND, S. R. Some tests of specification for panel data: Monte Carlo evidence and an application to employment equations. *Review of Economic Studies*, v. 58, n. 2, p. 277-297, 1991.
- ARELLANO, M.; BOVER, O. Another look at the instrumental variable estimation of error components models. *Journal of Econometrics*, v. 68, n. 1, p. 29-51, 1995.
- BALASSA, B. Trade liberalization and 'revealed' comparative advantage. *The Manchester School*, v. 33, n. 2, p. 99-123, 1965.
- BELL, M.; PAVITT, K. Technological accumulation and industrial growth: contrasts between developed and developing countries. *Industrial and Corporate Change*, v. 2, n. 2, p. 157-210, 1993.
- BLUNDELL, R.; BOND, S. Initial conditions and moment restrictions in dynamic panel data models. *Journal of Econometrics*, v. 87, n. 1, p. 115-143, 1998.
- CAMERON, G.; PROUDMAN, J.; REDDING, S. Technological convergence, R&D, trade and productivity growth. *European Economic Review*, v. 49, n. 3, p. 775-807, 2005.
- CAMPOS, B.; URRACA-RUIZ, A. Padrões setoriais de inovação na indústria brasileira. *Revista Brasileira de Inovação*, v. 8, n. 1, p. 167-210, 2009.
- CANTWELL, J.; VERTOVA, G. Historical evolution of technological diversification. *Research Policy*, v. 33, n. 3, p. 511-529, 2004.
- DIAZ-MORA, C. The role of comparative advantage in trade within industries: a panel data approach for the European Union. *Review of World Economics*, v. 138, n. 2, p. 291-316, 2002.
- DOSI, G.; PAVITT, K.; SOETE, L. *The economics of technical change and international trade*. London: Harvester Wheatsheaf, 1990.
- EUROSTAT. *Patent Statistics: Concordance IPC V8 – NACE REV.2*. 2014. Disponível em: <https://circabc.europa.eu/sd/a/d1475596-1568-408a-9191-426629047e31/2014-10-16-Final%20IPC_NACE2_2014.pdf>. Acesso em: 12 fev. 2017.
- GLAUBER VITAL DA COSTA, C.; CASTILHO, M.; PUCHET ANJUL, M. Estrutura produtiva e encadeamentos produtivos na era das cadeias globais de valor. Uma análise insumo-produto. In: II ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA INDUSTRIAL E INOVAÇÃO (ENEI). *Anais...* Rio de Janeiro: Abein, 1-3 ago. 2017.

HOLLAND, M.; XAVIER, C. L. Dinâmica e competitividade setorial das exportações brasileiras: uma análise de painel para o período recente. *Economia e Sociedade*, v. 14, n. 1, p. 85-108, 2005.

HUANG, H. T.; MIOZZO, M. Patterns of technological specialisation in Latin-American and East Asian countries: an analysis of patents and trade flows. *Economic Innovation and New Technologies*, v. 13, n. 7, p. 615-653, 2004.

ITO, B.; WAKASUGI, R. What factors determine the mode of overseas R&D by multinationals? Empirical evidence. *Research Policy*, v. 36, n. 8, p.1275-1287, 2007.

KLEVORICK, A. K.; LEVIN, R. C.; NELSON, R. R.; WINTER, S. G. On the sources and significance of interindustry differences in technological opportunities. *Research Policy*, v. 24, n. 2, p. 185-205, 1995.

LAURSEN, K. The impact of technological opportunity on the dynamics of trade performance. *Structural Change and Economic Dynamics*, v. 10, n. 3-4, p. 341-357, 1999.

LAURSEN, K.; ENGENDAL. *The role of the technology factor in economic growth: a theoretical and empirical inquiry into new approaches to economic growth*. Dissertação (Mestrado) – University of Aalborg, Dinamarca, 1995.

LEE, K.; MALERBA, F. Catch-up cycles and changes in industrial leadership: windows of opportunity and responses of firms and countries in the evolution of sectoral systems. *Research Policy*, v. 46, n. 2, p. 338-351, 2017.

MALERBA, F.; MONTOBBIO, F. Exploring factors affecting international technological specialization. *Journal of Evolutionary Economics*, v. 13, n. 4, p. 411-434, 2003.

MELICIANI, V. The impact of technological specialisation on national performance in a balance-of-payments-constrained growth model. *Structural Change and Economic Dynamics*, v.13, n. 1, p. 101-118, 2002.

MELO, M.; URRACA-RUIZ, A. Mudança estrutural e coevolução das estruturas produtiva, comercial e tecnológica no Brasil. *Revista Brasileira de Economia de Empresas*, v. 15, n. 1, p. 49-66, 2015.

MIRANDA, P. A internacionalização de atividades tecnológicas e a inserção dos países em desenvolvimento: uma análise baseada em dados de patentes. In: 42º ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA. *Anais...* Natal, RN: ANPEC, 2014.

MONTOBBIO, F.; RAMPA, F. The impact of technology and structural change on export performance in nine developing countries. *World Development*, v. 33, n. 4, p. 527-547, 2005.

PAVITT, K. Sectoral patterns of technical change: towards a taxonomy and a theory. *Research Policy*, v. 6, n. 13, p. 343-373, 1984.

ROODMAN, D. A note on the theme of too many instruments. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, v. 71, n. 1, p. 135-158, 2009.

SCHMOCH, U.; LAVILLE, F.; PATEL, P.; FRIETSCH, R. *Linking technology areas to industrial sectors*. Final Report to the European Commission, DG Research. Karlsruhe, Paris, Brighton, 2003.

STURGEON, T.; GEREFFI, G.; GUINN, A.; ZYLBERBERG, E. O Brasil nas cadeias globais de valor: implicações para a política industrial e de comércio. *Revista Brasileira de Comércio Exterior*, n. 115, p. 26-41, 2013.

URRACA-RUIZ, A. Empresas multinacionales, especialización tecnológica y convergencia en países catching-up: América Latina. *Economía e Sociedade*, Campinas, v. 14, n. 1, p. 1-23, jan./jun. 2005.

_____. The 'technological' dimension of structural change under Market integration. *Structural Change and Economic Dynamics*, v. 27, n. C, p. 1-18, 2013.

Anexo 1 – Estatísticas descritivas

Modelo estático						
Variáveis	Média	Mediana	Máximo	Mínimo	Desvio padrão	Observações
A. Indústrias intensivas em recursos naturais						
PTEC	0,057722	0,050415	0,186314	0,015045	0,032518	210
PX	0,189055	0,169270	0,668286	0,022551	0,120124	210
DSP	0,038313	0,036748	0,044695	0,033957	0,003417	210
TRANSFER	0,004632	0,004684	0,004979	0,004225	0,000266	210
B. Indústrias tradicionais						
PTEC	0,091836	0,087498	0,329448	0,000000	0,048607	210
PX	0,129952	0,09952	0,457835	0,016589	0,093440	210
DSP	0,073414	0,070994	0,083059	0,070174	0,004459	210
TRANSFER	0,007199	0,007195	0,007418	0,006737	0,000228	210
C. Indústrias de bens de capital e transporte						
PTEC	0,297424	0,299866	0,521751	0,061597	0,080086	210
PX	0,145767	0,145781	0,392928	0,014696	0,078342	210
DSP	0,318986	0,313479	0,348207	0,302812	0,014473	210
TRANSFER	0,028095	0,027231	0,035536	0,023879	0,003602	210
D. Produtos químicos						
PTEC	0,088762	0,083583	0,235679	0,007032	0,041697	210
PX	0,060520	0,050679	0,262019	0,011725	0,03699	210
DSP	0,093568	0,085161	0,125986	0,070147	0,017276	210
TRANSFER	0,012076	0,011873	0,014137	0,009731	0,001442	210
E. Indústrias baseadas na ciência						
PTEC	0,461046	0,444830	0,753545	0,202753	0,124293	210
PX	0,131450	0,111286	0,454482	0,003975	0,102951	210
DSP	0,472729	0,482408	0,504977	0,412618	0,030460	210
TRANSFER	0,057947	0,063754	0,068814	0,037393	0,010955	210

(continua)

Modelo dinâmico

Variáveis	Média	Mediana	Máximo	Mínimo	Desvio padrão	Observações
A. Indústrias intensivas em recursos naturais						
VTRN	0,131460	0,131935	0,691682	-0,437295	0,229839	210
VCRN_TX	0,029711	0,000000	2.594,253	-0,397407	0,257410	210
OPTEC	0,005871	0,062316	0,264451	-0,465324	0,213823	210
TRANSFER_TX	0,243756	0,000000	1.786,591	-0,950658	1.716,785	210
DEMAND	0,229868	0,230399	0,670786	-0,022878	0,215989	210
B. Indústrias tradicionais						
VTRN	0,331724	0,401414	0,784465	-1000000	0,254587	210
VCRN_TX	-0,028135	-0,004838	0,502471	-0,387813	0,103985	210
OPTEC	0,017748	0,066724	0,248321	-0,419254	0,201344	210
TRANSFER_TX	0,119355	0,000000	1.317,556	-1.000,000	0,963083	210
DEMAND	0,191019	0,214731	0,407097	0,000000	0,127735	210
C. Indústrias de bens de capital e transporte						
VTRN	0,755574	0,770678	0,877789	0,191537	0,080553	210
VCRN_TX	0,040730	0,016619	0,912083	-0,356597	0,139303	210
OPTEC	0,046584	0,062637	0,329502	-0,360188	0,200709	210
TRANSFER_TX	0,092149	0,000000	5.405,419	-0,877319	0,495320	210
DEMAND	0,207029	0,217572	0,515048	0,000000	0,153990	210
D. Produtos químicos						
VTRN	0,335299	0,374379	0,703311	-0,728104	0,211182	210
VCRN_TX	0,025829	0,000000	0,842501	-0,414647	0,145957	210
OPTEC	-0,033820	0,000000	0,174210	-0,522872	0,211643	210
TRANSFER_TX	0,035905	0,000000	3.682,336	-0,664069	0,373283	210
DEMAND	0,239451	0,257964	0,566348	0,000000	0,171975	210
E. Indústrias baseadas na ciência						
VTRN	0,835469	0,845122	0,908334	0,655202	0,050015	210
VCRN_TX	0,038083	0,003475	1.018,313	-0,525794	0,166480	210
OPTEC	0,077666	0,096698	0,461843	-0,448045	0,277588	210
TRANSFER_TX	0,019472	0,000000	1.817,833	-0,545414	0,215689	210
DEMAND	0,188734	0,245357	0,349992	-0,047618	0,149087	210

